



Program: **CENTRUM GEOZAGROŻEŃ**

Projekt: **MONITORING GEODYNAMICZNY POLSKI – ETAP III (MGP III)**

Raport okolicznościowy

TRZĘSIENIA ZIEMI W EUROPIE I NA ŚWIECIE W OKRESIE 01-15/12/2021 R.

Opracowany na podstawie analizy i interpretacji danych z sieci sejsmologicznych:

PSG_SEJS_NET (sieć monitoringu aktywności sejsmicznej państwowej służby geologicznej)

EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre)

NEIC (USGS National Earthquake Information Centre)

ISC (International Seismological Centre)

Projekt: **MGP III**
realizowany na zamówienie:

 Ministerstwo
Klimatu i Środowiska

 Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Warszawa 16 GRUDNIA 2021 r.

SPIS TREŚCI:

- I. CHARAKTERYSTYKA AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ NA OBSZARZE POLSKI W OKRESIE OD 01/12 DO 15/12/2021 R. NA PODSTAWIE WYNIKÓW CIĄGŁEGO MONITORINGU SEJSMICZNEGO W SIECI OBSERWACYJNEJ PAŃSTWOWEJ SŁUŻBY GEOLOGICZNEJ (**PSG_SEJS_NET**).
- II. CHARAKTERYSTYKA AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ NA OBSZARZE POLSKI W OKRESIE OD 01/12 DO 15/12/2021 R. NA PODSTAWIE WYNIKÓW OBSERWACJI I BAZY DANYCH EUROPEJSKIEGO ŚRÓDZIEMNOMORSKIEGO CENTRUM SEJSMOLOGICZNEGO (**EMSC**).
- III. CHARAKTERYSTYKA AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ NA OBSZARZE GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO W OKRESIE OD 01/12 DO 15/12/2021 R. NA PODSTAWIE WYNIKÓW OBSERWACJI I BAZY DANYCH GÓRNOŚLĄSKIEJ REGIONALNEJ SIECI SEJSMOLOGICZNEJ (**GRSS**).
- IV. ŚWIAT / EUROPA – ZAREJESTROWANE ZJAWISKA SEJSMICZNE NA OBSZARZE KULI ZIEMSKIEJ (GLOBALNE) I EUROPY OD 01/12/2021 DO 15/12/2021 R. NA PODSTAWIE DANYCH Z BAZY DANYCH **EMSC**.
 1. GLOBALNA CHARAKTERYSTYKA AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ.
 2. CHARAKTERYSTYKA AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ NA KONTYNENCIE EUROPEJSKIM I OBSZARACH PRZYLEGŁYCH.

I. CHARAKTERYSTYKA AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ NA OBSZARZE POLSKI W OKRESIE OD 01/12 DO 15/12/2021 R. NA PODSTAWIE WYNIKÓW CIĄGŁEGO MONITORINGU SEJSMICZNEGO W SIECI OBSERWACYJNEJ PAŃSTWOWEJ SŁUŻBY GEOLOGICZNEJ PSG_Sejs_NET.

Monitoring geodynamiczny na terytorium Polski w zakresie obserwacji aktywności sejsmicznej realizowany jest przez państwową służbę geologiczną (PSG) za pomocą aktywnych stacji seismologicznych zintegrowanych w sieci obserwacyjnej PSG_Sejs_NET. W pierwszej połowie grudnia 2021 r. w sieci funkcjonowały 42 stacje sejsmiczne zainstalowane na obszarze całego kraju, w tym 22 stacje PSG i 20 stacji IGF PAN, włączonych do sieci PSG na podstawie umowy kooperacyjnej pomiędzy PIG-PIB i IGF PAN.

W okresie od 1 do 15 grudnia 2021 r. w systemie automatycznej detekcji wstrząsów i powiadamiania sieci PSG_Sejs_NET zidentyfikowanych zostało **29 zdarzeń sejsmicznych**, których epicentra zlokalizowane były na terytorium Polski oraz w przylegającej strefie przygranicznej.

Pełny wykaz zdarzeń sejsmicznych zarejestrowanych w sieci PSG_Sejs_NET w I połowie grudnia 2021 r. zaprezentowany został w tabeli poniżej (**Tab. 1**). Informacje statystyczne w aspekcie oceny wielkości aktywności sejsmicznej w Polsce, zarejestrowanej w sieci PSG_Sejs_NET w I połowie grudnia br. zaprezentowano w formie tabelarycznej (**Tab. 2**).

Tab. 1. Wykaz zdarzeń sejsmicznych zarejestrowanych w systemie automatycznej detekcji i alertowania sieci PSG_Sejs_NET w I połowie grudnia 2021 r.

Lp.	ID PSG	Data&Czas	ID	Szer. geogr.	Dł. geogr.	East [km]	North [km]	Magnituda	Głęb. [km]	Region
1	7578	2021-12-01 05:02:21	igf2021xmpz	52.70	16.11	304.790	541.064	3.4	10	nieklas.
2	7582	2021-12-02 23:19:47	igf2021xpvs	50.20	19.10	507.135	259.204	2	10	GZW
3	7584	2021-12-03 05:54:51	igf2021xqit	50.18	19.27	519.272	257.011	2.2	10	GZW
4	7586	2021-12-03 05:59:21	igf2021xqiw	50.19	19.13	509.277	258.096	2.4	10	GZW
5	7588	2021-12-03 20:52:57	igf2021xrmj	50.24	18.99	499.287	263.645	1.9	10	GZW
6	7590	2021-12-03 21:13:51	igf2021xrnbn	50.08	19.64	545.777	246.057	1.8	10	GZW
7	7592	2021-12-04 07:52:22	igf2021xsid	50.27	18.82	487.176	266.995	3	10	GZW
8	7598	2021-12-07 15:43:38	igf2021xyke	50.21	19.12	508.560	260.318	2.3	10	GZW
9	7600	2021-12-07 16:11:57	igf2021xylc	49.61	19.90	565.001	194.010	1.7	5	Podhale
10	7603	2021-12-08 02:35:05	igf2021xzfr	50.12	19.30	521.440	250.350	1.9	10	GZW
11	7605	2021-12-08 15:11:46	igf2021yaeq	50.21	19.12	508.560	260.318	2.2	10	GZW
12	7608	2021-12-09 14:47:14	igf2021ybzi	50.17	19.35	524.987	255.923	2	10	GZW
13	7610	2021-12-09 15:13:06	igf2021ycae	49.66	17.25	373.741	200.648	2.8	10	nieklas.
14	7612	2021-12-09 17:44:43	igf2021ycfe	50.21	19.12	508.560	260.318	2.1	10	GZW
15	7614	2021-12-09 19:04:23	igf2021ychu	50.24	18.90	492.871	263.650	2.4	10	GZW
16	7616	2021-12-09 20:15:52	igf2021ycke	49.40	19.84	560.928	170.620	1.1	20	Podhale
17	7619	2021-12-09 21:37:33	igf2021ycmw	51.43	16.12	299.864	399.868	3.9	10	LGOM
18	7621	2021-12-10 01:22:05	igf2021ycuh	50.20	18.99	499.287	259.199	2.7	10	GZW
19	7627	2021-12-10 03:09:47	igf2021ycxv	50.05	19.55	539.364	242.671	2.1	10	GZW
20	7629	2021-12-11 04:44:30	igf2021yewl	50.10	19.67	547.903	248.299	1.7	10	GZW
21	7631	2021-12-11 07:15:16	igf2021yfbk	50.17	18.93	495.003	255.867	2.5	10	GZW
22	7634	2021-12-11 11:20:25	igf2021yfjm	50.20	19.14	509.989	259.208	2.3	10	GZW
23	7636	2021-12-12 01:44:06	igf2021yglz	50.21	19.16	511.413	260.323	1.9	10	GZW
24	7639	2021-12-13 11:13:30	igf2021yjah	50.20	19.12	508.562	259.206	2.2	10	GZW
25	7643	2021-12-13 12:11:03	igf2021yjce	50.35	18.40	457.326	276.045	2.4	10	nieklas.
26	7645	2021-12-13 23:12:51	igf2021yjya	50.11	18.53	466.404	249.301	2.3	10	GZW
27	7647	2021-12-14 17:51:05	igf2021ylix	50.19	19.11	507.850	258.093	2.3	10	GZW
28	7653	2021-12-14 18:23:28	igf2021yljz	50.18	19.13	509.279	256.984	2.5	10	GZW
29	7655	2021-12-15 19:52:32	igf2021ynik	50.21	19.07	504.993	260.313	2.4	10	GZW
M<=2.5										
M>=2.5<3										
M>=3<3.5										

Tab. 2. Statystyka wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych na obszarze Polski oraz w strefie przygranicznej w I połowie grudnia 2021 r. w sieci monitoringu PSG przez system automatycznej detekcji i alertowania.

Magnituda		Liczba zdarzeń	%
od	do		
1	2.5	24	82.8
2.5	3	2	6.9
3	3.5	2	6.9
3.5	4	1	3.4
4	4.5	0	0.0
M>4.5		0	0.0
Razem:		29	100.0
w tym:	M<=2.5	24	82.8
	M>2.5	5	17.2
	M_{min.}	1.1	
	M_{sr.}	2.3	
	M_{maks.}	3.9	

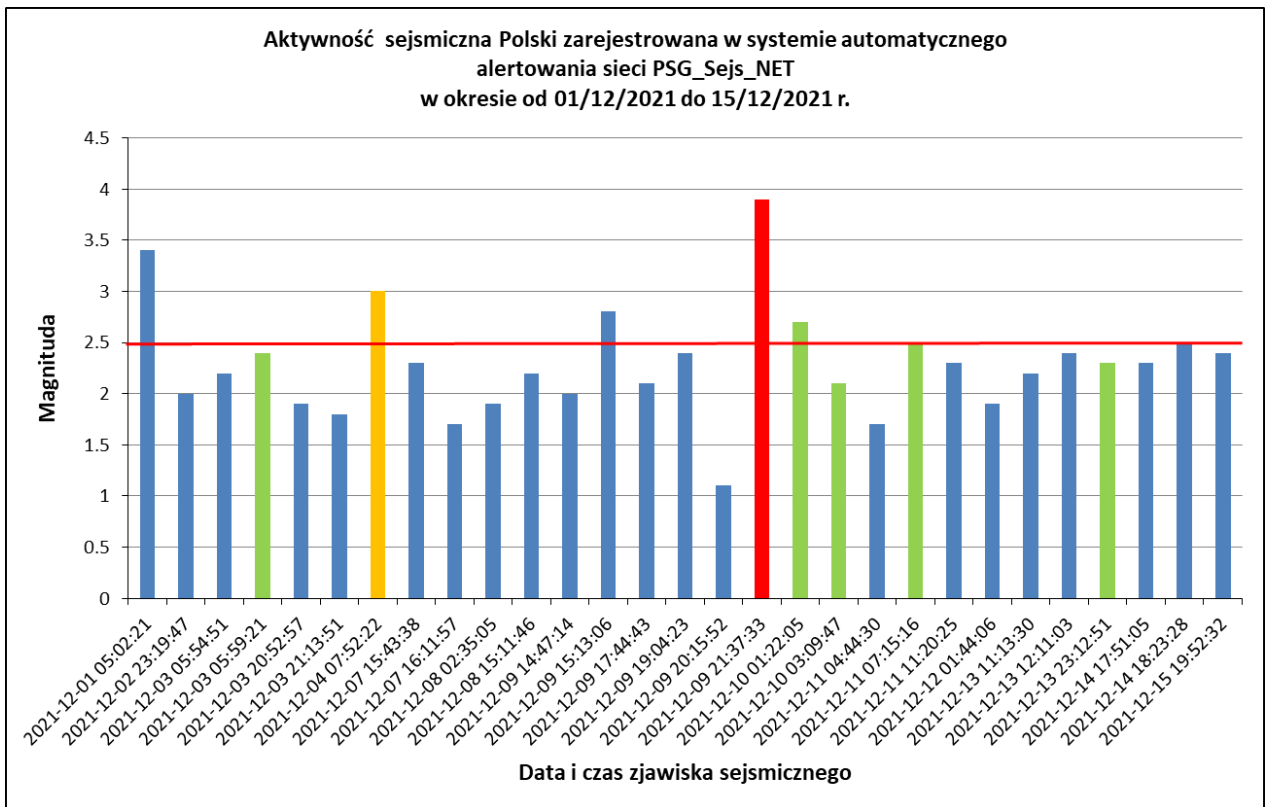
Większość z nich, tj. 24 zjawiska, co stanowi 82.8% ogólnej liczby zdarzeń sejsmicznych zarejestrowanych przez system automatycznej detekcji i alertowania, miało magnitudę poniżej poziomu odczuwalności przez człowieka, tj. $M \leq 2.5$. Próg ten przekroczyło 5 zdarzeń, co stanowi 17.2% ogólnej ich liczby.

W tabeli (**Tab. 3**) zaprezentowano liczebność wstrząsów z podziałem na umowne regiony. W I połowie grudnia 2021 r. najbardziej aktywnym sejsmicznie był region **GZW**, w którym system detekcji sieci PSG_Sejs_NET zidentyfikował 23 zjawiska sejsmiczne.

Tab. 3. Liczebność zjawisk sejsmicznych zarejestrowanych w systemie alertowania sieci PSG_Sejs_NET w I połowie grudnia 2021 r. w podziale na umowne regiony.

Lp.	Nazwa obszaru	Liczba zjawisk sejsmicznych
1	GZW	23
2	LGOM	1
3	LZW (KWK Bogdanka)	0
4	KWB Bełchatów	0
5	Podhale	2
6	Karpaty C & E i Przedgórze	0
7	Rejon Jarocina	0
8	inne rejony (nieklas.)	3
Razem (od 1 do 15/12/2021 r.)		29

Sekwencję zjawisk charakteryzującą aktywność sejsmiczną na obszarze Polski, która została zarejestrowana w okresie I połowy grudnia 2021 r. w systemie automatycznej detekcji i alertowania sieci PSG_Sejs_NET przedstawiono na wykresie poniżej (**rys. 1**).



Rys. 1. Aktywność sejsmiczna w Polsce w I połowie grudnia 2021 r. zarejestrowana przez system automatycznego alertowania sieci PSG_Sejs_Net (wypełnienia kolorem zielonym – zjawiska, które zarejestrowano w sieciach: PSG+GRSS, wypełnienia kolorem czerwonym – zjawiska, które zarejestrowano w sieciach: PSG+EMSC, wypełnienia kolorem pomarańczowym – zjawiska, które zarejestrowano w sieciach: PSG+EMSC+GRSS).

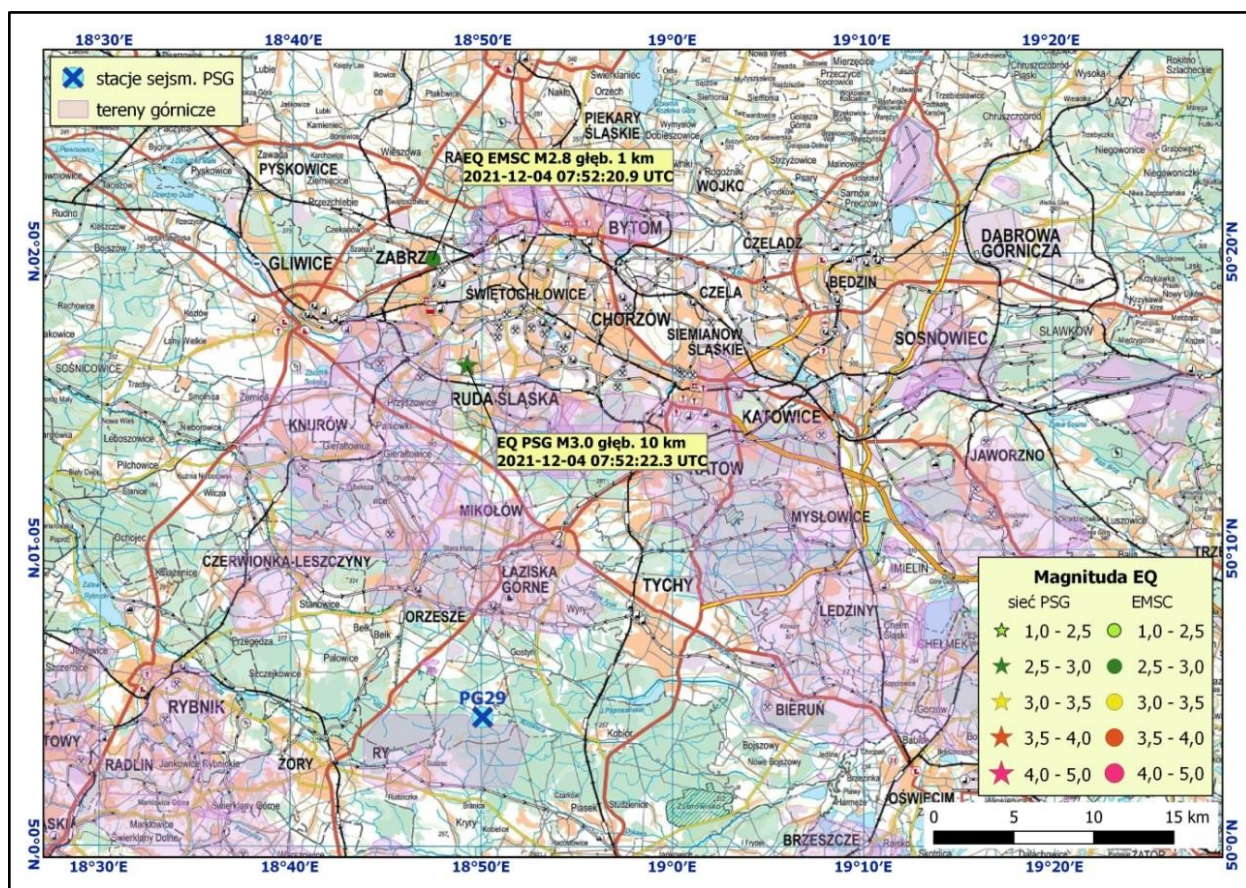
W pierwszej połowie grudnia media informowały o dwóch zdarzeniach sejsmicznych na terenie Polski, które zostały zarejestrowane w sieciach sejsmologicznych, w tym w sieci PSG_Sejs_Net.

Pierwsze z nich miało miejsce na obszarze GZW w Kopalni Bielszowice 4 grudnia 2021 r. o godzinie 07:52:22.3 czasu UTC (08:52:22.3 czasu lokalnego) w rejonie ściany wydobywczej ok. 780 metrów pod ziemią. Wyznaczone parametry wstrząsu podane zostały w tabeli poniżej na podstawie danych **PSG_Sejs_NET** (państwowa służba geologiczna), **GRSS** (Górnośląska Regionalna Sieć Sejsmologiczna) i **EMSC** (Europejskie Śródziemnomorskie Centrum Sejsmologiczne).

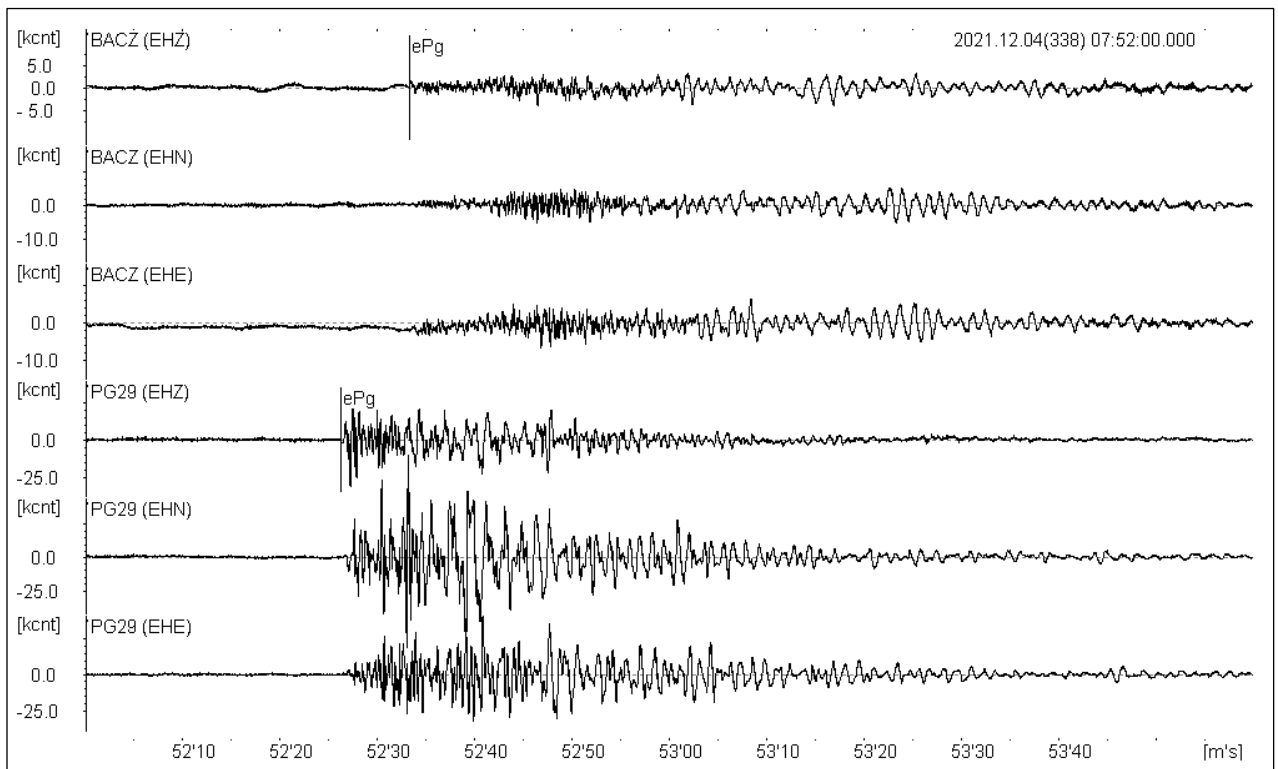
Położenie epicentrum (wg PSG_Sejs_Net) opisują współrzędne geograficzne 50.27°N 18.82°E. Magnitudę zjawiska wyznaczono na M3.0. Zjawisko jest skutkiem rozładowania naprężeń powstałych w wyniku działalności górniczej. Odległość epicentralna zjawiska od najbliższych stacji wynosi około 22 km od miejscowości Zgoń oraz 64 km od miejscowości Baczyn. Lokalizację zjawiska wg danych PSG_Sejs_NET i EMSC pokazano na **rys. 2**, a jego rejestrację na stacjach Zgoń (PG29) i Baczyn (PG20) przedstawiono na **rys. 3**. Dla tych odległości pierwszą, rejestrowaną fazą jest faza Pg.

Tab. 4. Parametry zjawiska sejsmicznego z 4/12/2021 r., godz. 07:52:212.3 UTC), w obszarze GZW.

Parametry zjawiska sejsmicznego wyznaczone w sieciach: PSG_Sejs_NET oraz GRSS/EMSC			
Data (UTC)	04/12/2021	Data lokalna	04/12/2021
Czas (UTC)	07:52:22.371	Czas lokalny	08:52:22.371
Lokalizacja epicentrum Współrzędne (ϕ , λ)	50.27°N; 18.82°E 50.2678°N; 18.8106°E 50.33°N; 18.79°E		
Głębokość (Info KWK)	780 m		
Magnituda	3.0 / 3.2 / 2.8		
Region	GZW (Górnośląskie Zagłębie Węglowe)		
Rejonizacja epicentrum	Rejon: KWK „Bielszowice”		
Inne informacje	Pod ziemią uwięzionych zostało dwóch górników. Pierwszego z nich, przetransportowano na powierzchnię w nocy z 4 na 5 grudnia. Drugiego nie udało się uratować.		

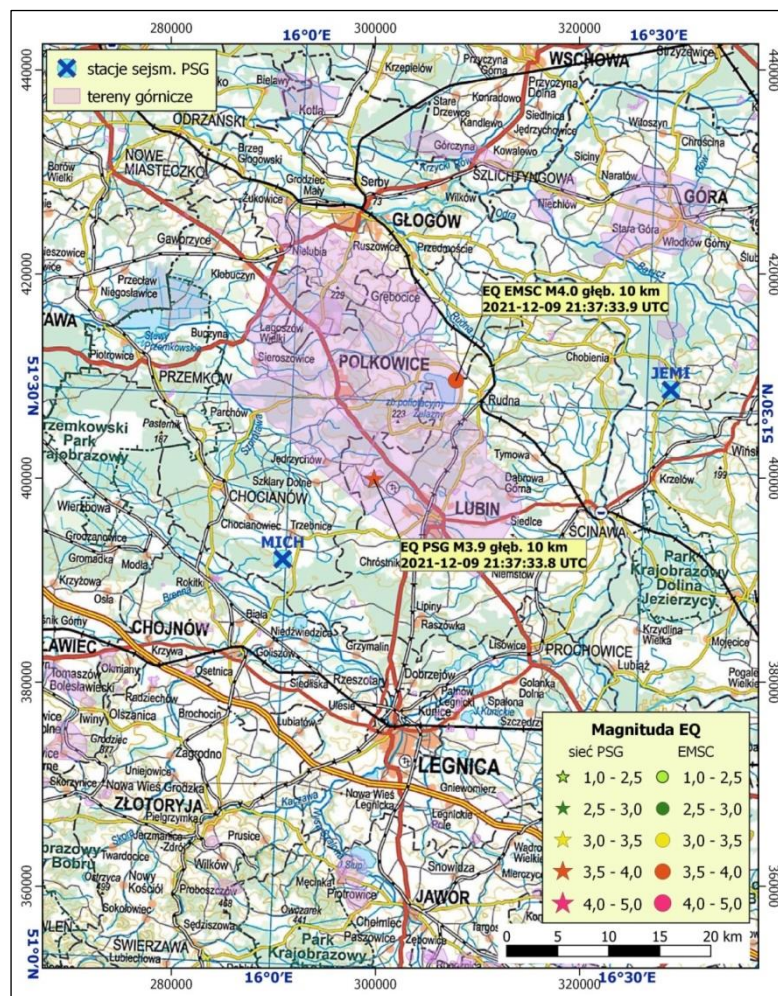


Rys. 2. Mapa lokalizacji epicentrum wstrząsów na Górnym Śląsku 4 grudnia 2021 r. o godzinie 07:52:22.3 UTC zarejestrowanego w bazie PSG_Sejs_Net i EMSC.

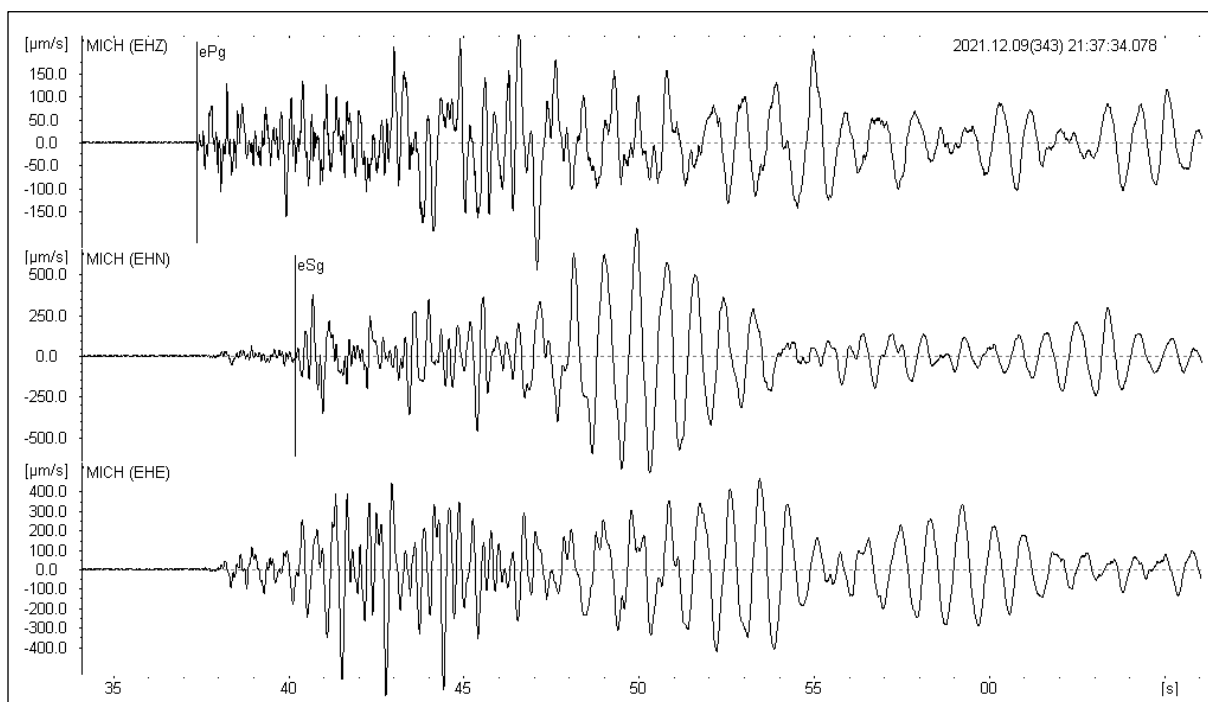


Rys. 3. Fragmenty sejsmogramów z 4 grudnia 2021 r. zarejestrowane na stacjach **PG29 (Zgoń)** oraz **BACZ (Baczyn)** z zapisem zjawiska sejsmicznego z godz. 07:52:22.3 UTC.

Drugie zdarzenie sejsmiczne miało miejsce 9 grudnia w Zakładach Górniczych Lubin w rejonie LGOM o godzinie 21:37:34 (22:37:34 czasu lokalnego). Wstrząs (jak na polskie warunki) był silny, a jego ognisko zlokalizowano na głębokości 10 km. Położenie epicentrum tego zjawiska opisują współrzędne geograficzne 51.43°N 16.12°E (**rys. 4**). Magnitudę zjawiska wyznaczono na M3.9. Zjawisko to jest skutkiem rozładowania naprężeń powstałych w wyniku działalności górniczej. Obszar ten nawiedzają liczne (zazwyczaj mniejsze) wstrząsy. Odległość epicentralna zjawiska od najbliższej stacji sejsmicznej **MICH (Michałów)** w sieci PSG_Sejs_NET wynosi około 12 km. Przy tej odległości od stacji pierwszą rejestrowaną fazą jest faza **Pg**. Obraz falowy tego zjawiska zarejestrowany na stacji **MICH** zaprezentowano na **rys. 5**.



Rys. 4. Mapa lokalizacji epicentrum wstrząsów w obszarze LGOM zidentyfikowanych 9 grudnia 2021 r. o godzinie 21:37:34 UTC zarejestrowanych w bazie PSG_Sejs_NET i EMSC (mapa bazowa: GUGIK).



Rys. 5. Fragment sejsmogramu zarejestrowany na stacji MICH (Michałów) z zapisem obrazu falowego zjawiska z 9 grudnia 2021 r. o godz. 21:37:34 UTC z epicentrum zlokalizowanym w obszarze LGOM.

II. CHARAKTERYSTYKA AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ NA OBSZARZE POLSKI W OKRESIE OD 01/12 DO 15/12/2021 R. NA PODSTAWIE WYNIKÓW OBSERWACJI I BAZY DANYCH EUROPEJSKIEGO ŚRÓDZIEMNOMORSKIEGO CENTRUM SEJSMOLOGICZNEGO (EMSC).

W okresie od 1 do 15 grudnia 2021 r. w bazie danych Europejskiego, Śródziemnomorskiego Centrum Sejsmologii (stan na 16 grudnia 2021 r.) zarejestrowano 7 zjawisk sejsmicznych, których obszary epicentralne zlokalizowane zostały na terytorium Polski w dwóch rejonach: w rejonie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego – GZW oraz w rejonie Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego - LGOM.

Parametry zarejestrowanych zdarzeń przedstawiono w tabeli 5. Zjawiska te z uwagi na lokalizację można zaliczyć do klasy zdarzeń indukowanych, będących skutkiem podziemnej eksploatacji górniczej.

Tab. 5. Zjawiska sejsmiczne na obszarze Polski w I połowie grudnia 2021 r. zarejestrowane w sieci EMSC (wyciąg z bazy danych EMSC).

Lp	Data	Czas (UTC)	Szer. geogr.	Dł. geogr.	Głęb. hip. [km]	Mag.	East [km]	North [km]	Eqid (EMSC)	Region PL
1	04/12/2021	04:53:33	51.50	15.99	2	2.5	291.152	408.012	1070490	(LGOM) Polkowice - Legnica
2*)	04/12/2021	07:52:20	50.33	18.79	1	2.8	485.058	273.670	1070524	(GZW) KWK Bielszowice
3**)	05/12/2021	17:47:52	51.53	15.92	2	3	286.436	411.548	1071037	(LGOM) Polkowice - Legnica
4*)	06/12/2021	18:46:42	50.24	18.96	8	2.8	497.148	263.646	1071419	(GZW) Katowice
5	08/12/2021	19:43:53	50.12	18.43	2	3.3	459.264	250.462	1074986	(GZW) Rybnik - Gliwice
6**)	09/12/2021	21:37:33	16.23	51.49	2	4	307.759	406.243	1075377	(LGOM) Lubin - Legnica
7	11/12/2021	02:40:32	18.50	50.05	2	3	464.214	242.646	1075746	(GZW) Rybnik - Ostrawa
*) Zdarzenia sejsmiczne zidentyfikowane w sieci PSG_Sejs_Net w systemie automatycznej detekcji i alertowania										
**) Niezgodność wyznaczonej lokalizacji epicentrum zdarzenia pomiędzy PSG_Sejs_NET i EMSC										

III. CHARAKTERYSTYKA AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ NA OBSZARZE GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO W OKRESIE OD 01/12 DO 15/12/2021 R. NA PODSTAWIE WYNIKÓW OBSERWACJI I BAZY DANYCH GÓRNOŚLĄSKIEJ REGIONALNEJ SIECI SEISMOLOGICZNEJ (GRSS).

(opracowanie PSG wg danych GRSS - <https://grss.giq.eu/mapa-wstrzasow/>)

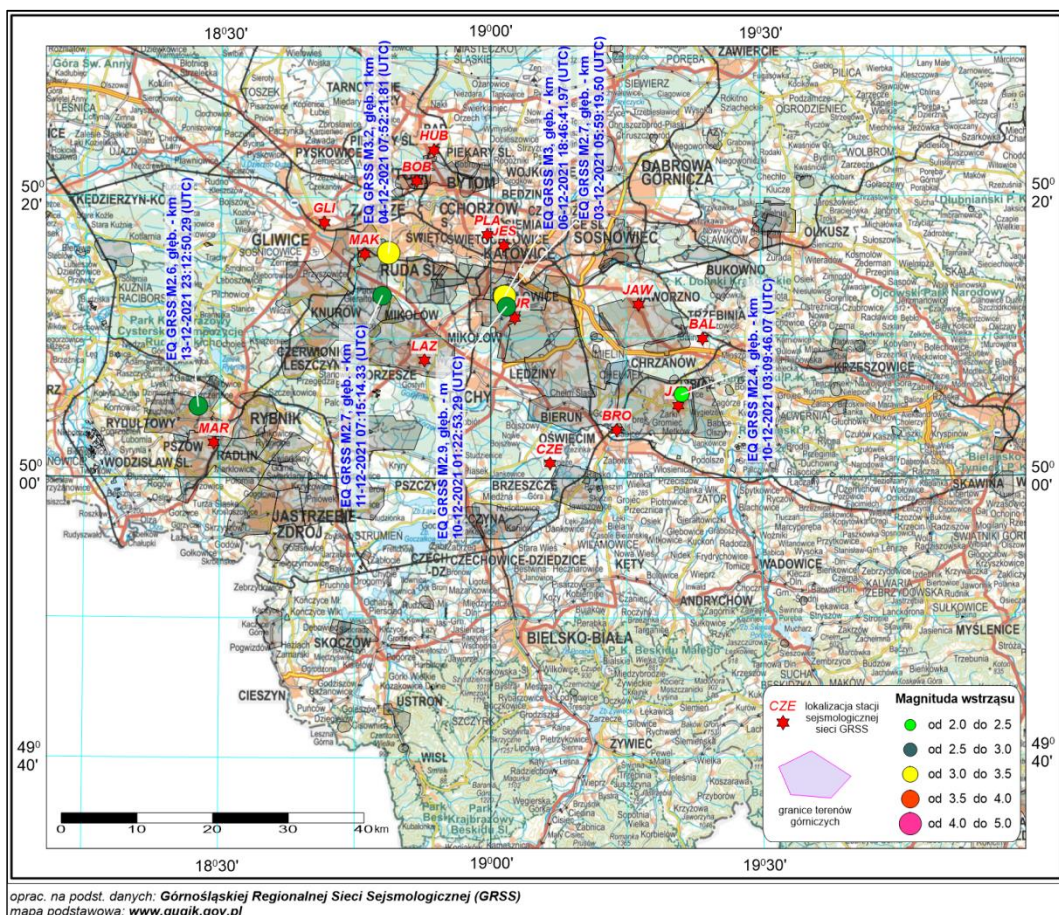
W sieci GRSS w okresie **od 1 do 15 grudnia 2021 r.** (stan na 16 grudnia 2021 r. na godz. 10.00 UTC) zarejestrowanych zostało 7 zdarzeń sejsmicznych o magnitudach od 2.4 do 3.2.

Wykaz zdarzeń zarejestrowanych w sieci obserwacyjnej GRSS przedstawiono w **tabeli 6**.

Tab. 6. Wykaz zdarzeń sejsmicznych zarejestrowanych na obszarze GZW w sieci GRSS w I połowie grudnia 2021 r. (na podst. danych GRSS, wg stanu na 16 grudnia 2021 r.).

Lp.	Data	Czas (UTC) [hh:mm:ss]	East [km}	North [km]	Lat. [deg]	Long. [deg]	Głęb. ogniska [km]	Mag. (lok.)	Lokalizacja
1*)	03/12/2021	05:59:19.50	501.911	260.967	19.03	20.22		2.7	KWK Staszic Park
2*)	04/12/2021	07:52:21.81	486.506	266.753	18.81	50.27	1	3.2	KWK Ruda Ruch Bielszowice
3*)	06/12/2021	18:46:41.97	501.840	261.011	19.03	50.22		3	KWK Staszic Park
4*)	10/12/2021	01:22:53.29	502.062	259.622	19.03	50.20		2.9	Murcki
5*)	10/12/2021	03:09:46.07	525.246	248.021	19.35	50.10		2.4	Libiąż-Żarki
6*)	11/12/2021	07:15:14.33	485.657	261.097	18.80	50.22		2.7	Halemba- Chudów
7*)	13/12/2021	23:12:50.29	461.337	246.512	18.46	50.08		2.6	KWK Rydułtowy
*) Zdarzenia sejsmiczne zidentyfikowane w sieci PSG_Sejs_Net w systemie automatycznej detekcji i alertowania									

Lokalizację epicentrów wstrząsów z rejonu monitorowanego przez sieć GRSS zaprezentowano na mapie (**rys. 6**), dane statystyczne w **tabeli 7**.



Rys. 6. Lokalizacja epicentrów wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych w sieci GRSS w okresie od 1 do 15 grudnia 2021 r. (oprac. PSG na podstawie danych GRSS, mapa bazowa GUGiK).

Tab. 7. Charakterystyka aktywności sejsmicznej na obszarze objętym monitoringiem Górnośląskiej Regionalnej Sieci Seismologicznej w I połowie grudnia 2021 r. – dane statystyczne na podst. danych z bazy GRSS.

Magnituda		Liczba zdarzeń	%
od	do		
1.0	2.5	1	14.3
2.5	3	4	57.1
3	3.5	2	28.6
3.5	4	0	0.0
4	4.5	0	0.0
M_w ≥ 4.5		0	0.0
Razem:		7	100.0
w tym:	M_w ≤ 2.5	1	14.3
	M_w > 2.5	6	85.7
	M_{min.}	2.4	
	M_{śr.}	2.8	
	M_{maks.}	3.2	

IV. ŚWIAT / EUROPA – ZJAWISKA SEJSMICZNE NA OBSZARZE KULI ZIEMSKIEJ (GLOBALNE) I EUROPY ZAREJESTROWANE OD 01/12/2021 DO 15/12/2021 R. NA PODSTAWIE DANYCH Z BAZY DANYCH EMSC.

1. GLOBALNA CHARAKTERYSTYKA AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ.

W I połowie grudnia 2021 r. w skali całego globu, w oparciu o analizy zapisu sejsmometrów z ponad 70 sieci służb i instytucji monitoringu sejsmologicznego na świecie, w bazie danych Europejskiego Śródziemnomorskiego Centrum Sejsmologicznego (EMSC) na dzień 16.12.2021 r. (godz. 08.00 UTC) zarejestrowane zostały **4 613** zdarzenia sejsmiczne o magnitudzie od **M0.5** do **M7.3**, w tym **3 295** zjawisk, których magnituda była większa od **M2.5** (próg odczuwalności).

Statystykę zdarzeń sejsmicznych na obszarze całej kuli ziemskiej w I połowie grudnia 2021 r. zaprezentowano w **tabeli 8**. Spośród wszystkich zarejestrowanych wstrząsów 71,4 % posiadało magnitudę powyżej progu odczuwalności ($M > 2.5$).

Tab. 8. Charakterystyka globalnej aktywności sejsmicznej na obszarze kuli ziemskiej w I połowie grudnia 2021 r. - dane statystyczne na podst. danych z bazy EMSC.

Magnituda		Ilość zdarzeń	%
od	do		
0.5	2.5	1012	21.9
2.5	3.5	2245	48.7
3.5	4.5	1030	22.3
4.5	5.5	293	6.4
5.5	6	27	0.6
6	7	5	0.4
>=7		1	0.02
Razem:		4613	100.3
w tym:	M<=2.5	1318	28.6
	M>2.5	3295	71.4
	M_{min.}	0.5	
	M_{maks.}	7.3	
	M_{śr.}	3.1	

W przypadku 6 zdarzeń magnitudę wstrząsu oceniono w przedziale od 6.0 wzwyż. Wielkość magnitudy najsilniejszego zdarzenia oszacowana została na **M7.3** (podmorskie zjawisko z 14.12.2021 r., godz. 03:20:24 UTC) z epicentrum położonym w regionie: **Morza Flores- Indonezja**.

Średnia, dobową aktywność sejsmiczną na świecie w I połowie grudnia 2021 r. mierzona ilością zarejestrowanych zjawisk sejsmicznych o magnitudzie powyżej progu odczuwalności ($M > 2.5$) wyniosła 220 zjawisk/doba. W ciągu 15 dni najmniejszą aktywnością charakteryzował się dzień 13 grudnia br., kiedy to zarejestrowanych zostało jedynie 165 odczuwalnych zjawisk sejsmicznych. W grupie zjawisk odczuwalnych największą, globalną aktywność zaobserwowano 13 grudnia. W dniu tym zarejestrowanych zostało 386 zdarzeń, tj. o 160 więcej niż dwutygodniowa średnia dobową, co stanowi 76% wzrost w stosunku do średniej liczebności zdarzeń w tym okresie.

Największy ilościowy udział w tej liczbie (1 grudnia 2021 r.) przypada na aktywność sejsmiczną w regionach sejsmicznych: **Wyspy Kanaryjskie** – 224 zjawiska, **Oaxaca**, Meksyk – 10 zjawisk, **OFFSHORE BIO-BIO** Chile – 9 zjawisk, (**tab. 9**).

Tab. 9. Najbardziej aktywne regiony sejsmologiczne na świecie w dniu 1 grudnia 2021 r. pod względem liczby zarejestrowanych, odczuwalnych zdarzeń sejsmicznych (oprac. PSG na podstawie danych EMSC).

Poz.	Region sejsmologiczny	Liczba zdarzeń sejsmicznych zarejestrowanych w dniu 01/12/2021 r. w bazie danych EMSC	Udział % w dobowej liczbie zarejestrowanych zdarzeń w dniu 01/12/2021 r.
1	CANARY ISLANDS, SPAIN REGION	224	89.6%
2	OAXACA, MEXICO	10	4.0%
3	OFFSHORE BIO-BIO, CHILE	9	3.6%
4	ANTOFAGASTA, CHILE	7	2.8%
5	NEAR EAST COAST OF HONSHU, JAPAN	8	3.2%

W I połowie grudnia 2021 r. w skali globalnej zarejestrowano **3 295** zdarzeń o magnitudzie powyżej **M2.5**.

W skali globalnej w I połowie grudnia 2021 r. w regionalnym „rankingu” aktywności sejsmicznej, mierzonej liczbą zjawisk odczuwalnych (łącznie 3 295 zjawiska) najwięcej wstrząsów zarejestrowanych zostało w regionach: **Canary Islands, Spain Region – Wyspy Kanaryjskie, Hiszpania** (520 zjawisk – 15,78%), **Morze Flores , Indonezja** (249 zjawisk – 7.56%), **Oregon – strefa przybrzeżna USA** (115 zjawisk – 3.49%), **Zatoka Kalifornijska, USA** (103 zjawiska – 3,13%), **Oaxaca, Meksyk** (88 zjawisk – 2.67%), **Antofagasta – Chile** (67 zjawisk – 2.03%).


Wykaz najsilniejszych zjawisk sejsmicznych, które zostały zarejestrowane w I połowie grudnia 2021 r. na obszarze kuli ziemskiej, a których magnituda osiągnęła lub przekroczyła wartość **6.0** przedstawiono w **tabeli 10**.

Tab. 10. Wykaz zjawisk sejsmicznych o magnitudzie $M \geq 6.0$, zarejestrowanych na obszarze kuli ziemskiej w I połowie grudnia 2021 r. (oprac. PSG na podst. danych z bazy EMSC).

Lp.	Data	Czas (UTC)	Szer. geogr.	Dł. geogr.	Głęb. hipocentrum [km]	Mag.	Nazwa regionu	ID EQ (EMSC)
1	03/12/2021	04:40:04	-28.63	-112.26	10	6.2	EASTER ISLAND REGION	1069934
2	03/12/2021	08:33:47	-60.36	-27.10	80	6	SOUTH SANDWICH ISLANDS REGION	1070065
3	04/12/2021	23:47:55	4.10	128.16	160	6	NORTH OF HALMAHERA, INDONESIA	1070736
4	09/12/2021	02:05:08	29.45	129.38	15	6	RYUKYU ISLANDS, JAPAN	1075094
5	12/12/2021	08:58:08	-60.73	153.85	10	6.5	WEST OF MACQUARIE ISLAND	1076128
6	14/12/.2021	03:20:24	-7.64	122.25	12	7.3	FLORES SEA	1076720

Najsilniejsze zjawisko sejsmiczne w I połowie 2021 roku miało miejsce **14 grudnia 2021 r.** o godz. **03:20:24.3 UTC** (czas lokalny 14 grudnia 2021 r., godz. 11:20:24.3) w regionie sejsmologicznym Morza Flores (**Flores Sea**). Było to bardzo silne trzęsienie ziemi o magnitudzie **M7.3**, które jednocześnie zapoczątkowało w regionie całą serię wstrząsów wtórnych. Epicentrum tego zdarzenia zlokalizowane było ok. 277 km na ENE od Labuan Bajo w Indonezji (188 tys. mieszkańców) oraz 109 km na północ od Maumere w Indonezji (47,5 tys. mieszkańców). Źródło wstrząsów zlokalizowane było na głębokości **12 km** (wg EMSC). Najważniejsze parametry tego zjawiska zaprezentowane zostały w **tab. 11** na podstawie danych EMSC i NEIC (National Earthquake Information Center – USGS), zaś lokalizację epicentrum tego trzęsienia pokazano na **rys. 7** w relacji do najbliższych regionalnych szczegółów geograficznych i politycznych.

Tab. 11. Parametry zjawiska sejsmicznego z dnia 14/12/2021 r., godz. 03:20:24.3 UTC, region: Flores Sea.

Parametry trzęsienia ziemi wyznaczone przez EMSC/NEIC.			
Data (UTC)	14/12/2021	Data lokalna	14/12/2021
Czas (UTC)	03:20:24.3 03:20:24	Czas lokalny	11:20:24.3
Lokalizacja epicentrum Współrzędne (ϕ , λ)	7.64°S; 122.25°E 7.603°S; 122.200°E		
Głębokość [km]	12 / 18.5		
Magnituda	7.3 / 7.3		
Region	Morze Flores		
Rejonizacja epicentrum	277 km na ENE od Labuan Bajo, Indonezja; populacja: 188 tys.; czas lokalny: 14/12/2021 r., godz. 11:20:24.3 109 km na N od Maumere, Indonezja; populacja 47,5 tys.; czas lokalny: 14/12/2021 r., godz. 11:20:24.3		

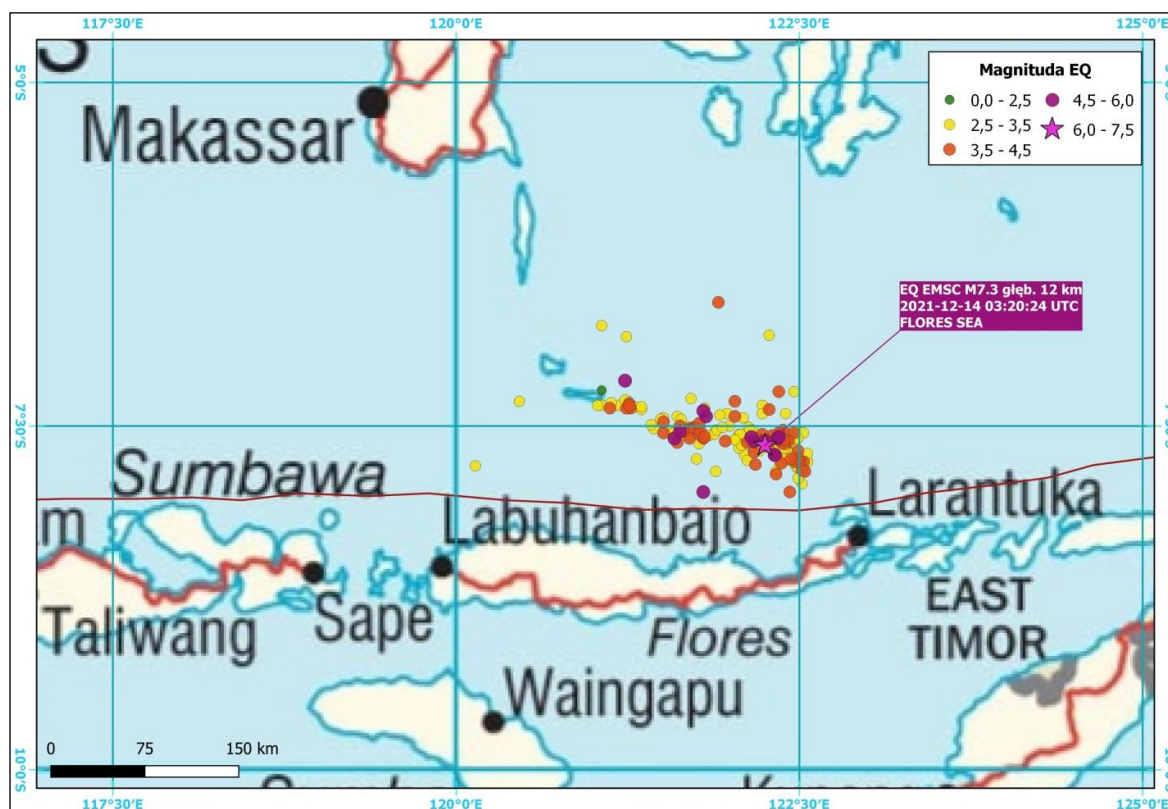


Rys. 7. Lokalizacja epicentrum trzęsienia ziemi o magnitudzie M7.3 (EMSC) z 14 grudnia 2021 r., godz. 03:20:24.3 UTC w regionie sejsmologicznym Flores Sea (oprac. PSG, mapa bazowa: CIA).

Wstrząs o magnitudzie **M7.3** jest skutkiem rozładowania naprężeń powstałych w wyniku subdukcji płyty Australijskiej pod płytę Sunda. Prędkość względna kolizji płyt w tym miejscu wynosi około 74 mm rocznie. Do 16 grudnia 2021 r. godz. 8:00 (UTC) po wstrząsie głównym zidentyfikowanych zostało 259 wstrząsów wtórnych. W tym okresie oprócz bardzo silnego wstrząsu głównego miały miejsce cztery umiarkowanie, silne wstrząsy o magnitudzie **M5.5+** (tab. 12). Na rys. 8 zaprezentowano lokalizację epicentrow odczuwalnych zjawisk sejsmicznych zarejestrowanych w regionie FLORES SEA w analizowanym okresie, a w tab. 13 została podsumowana ich statystyka.

Tab. 12. Lista zjawisk sejsmicznych o magnitudzie M5.5+ (wraz z parametrami), które wystąpiły w regionie Morza Flores w dniach 14-16/12/2021 r. (stan na 16 grudnia 2021 r., godz. 12:00 CET) – oprac. PSG, wg danych EMSC.

Lp.	Data	Czas (UTC)	Szer. geogr.	Dł. geogr.	Głęb. hipocentrum [km]	Mag.	Nazwa regionu	Eqid
1	2021-12-14	03:20:24	-7.64	122.25	12	7.3	FLORES SEA	1076720
2	2021-12-14	03:23:30	-7.59	122.20	10	5.7	FLORES SEA	1076735
3	2021-12-14	03:25:28	-7.63	122.25	10	5.8	FLORES SEA	1076738
4	2021-12-14	08:31:31	-7.58	122.35	10	5.5	FLORES SEA	1076867



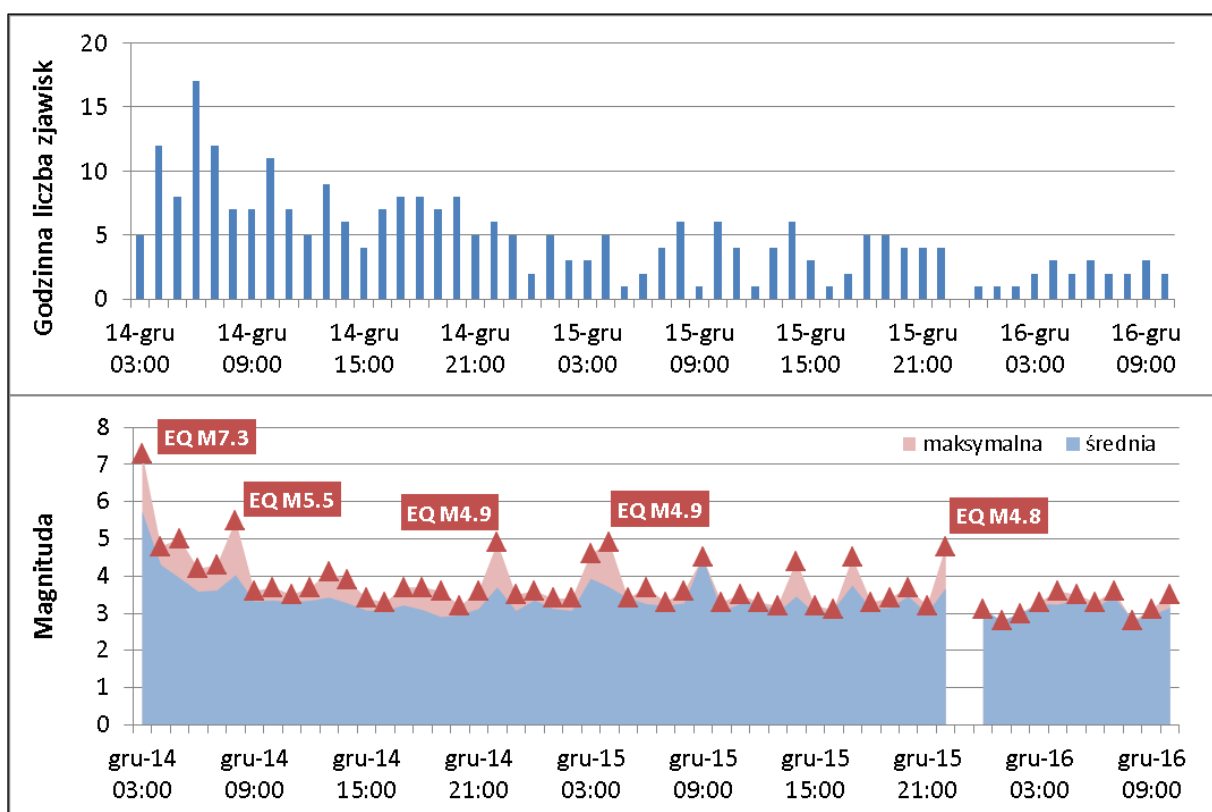
Rys. 8. Mapa prezentująca aktywność sejsmiczną regionu Flores Sea z lokalizacją epicentrow zjawisk sejsmicznych o magnitudzie M2.5+ (zjawiska odczuwalne), zarejestrowanych w dniach 14-16 grudnia 2021 r. (stan na 16/12/2021 r., godz. 12:00 CET) oraz lokalizacją elementów liniowych w aspekcie tektoniki płyt litosferycznych (oprac. PSG, wg. danych EMSC i USGS, mapa bazowa CIA).

W analizowanym okresie w bazie danych Europejskiego Śródziemnomorskiego Centrum Sejsmologii (EMSC) w regionie Flores Sea zarejestrowane zostały **260** zjawisk sejsmicznych o magnitudzie od **M2.6** do **M7.3**, a 16 z nich przekroczyło magnitudę **M4.5**. W liczbie powyższej zarejestrowane zostało zaledwie 1 nieodczuwalne zdarzenie sejsmiczne o magnitudzie M2.5.

Tab. 13. Statystyka zjawisk sejsmicznych z lokalizacją epicentrów w regionie Flores Sea zarejestrowanych w dniach 14-16/12/2021 r. (stan na 16 grudnia 2021 r., godz. 08:00 CET) wg danych EMSC.

Magnituda		Liczba zdarzeń	%
od	do		
0.0	2.5	1	0.4
2.5	3.5	160	61.5
3.5	4.5	80	30.8
4.5	5.5	15	5.8
5.5	6.0	3	1.2
6.0	7.0	0	0.0
>=7		1	0.4
Razem:		260	100.0
w tym:	M<=2.5	1	0.4
	M>2.5	259	99.6
	M_{min.}	2.5	
	M_{maks.}	7.3	
	M_{sr.}	3.4	

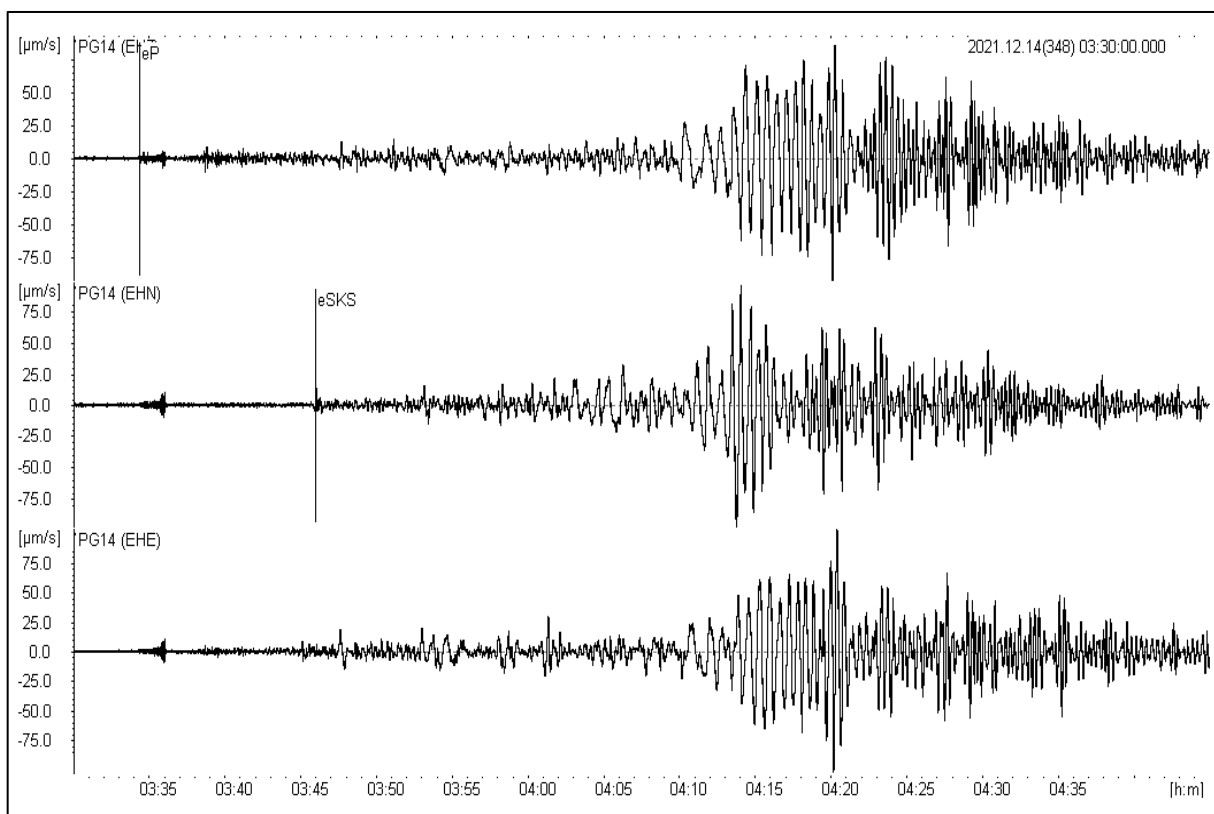
Godziną liczebność zjawisk sejsmicznych w dniach 14-16 grudnia 2021 r. (stan na 16 grudnia 2021 r., godz. 08:00 CET) w regionie FLORES SEA, zapoczątkowaną zdarzeniem o magnitudzie M7.3 wraz z maksymalną i średnią magnitudą dla kolejnych godzin po jego wystąpieniu prezentuje **rys. 9**.



Rys. 9. Sekwencja zjawisk sejsmicznych w regionie FLORES SEA w dniach 14-16 grudnia 2021 r. (stan na 16 grudnia 2021 r., godz. 08:00 CET) wg danych EMSC

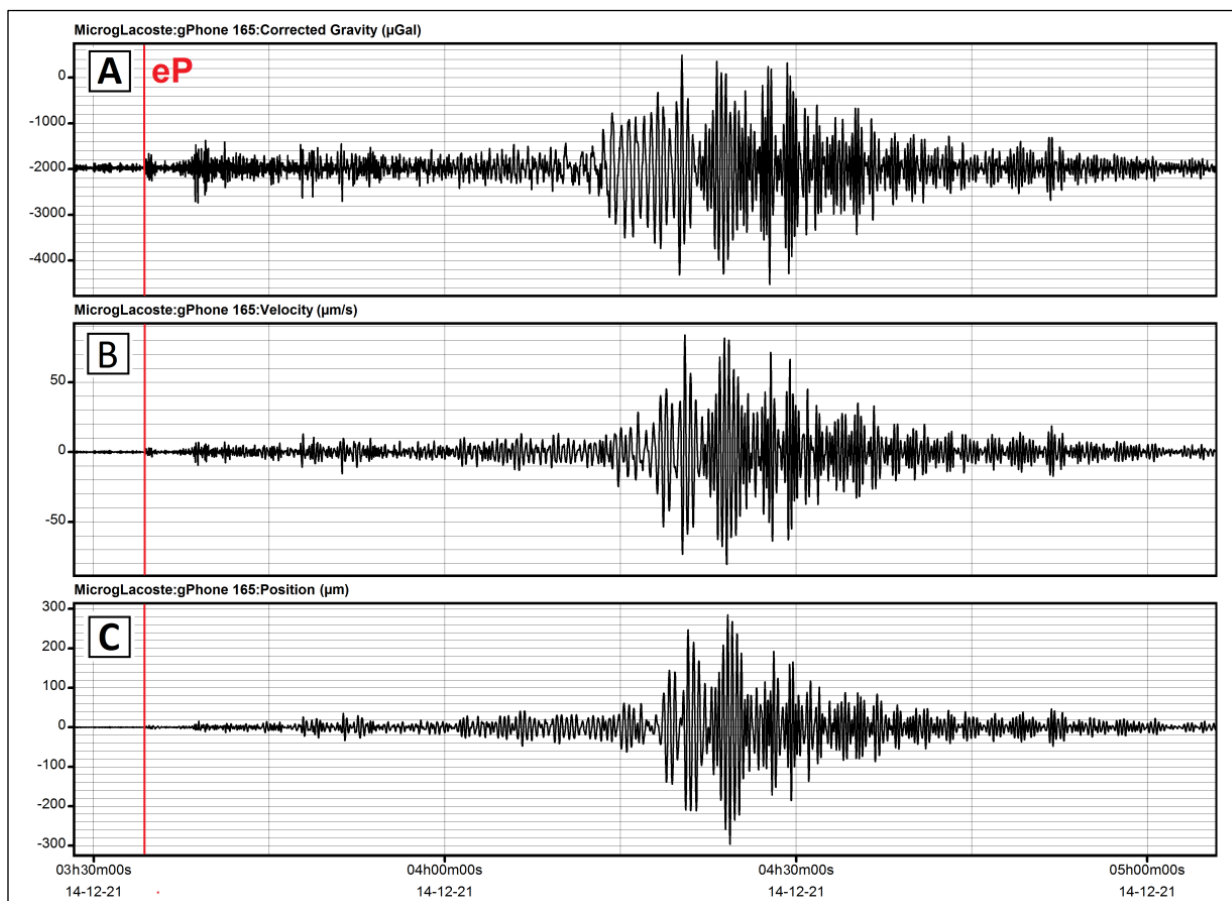
- A) godzinna liczebność zjawisk,
- B) godzinna magnituda: średnia i maksymalna.

Trzęsienie ziemi o magnitudzie M7.3 z 14 grudnia 2021 r., godz. 03:20:24.3 (UTC) w regionie Flores Sea zarejestrowane zostało również w sieci PSG_Sejs_NET państwowej służby geologicznej. Na **rys. 10** zaprezentowano zapisy falowe składowych **Z, N, E** wektora prędkości fal sejsmicznych zarejestrowane w laboratorium geodynamicznym PSG na stacji monitoringu sejsmicznego **PG14** (Hołowno, gm. Podedwórze, pow. parczewski). Odległość stacji PG14 od epicentrum wstrząsów wynosi ok. **11 290 km (101.6°)**. Pierwsze wstąpienia fal sejsmicznych (**P**) zarejestrowane zostały na stacji PG14 w dniu **14 grudnia 2021 r.** o godz. **03:34:19.0 UTC**, tj. po upływie **13 min 54.7 s** od momentu zdarzenia.



Rys. 10. Obraz falowy z zapisem rejestracji trzęsienia ziemi o magnitudzie M7.3 z epicentrum w regionie Flores Sea z 14 grudnia 2021 r., godz. 03:20:24.3 (UTC) zarejestrowany przez szerokopasmową stację sejsmologiczną PSG zlokalizowaną w laboratorium geodynamicznym w Hołownie (PG14). Na wykresie składowej zaznaczono pierwsze wstąpienia fali sejsmicznej P i SKS.

Trzęsienie ziemi o magnitudzie **M7.3** z 14 grudnia 2021 r., odwzorowało się również w zapisie monitoringu składowej pionowej siły ciężkości w laboratorium geodynamicznym stacji PSG w Hołownie. Obraz falowy zjawiska, który został zarejestrowany grawimetrem płytowym **gPhoneX nr 165** zaprezentowano na **rys. 11**. Zaprezentowane zostały 3 ścieżki z monitoringu pola grawitacyjnego zarejestrowane w trakcie przejścia przez punkt obserwacji fal sejsmicznych wygenerowanych w źródle trzęsienia ziemi o magnitudzie M7.3. Pierwsza ścieżka (**wykres A**) pokazuje zmiany przyspieszenia pionowej składowej pola siły ciężkości, druga (**wykres B**) zmiany składowej pionowej prędkości gruntu, zaś ścieżka trzecia (**wykres C**) zmiany położenia (amplituda składowej pionowej) drgań podłoża w punkcie obserwacji.



Rys. 11. Fragment zapisu z monitoringu grawimetrycznego pola siły ciężkości na stacji PSG PG14 w Hołownie (gm. Podedwórze, pow. parczewski) zarejestrowany w trakcie przejścia przez punkt obserwacji grawimetrycznych fal sejsmicznych wygenerowanych w ognisku trzęsienia ziemi o magnitudzie M7.3 z dnia 14/12/2021 r.

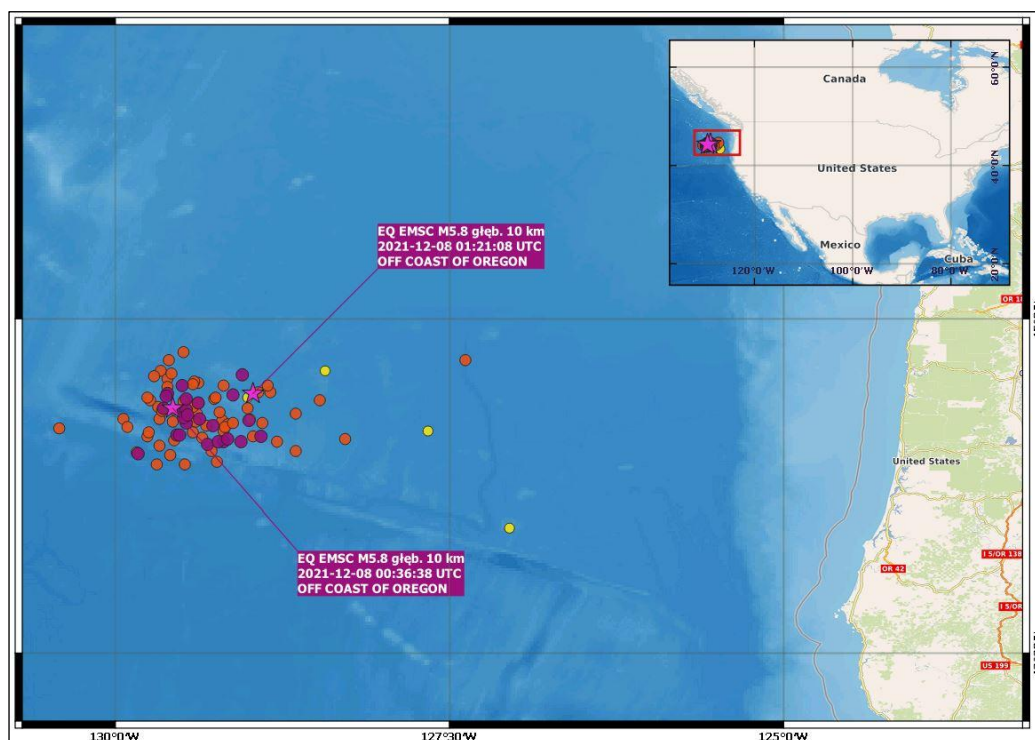
W okresie od **7 do 10 grudnia 2021 r.** w regionie sejsmicznym **OFF COAST OF OREGON** (przy wybrzeżu stanu Oregon) zarejestrowano znaczny wzrost aktywności sejsmicznej. W badanym okresie (stan na 10 grudnia 2021 r., godz. 12:00 UTC) miały miejsce 94 zjawiska sejsmiczne o magnitudzie **>M2.5**, a magnitudę 28 z nich określono **>M4.5**. Statystykę aktywności sejsmicznej regionu w analizowanym okresie zaprezentowano w **tabeli 14**. Lokalizację epicentrow zjawisk pokazano na mapie na **rys. 12**. W badanym okresie dwa najsilniejsze wstrząsy miały magnitudę M5.8 (**tabela 15, rys. 12**).

Tab. 14. Statystyka zjawisk sejsmicznych zarejestrowanych w regionie **OFF COAST OF OREGON** od 7 do 10 grudnia 2021 r. (oprac. PSG na podstawie danych EMSC).

Magnituda		Liczba zdarzeń	%
od	do		
0	2.5	0	0.0
2.5	3.5	7	7.4
3.5	4.5	59	62.8
4.5	5.5	26	27.7
5.5	6	2	2.1
6	7	0	0.0
>=7		0	0.0
Razem:		94	100
w tym:	M<=2.5	0	0
	M>2.5	94	100
	M_{min.}	3.2	
	M_{maks.}	5.8	
	M_{śr.}	4.4	

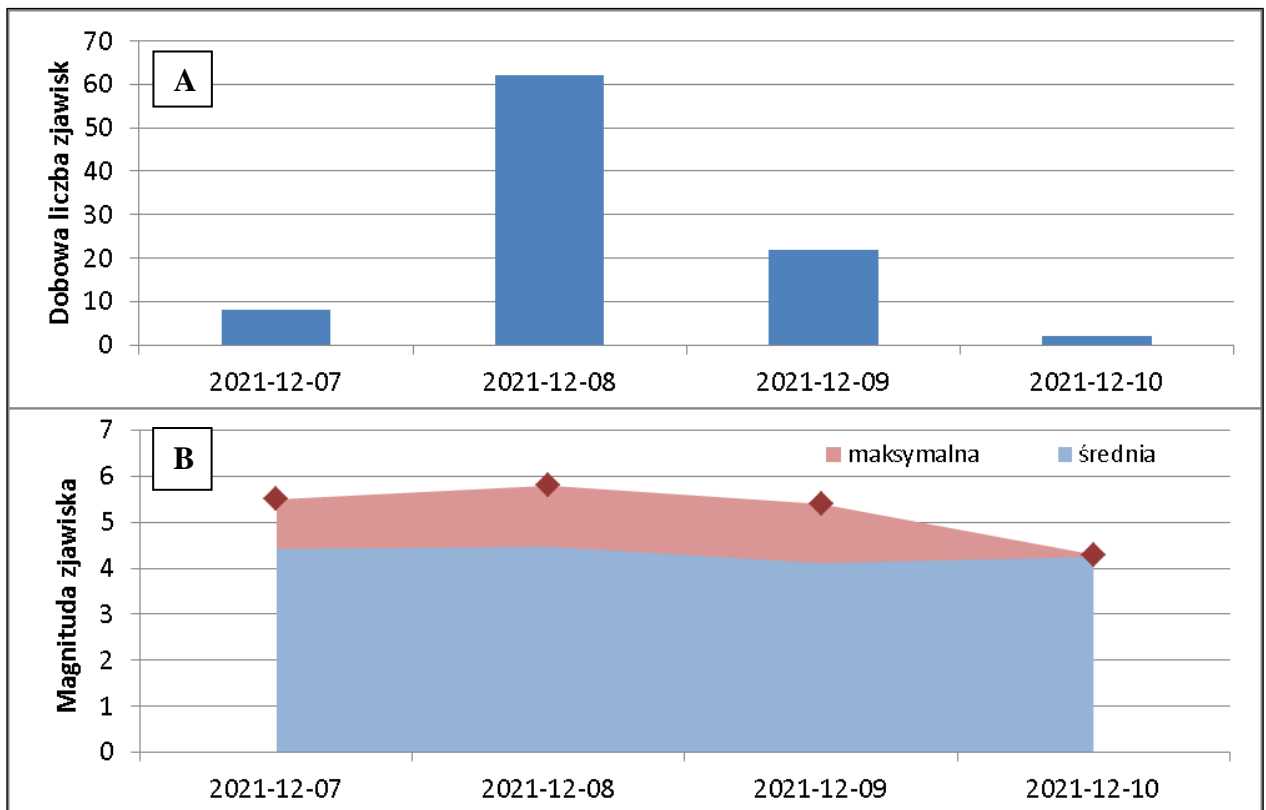
Tab. 15. Lista zjawisk sejsmicznych o magnitudzie $M > 5.5$ (wraz z parametrami), które wystąpiły w regionie OFF COAST OF OREGON w okresie od 7 do 10 grudnia 2021 r. (oprac. PSG na podstawie danych EMSC).

Lp.	Data	Czas (UTC)	Szer. geogr.	Dł. geogr.	Głęb. hipocentrum [km]	Mag.	Nazwa regionu
1	2021-12-08	01:21:08	44.44	-128.97	10	5.8	OFF COAST OF OREGON
2	2021-12-08	00:36:38	44.33	-129.57	10	5.9	OFF COAST OF OREGON



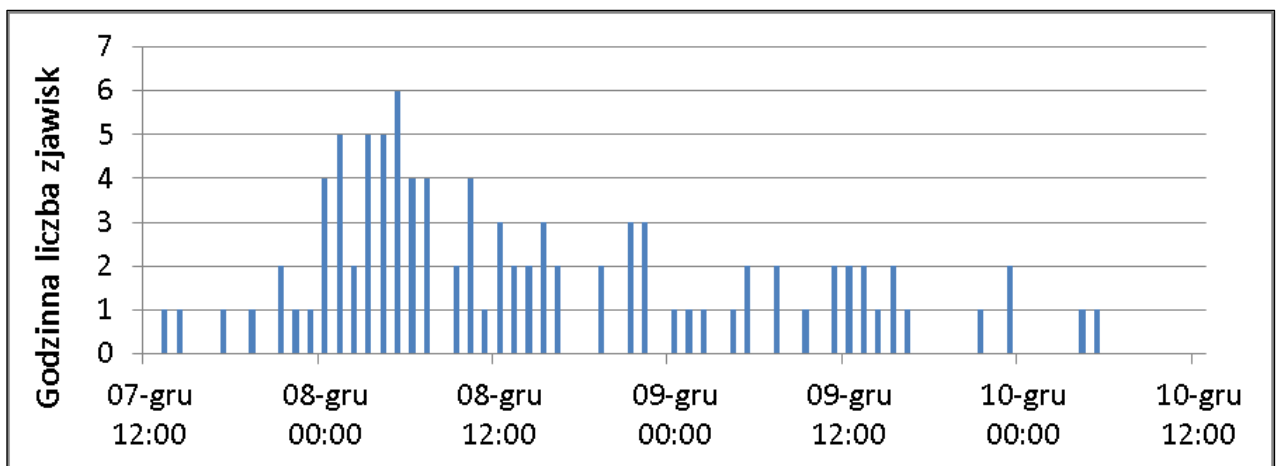
Rys. 12. Mapa lokalizacji epicentrow wstrząsów sejsmicznych dokumentująca aktywność sejsmiczną w regionie OFF COAST OF OREGON w w okresie od 7 do 10 grudnia 2021 r. (oprac. PSG, dane: EMSC, mapa bazowa: OSM).

Na **rys. 13** zostały pokazana dobowo liczebność zjawisk sejsmicznych – **A** oraz magnituda dobowo – **B** (średnia oraz maksymalna) w okresie od 7 do 10 grudnia 2021 r. Maksimum miało miejsce 8 grudnia 2021 r., kiedy w tym regionie zarejestrowano 62 zjawiska.



Rys. 13. Sekwencja zjawisk sejsmicznych w regionie OFF COAST OF OREGON w okresie od 7 do 10 grudnia 2021 r. (oprac. PSG, dane EMSC):
 A) dobowa liczebność zjawisk,
 B) magnituda dobowa: średnia i maksymalna.

Ze względu na krótki okres wzmożonej aktywności sejsmicznej (ok. 72 godziny), na **rys. 14** przedstawiona została dodatkowo godzinna liczebność zjawisk w analizowanym okresie tj. 7-10 grudnia 2021 r.



Rys. 14. Godzinna liczebność zjawisk sejsmicznych w regionie OFF COAST OF OREGON w okresie od 7 do 10 grudnia 2021 r. (oprac. PSG, dane EMSC).

2. CHARAKTERYSTYKA AKTYWNOŚCI SEISMICZNEJ NA KONTYNENCIE EUROPEJSKIM I OBSZARACH PRZYLEGŁYCH.

Na obszarze kontynentu europejskiego i obszarach przyległych w I połowie grudnia 2021 roku w bazie danych EMSC zarejestrowano **728** zdarzeń seismicznych o magnitudzie od **0.5** do **4.9**

Charakterystykę europejskiej aktywności seismicznej w I połowie grudnia 2021 r. przedstawiono w **tabelach 16 i 17**.

Spośród **728** zarejestrowanych zjawisk (wg stanu na 16 grudnia 2021 r.) – **467** (64,1%) miało magnitudę poniżej poziomu odczuwalności przez człowieka, tj. **$M \leq 2.5$** . Próg ten przekroczyło **261** zjawisk co stanowiło 35.9% ogólnej ich liczby.

Tab. 16. Statystyka wstrząsów seismicznych zarejestrowanych w bazie EMSC na obszarze Europy i obszarach przyległych w I połowie grudnia 2021 r. – oprac. PSG.

Magnituda		Ilość zdarzeń	%
od	do		
0.5	2.5	394	54.1
2.5	3.5	299	41.1
3.5	4.5	31	4.3
4.5	5.5	4	0.5
5.5	6.5	0	0.0
6.5	8	0	0.0
Razem:		728	100.0
w tym:	$M \leq 2.5$	467	64.1
	$M > 2.5$	261	35.9
	$M_{\min.}$	0.5	
	$M_{\max.}$	4.9	
	$M_{\text{śr.}}$	2.4	

Nieco bardziej szczegółową charakterystykę statystyczną, obejmującą wyłącznie zjawiska odczuwalne (magnituda **$M > 2.5$**) zaprezentowano w **tabeli 17**.

Tab. 17. Statystyka wstrząsów seismicznych o magnitudzie powyżej progu odczuwalności (**$M > 2.5$**) zarejestrowanych w bazie danych EMSC na obszarze Europy i obszarach przyległych w I połowie grudnia 2021 r. – oprac. PSG.

Magnituda		Liczba zdarzeń	%
od	do		
2.5	3.0	145	55.6%
3.0	3.5	81	31.0%
3.5	4.0	23	8.8%
4.0	4.5	8	3.1%
4.5	5.0	4	1.5%
5.0	5.5	0	0.0%
5.5	6.0	0	0.0%
>6.0		0	0.0%
Razem:		261	100.0%
w tym:	$M > 2.5$	261	
	$M_{\min.}$	2.6	
	$M_{\max.}$	4.9	
	$M_{\text{śr.}}$	3.0	

Z analizy zjawisk zarejestrowanych w bazie EMSC, ograniczonej do zdarzeń o magnitudzie **M>2.5** (zdarzenia powyżej progu odczuwalności) wynika, że w I połowie grudnia 2021 r. w obszarze europejskim najczęściej wstrząsów wystąpiło w regionach: **CRETE** – Kreta, Grecja (36 zjawisk – 13.79%), **STRAIT OF GIBRALTAR** (Gibraltar) – (34 zjawiska – 13.03%), **EASTERN TURKEY** – Turcja Wschodnia (26 zjawisk – 9,96%), **WYSP DODECANESE** (Turcja) – 20 zjawisk – 7,66%). **GREECE** – Grecja (kontynentalna) – 18 zjawisk – 6.90%, **WESTERN TURKEY** – Turcja Zachodnia (10 zjawiska – 3,83%).

Z obszaru obejmującego terytorium Polski (region sejsmiczny – POLAND) w bazie danych EMSC w I połowie grudnia 2021 r. zarejestrowane zostały 7 odczuwalnych zjawisk sejsmicznych. Stanowi to 2.99% wszystkich zarejestrowanych, odczuwalnych zjawisk sejsmicznych w Europie.

Najwięcej dziennie odczuwalnych trzęsień ziemi (powyżej średniej miesięcznej równej 17 zjawisk/dobę) zarejestrowano w dniach: 2-3, 5-9, 13, grudnia. Pod względem liczby zdarzeń najwyższą aktywność (**26 zjawisk**) zarejestrowano w dniu 5 grudnia, co stanowi 149 % średniej dobowej wartości aktywności sejsmicznej zaobserwowanej w I połowie grudnia 2021 r.

Najniższa dobową aktywność sejsmiczną na kontynencie europejskim w I połowie grudnia 2021r. (w odniesieniu do zjawisk odczuwalnych) miała miejsce w dniach: 11, grudnia. Zarejestrowano wówczas jedynie po 10 zjawisk powyżej progu odczuwalności, a więc ok. 57 % w stosunku do średniej dobowej.

W I połowie grudnia 2021 r., na kontynencie europejskim oraz obszarach przyległych nie zanotowano zjawisk o magnitudzie $M \geq 5$.

Raport przygotował zespół z Centrum Geoagrożeń: Tomasz Czerwiński, Kamila Karkowska, Mirosław Musiałewicz i Przemysław Kowalski
Opracowanie: Maja Kowalska, Zakład Kartografii Geologicznej