Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

Państwowa służba geologiczna
Państwowa służba hydrogeologiczna

DANE DOTYCZĄCE AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ W POLSCE W LATACH 2013-2016

WYCIĄG Z RAPORTU

ANALIZA DANYCH DOTYCZĄCYCH AKTYWNOŚCI GEODYNAMICZNEJ POLSKI

Raport został opracowany przez zespół wykonawców z Państwowego Instytutu Geologicznego-PIB w ramach projektu pt. Permanentny monitoring geodynamiczny Polski

MINISTERSTWO ŚRODOWISKA

Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Dane dotyczące aktywności sejsmicznej w Polsce w latach 2013-2016.

W trakcie realizacji projektu *Permanentny monitoring geodynamiczny Polski*, Państwowy Instytut Geologiczny - PIB pozyskiwał informacje o zjawiskach sejsmicznych z wyspecjalizowanych instytucji zagranicznych, w tym z Europejskiego Śródziemnomorskiego Centrum Sejsmologii EMSC (*European-Mediterranean Seismological Centre*) zlokalizowanego w Francji, a także z amerykańskiego NOIC (*National Earthquake Information Center, U.S.Geological Survey*).

W okresie realizacji projektu, tj. w latach 2013-2016, w Polsce funkcjonowały dwie zorganizowane sieci monitoringu sejsmicznego: Polska Sieć Sejsmologiczna (PLSN) utrzymywana i zarządzana przez Instytut Geofizyki PAN oraz Górnośląska Regionalna Sieć Sejsmologiczna (GRSS) zarządzana przez Główny Instytut Górnictwa.

Polska Sieć Sejsmologiczna funkcjonuje w systemie obserwacji międzynarodowych. Wyniki monitoringu sejsmicznego w postaci sejsmogramów z każdej funkcjonującej stacji sejsmologicznej są na bieżąco prezentowane na portalu IGF PAN pod adresem *http://www.igf.edu.pl/daily-seismograms.php*. Dostępne są również sejsmogramy archiwalne. Dane z monitoringu sejsmicznego PLSN przekazywane są do Europejskiego Śródziemnomorskiego Centrum Sejsmologii (EMSC) na potrzeby tworzenia zcentralizowanej bazy danych sejsmicznych, ze szczególnym uwzględnieniem krajów europejskich, z przeznaczeniem do wykorzystania na potrzeby badań oraz analiz aktywności sejsmicznej w skali globalnej, regionalnej i lokalnej. Dane przesyłane do EMSC są na bieżąco aktualizowane i opracowywane. Informacja na temat funkcjonowania EMSC jest publicznie dostępna na portalu internetowym *http://www.emsc-csem.org*. Poprzez portal można uzyskać także dostęp do bieżących i archiwalnych danych odnośnie parametrów zarejestrowanych trzęsień ziemi. W sieci PLSN zainstalowane są sejsmometry szerokopasmowe. Monitorują zdarzenia sejsmiczne w skali makro i umożliwiają, w zależności od wielkości, rejestracje trzęsień w skali całego globu.

Górnośląska Regionalna Sieć Sejsmologiczna (GRSS) jest siecią lokalną. Stacje sejsmologiczne sieci GRSS rozmieszczone są na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Monitoring zdarzeń sejsmicznych w tej sieci prowadzony jest w oparciu o sejsmometry krótkookresowe, rejestrujące wstrząsy, które powstają w górotworze jako rezultat naruszenia równowagi statycznej ośrodka geologicznego w konsekwencji prowadzonej działalności górniczej na obszarze GZW.

Wykaz wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych na terytorium Polski w latach 2013-2016 przedstawiony został w załączniku 1 do niniejszego raportu.

W okresie od 01.01.2013 do 31.12.2016 r. w bazie danych Europejskiego Śródziemnomorskiego Centrum Sejsmologii zarejestrowanych zostało z obszaru Polski 600 zjawisk sejsmicznych o magnitudzie >= 2.

Statystykę ilościową zarejestrowanych wstrząsów sejsmicznych z uwzględnieniem wielkości magnitudy w ognisku przedstawiono w tabeli 1.

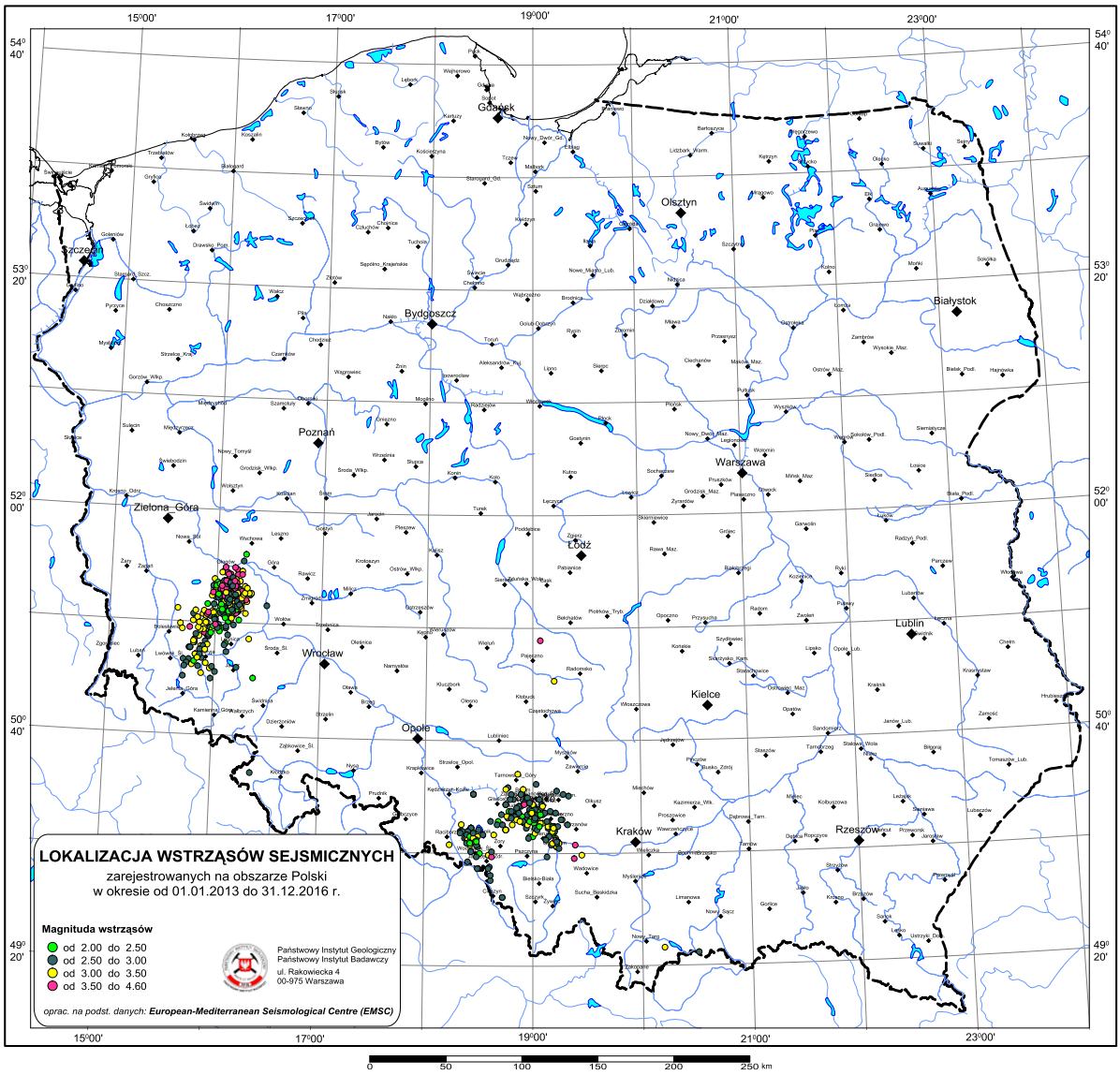
Tabela 1. Statystyka wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych na obszarze Polski w latach 2013 – 2016 *(na podstawie danych EMSC)*

Lp.	Wielkość magnitudy	Liczba wstrząsów w latach 2013 - 2016	Procentowa liczebność w latach 2013 - 2016
1.	>= 2.0 - < 2.5	77	12.83%
2.	>= 2.5 - < 3.0	259	43.17%
3.	>= 3.0 - < 3.5	188	31.33%
4.	>= 3.5 - < 4.0	52	8.67%
5.	>= 4.0	24	4.00%

Z przedstawionych danych wynika, że większość wstrząsów była wstrząsami małymi. W przedziale magnitudy pomiędzy 2.0 a 3.5 znalazło się ponad 87% zarejestrowanych wstrząsów. Wstrząsów znaczących o magnitudzie równej i większej od 4.0 zarejestrowanych zostało zaledwie 24, co stanowi 4% ogólnej liczby wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych w tym okresie w Polsce.

Wstrząs o największej magnitudzie wynoszącej 4.6 został zarejestrowany w dniu 19.03.2013 r. o godz. 21:09:52 (czas UTC) na obszarze Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (współrzędne geodezyjne: B=51.51, L=16.06). Hipocentrum tego wstrząsu wyznaczone zostało na głębokości 2 km pod powierzchnią Ziemi.

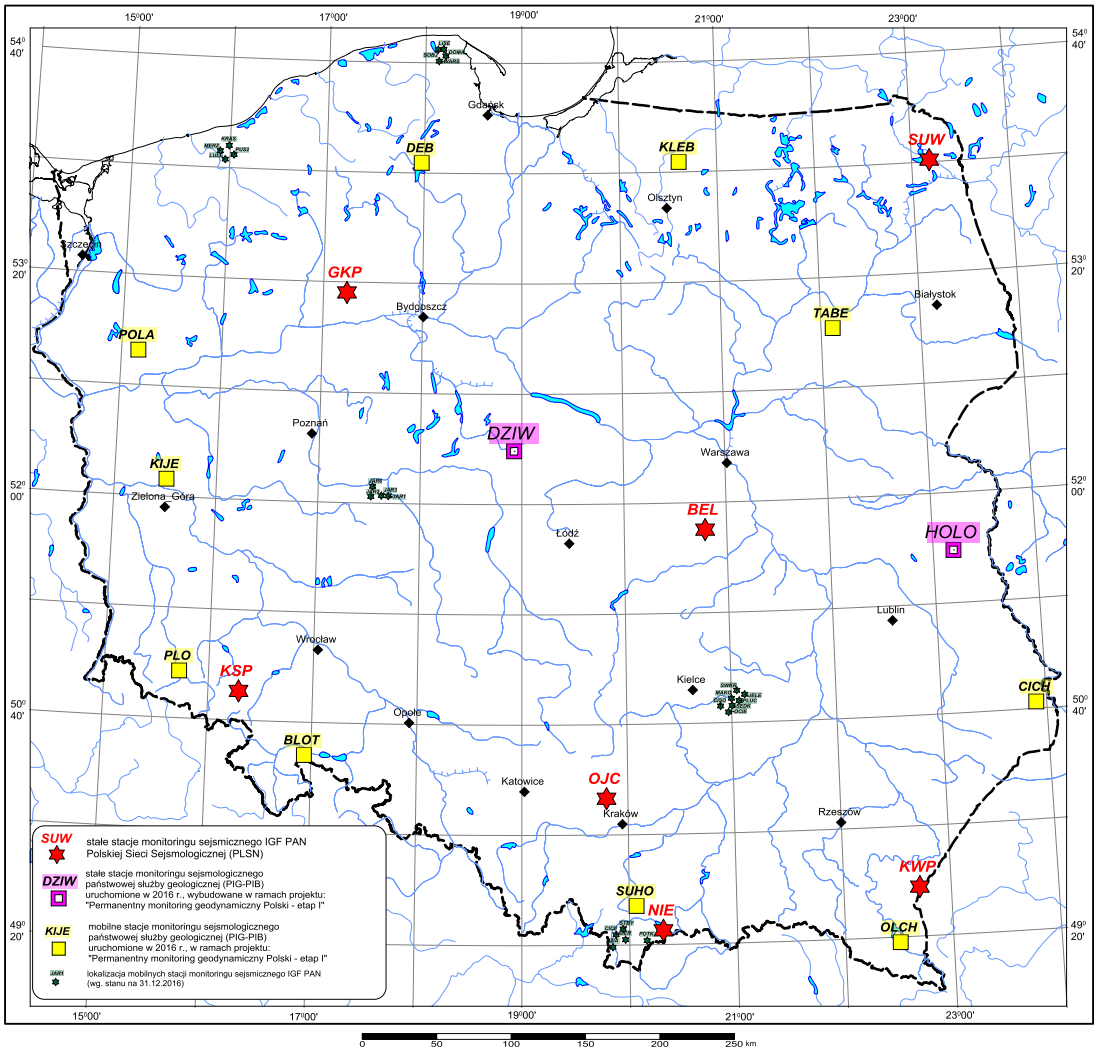
Lokalizację wszystkich wstrząsów zarejestrowanych na obszarze kraju w omawianym okresie przedstawiono na rysunku 1. Jak widać, niemal wszystkie zdarzenia sejsmiczne (ponad 99% ogólnej liczby) zlokalizowane zostały w dwóch obszarach: Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) i Legnicko-Głogowskiego Zagłębia Miedziowego (LGOM). Pojedyncze wstrząsy zarejestrowano w okolicy odkrywkowej kopalni węgla brunatnego w Bełchatowie. Lokalizacja wstrząsów wskazuje na związek z prowadzoną działalnością górniczą. Są to zjawiska indukowane pozyskiwaniem złóż węgla kamiennego, rud miedzi, węgla brunatnego.



Rysunek 1. Lokalizacja wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych na obszarze Polski w okresie od 01.01.2013 do 31.12.2015 r. *(na podst. danych EMSC).*

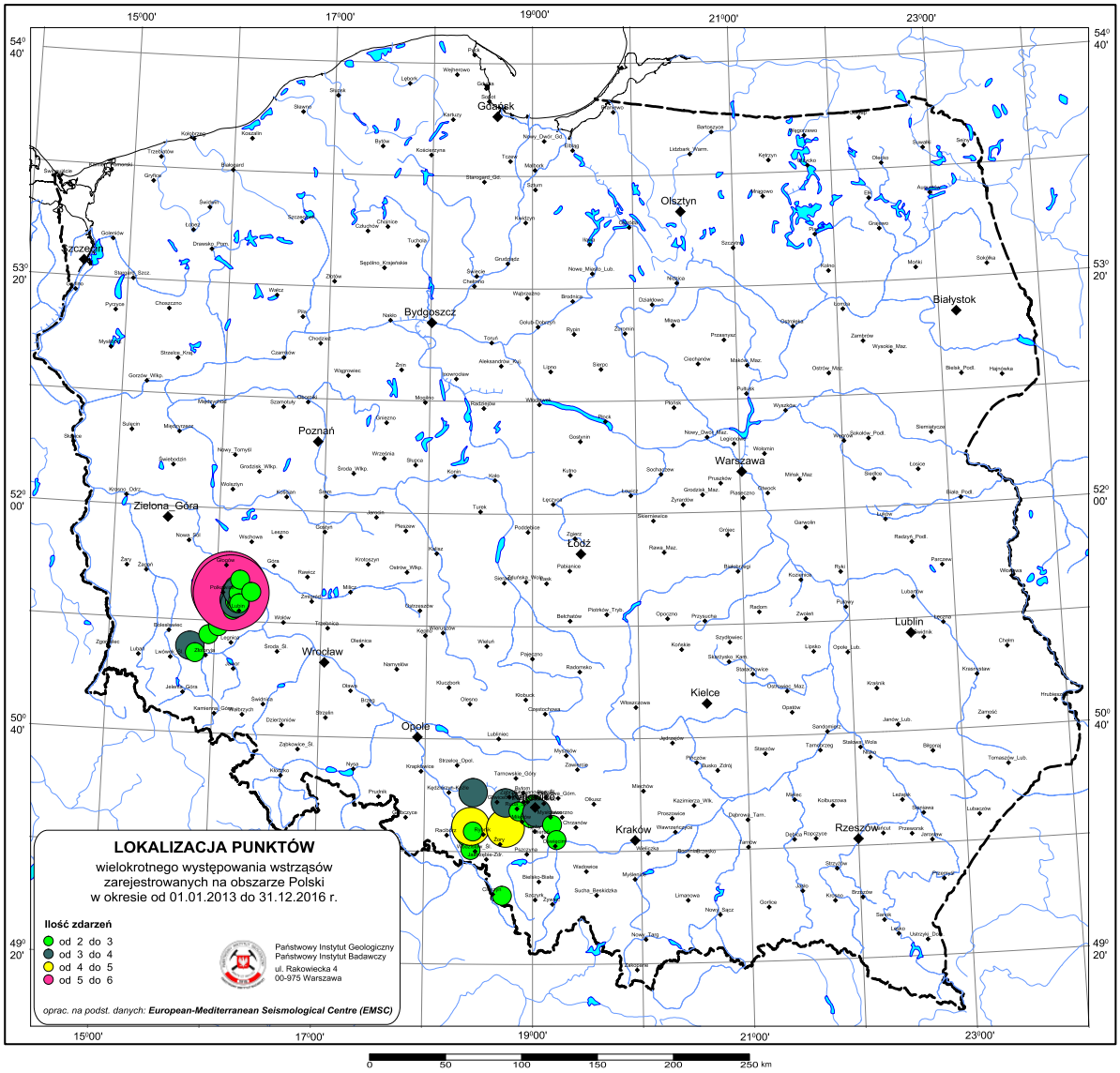
Nie można jednoznacznie stwierdzić, iż na pozostałej części terytorium Polski nie wystąpiły żadne wstrząsy sejsmiczne o magnitudzie powyżej 2. Informacje o zajściu zdarzenia sejsmicznego są katalogowane i wprowadzone do baz danych jedynie wówczas, jeśli zostają zarejestrowane na co najmniej kilku stacjach (minimum 6) i jeśli w oparciu o ich zapisy uda się wyznaczyć ich parametry (m.in. lokalizację hipocentrum, epicentrum, wielkość magnitudy, intensywność, itp.). Jeśli brak jest czytelnego zapisu wstrząsu przez dostateczną liczbę stacji sejsmologicznych, na podstawie których parametry wstrząsu mogłyby być wyznaczone, to wówczas nie można takiego wstrząsu sklasyfikować i skatalogować. Mimo, iż zjawisko zostanie zarejestrowane na zapisie jednej lub większej liczby stacji, w przypadku niemożności określenia parametrów, zostanie pominięte w rejestrach.

Polska Sieć Sejsmologiczna, w trakcie trwania projektu, jest utworzona w oparciu o 7 stacji prowadzących monitoring sejsmologiczny (rysunek 2). Stacje te rozmieszczone są zbyt rzadko, aby można było zarejestrować na kilku z nich lokalne zdarzenia sejsmiczne o niewielkich magnitudach. Rejon Polski południowej, położony w pobliżu pd.-zach. granicy jest rejonem wyjątkowo uprzywilejowanym, jeśli chodzi o ilość czynnych stacji sejsmologicznych. Zawdzięcza to stacjom sejsmicznym czeskiej służby geologicznej, rozmieszczonym wzdłuż granicy z Polską od zachodniej części GZW, aż po zachodnią granicę Polski. W niewielkiej odległości od granicy z Czechami monitoring aktywności sejsmicznej prowadzi 5 stałych stacji Czeskiej Regionalnej Sieci Sejsmologicznej. Monitoring ten, w powiązaniu z rejestracjami PLSN, w istotny sposób podwyższa stopień wykrywalności zjawisk sejsmicznych z południowo-zachodniej części terytorium Polski.



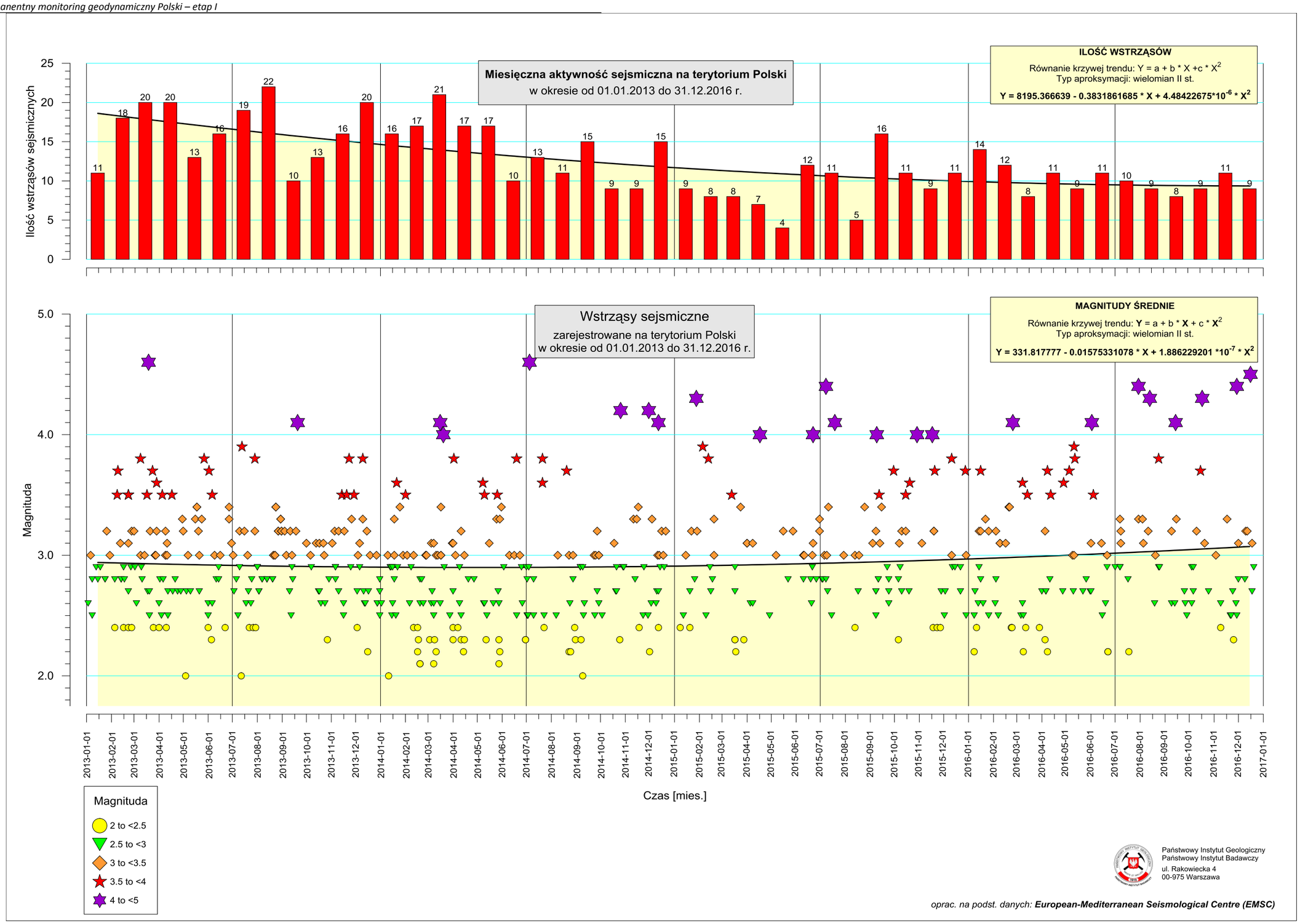
Rysunek 2. Lokalizacja stacji monitoringu sejsmicznego w Polsce wg stanu na dzień 31.12.2016 r. *(z wyłączeniem stacji GRSS i stacji monitoringu sejsmicznego w Lubińsko-Głogowskim Okręgu Miedziowym).*

Na podstawie analizowanych danych EMSC z lat 2013 – 2016 opracowana została mapa lokalizacji rejonów, w których wstrząsy sejsmiczne występowały wielokrotnie. Mapa ta została zaprezentowana na rysunku 3. Rejony, w których wstrząsy występowały wielokrotnie mogą być uznane za rejony o podwyższonej aktywności sejsmicznej.



Rysunek 3. Mapa lokalizacji miejsc wielokrotnego występowania wstrząsów sejsmicznych na obszarze Polski w okresie od 01.01.2013 do 31.12.2016 r. *(na podst. danych EMSC)*

Statystyczny, miesięczny obraz aktywności sejsmicznej w kraju w latach 2013 – 2016, a także dystrybucję wstrząsów w zależności od wielkości amplitudy przedstawiono na wykresach na rysunku 4.



Rysunek 4. Dystrybucja wstrząsów sejsmicznych i aktywność sejsmiczna na obszarze Polski w okresie od 01.01.2013 do 31.12.2016 *(na podst. danych EMSC)*.

Na przedstawionych wykresach naniesione zostały również krzywe trendów określających zmienność w czasie dwóch wielkości: miesięcznej liczby zarejestrowanych wstrząsów oraz średniej miesięcznej magnitudy wstrząsów w kolejnych miesiącach w okresie 2013 – 2016. Trendy aproksymowano wielomianami II st. z wykorzystaniem metody najmniejszych kwadratów.

Na wykresie przedstawiającym zmiany aktywności sejsmicznej, mierzonej liczbą wstrząsów zarejestrowanych w poszczególnych miesiącach w latach 2013 – 2016, można zauważyć, że w analizowanym przedziale czasowym krzywa trendu ma wyraźny charakter spadkowy. W stosunku do roku 2013 niemal dwukrotnie spadła liczba rejestrowanych wstrząsów zarejestrowanych w roku 2016. W odniesieniu do scharakteryzowania aktywności sejsmicznej za pomocą rozkładu średnich, miesięcznych wartości magnitudy, krzywa trendu nie jest tak jednoznaczna w ocenie tendencji. Obserwowana zmienność na krzywej trendu średniej magnitudy wynosi zaledwie 0.2 i ma bardzo subtelny charakter wzrostowy w roku 2016. Jednak mając na uwadze spadek liczby wstrząsów można stwierdzić, że w analizowanym okresie nastąpił statystycznie mierzalny spadek aktywności sejsmicznej.

Dane dotyczące aktywności sejsmicznej w rejonie Górnego Śląska zarejestrowane przez Górnośląską Regionalna Sieć Sejsmologiczną (GRSS) w latach 2013-2016.

Oceny sejsmiczności rejonu GZW za okres od 01.01.2013 do 31.12.2016 r. dokonano na podstawie danych Górnośląskiej Regionalnej Sieci Sejsmologicznej. W tym czasie sejsmometry sieci GRSS zarejestrowały na obszarze GZW 1612 wstrząsów sejsmicznych o magnitudzie lokalnej od 2.0 do 4.6.

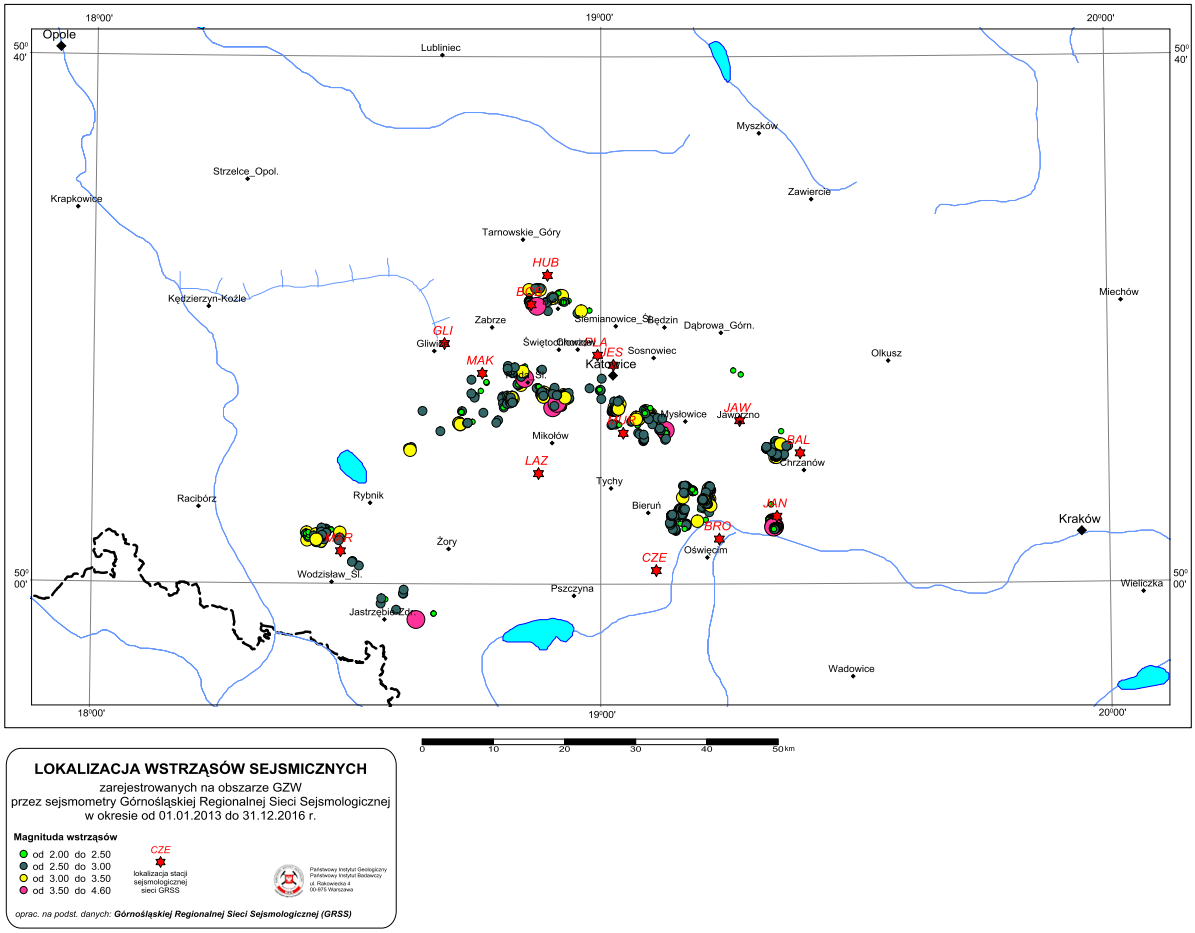
Danych z sieci GRSS nie można w prosty sposób porównywać z danymi EMSC. Dane z monitoringu GRSS nie zasilają bazy danych Europejskiego Śródziemnomorskiego Centrum Sejsmologii, choć niewątpliwie część wstrząsów z rejonu GZW jest rozpoznawalna i rejestrowana przez stacje monitoringu makrosejsmicznego sieci PLSN i Czeskiej Regionalnej Sieci Sejsmologicznej. Inna jest jednak precyzja lokalizacji wstrząsów (o 2 rzędy wyższa), co jest rezultatem zastosowania sejsmometrów o innej charakterystyce częstotliwościowej, a przede wszystkim nieporównywalnie wyższego stopnia zagęszczenia stacji sejsmicznych w sieci GRSS, aniżeli w przypadku stacji prowadzących obserwacje aktywności makrosejsmicznej. Również stosowana dla GRSS skala magnitudy lokalnej jest specyficzna dla sieci GRSS (tzw. skala górnicza) i nie jest równoważna ze skalą stosowaną w EMSC. Sieć GRSS jest siecią zorientowaną na rejestrację zjawisk sejsmicznych z bliskich odległości.

Wykaz wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych na obszarze Górnośląskiego zagłębia Węglowego w latach 2013-2016 przedstawiony został w załączniku 2 do niniejszego raportu.

Statystykę ilościową zarejestrowanych wstrząsów sejsmicznych z uwzględnieniem wielkości magnitudy w ognisku przedstawiono w tabeli 2, zaś lokalizację wszystkich wstrząsów zarejestrowanych w sieci GRSS pokazano na rysunku 5.

Tabela 2. ***Statystyka wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych na obszarze GZW w latach 2013 – 2016*** *(na podstawie danych GRSS)*

Lp.	Wielkość magnitudy	Liczba wstrząsów w latach 2013 - 2016	Procentowa liczebność w latach 2013 - 2016
1.	>= 2.0 - < 2.5	721	44.7%
2.	>= 2.5 - < 3.0	804	44.9%
3.	>= 3.0 - < 3.5	78	4.8%
4.	>= 3.5 - <= 4.6	9	0.6%

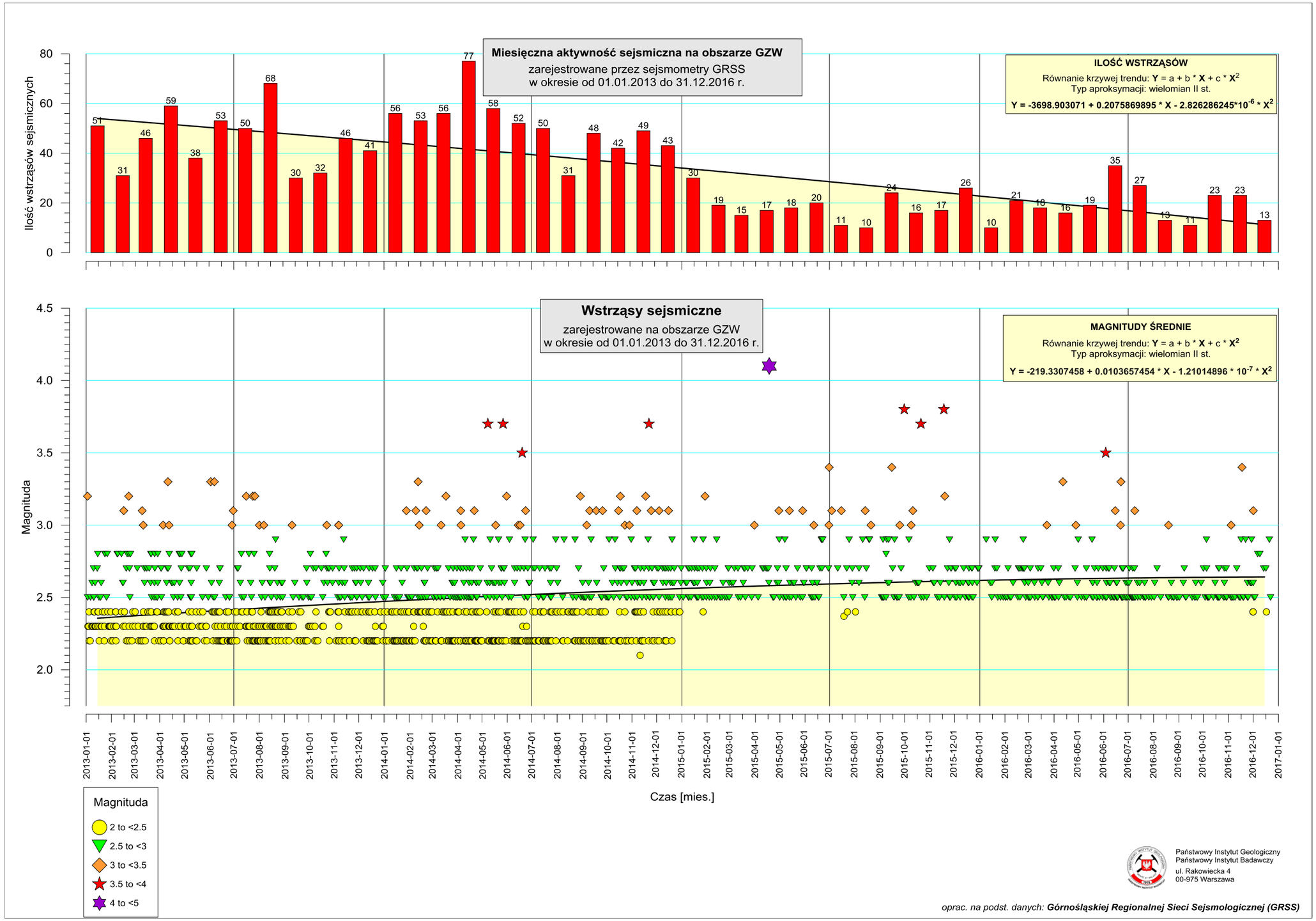


Rysunek 5. Lokalizacja stacji sejsmicznych sieci GRSS oraz wstrząsów zarejestrowanych w okresie od 2013 do 2016 r. *(na podst. danych GRSS).*

Zarejestrowane wstrząsy grupują się w miejscach prowadzonej działalności górniczej oraz wzdłuż linii wyznaczonych lokalizacją lokalnych nieciągłości tektonicznych ośrodka geologicznego.

Z uwagi na dużą liczbę zarejestrowanych wstrząsów lista zdarzeń sejsmicznych, zidentyfikowanych w sieci monitoringu GRSS w okresie 2013 – 2016 została ograniczona do zdarzeń, których wielkość magnitudy była równa lub większa od wartości 3. Chronologiczny wykaz tych wstrząsów wraz z podaniem lokalizacji przedstawiony został w załączniku 2 do niniejszego raportu.

Dla zdarzeń sejsmicznych zarejestrowanych na obszarze GZW przez Górnośląską Regionalną Sieć Sejsmologiczną wykonano identyczna analizę statystyczną jak dla – omawianych wyżej – danych EMSC. Odzwierciedleniem wyników analizy jest statystyczny, miesięczny obraz aktywności sejsmicznej na obszarze GZW w latach 2013 – 2016, a także wykres dystrybucji wstrząsów w zależności od wielkości amplitudy (rysunek 6). Analogicznie, dla obu zaprezentowanych rozkładów obliczone zostały krzywe trendów jakie wystąpiły w latach 2013 – 2016 w rozkładzie analizowanych parametrów ilości i magnitudy wstrząsów charakteryzujących aktywność sejsmiczną.



Rysunek 6. Dystrybucja wstrząsów sejsmicznych i aktywność sejsmiczna na obszarze GZW w okresie od 01.01.2013 do 31.12.2016 *(na podst. danych GRSS).*

Na wykresach przedstawionych na rysunku 6 zaznaczyły się podobne tendencje, jakie ujawniły się w przypadku analizy danych EMSC. Tendencje te są jednak wyraźniejsze. Miesięczna liczba wstrząsów rejestrowanych na obszarze GZW spadła trzykrotnie w roku 2016 w stosunku do poziomu z roku 2013. Podobnie jak na danych EMSC, wzrostowi temu towarzyszył słaby, ale widoczny na wykresie, wzrost aktywności wyrażony wzrostem średnich wielkości magnitudy.

Z przedstawionych rozkładów wynika, że choć aktywność sejsmiczna w okresie od 2013 do 2016 roku w rejonie GZW maleje, to jednak w tym samym czasie, w nieznacznym stopniu wzrasta siła wstrząsów. Obserwowane zjawiska związane są z ograniczaniem działalności górniczej - wygaszaniem eksploatacji węgla w GZW.

Podobne zachowanie trendów w rozkładzie parametrów charakteryzujących aktywność sejsmiczną na obszarze GZW (dane GRSS) oraz na obszarze Polski w przypadku danych z EMSC, jest naturalną konsekwencją faktu, że bazie danych EMSC znaczącą część zarejestrowanych wstrząsów stanowią zdarzenia sejsmiczne, które miały miejsce na obszarze Górnego Śląska.

Dane dotyczące sejsmiczności tektonicznej Polski w latach 2013-2015.

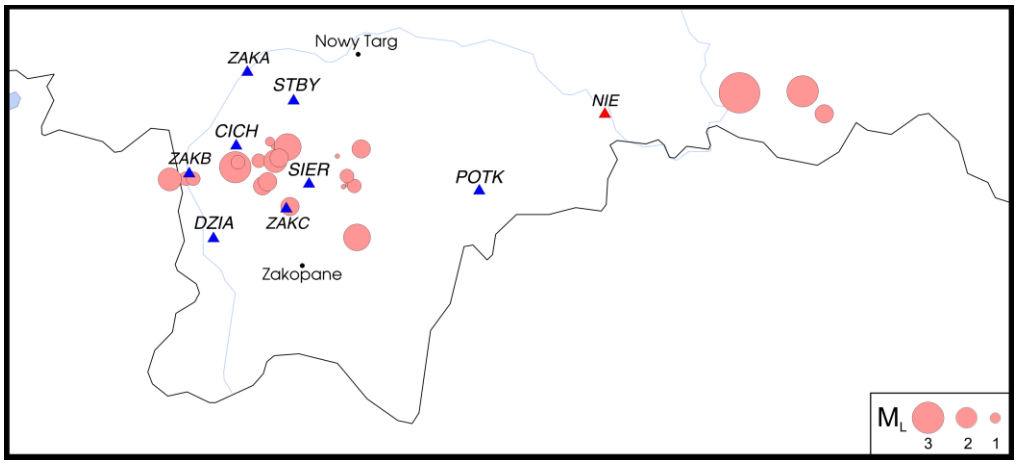
Dane dotyczące sejsmiczności tektonicznej z rejonu Polski dotyczą okresu od 27.08.2013 do 30.11.2015 tj. okresu obowiązywania umowy zawartej pomiędzy Państwowym Instytutem Geologicznym - PIB a Instytutem Geofizyki PAN, na dostarczanie danych sejsmicznych wraz z przedstawieniem raportów i powiadomień o wystąpieniu zjawiska sejsmicznego na terytorium Polski.

Dane pochodzą z 7 permanentnych (stałych) stacji szerokopasmowych Polskiej Sieci Sejsmologicznej (PLSN), utrzymywanej przez Instytut Geofizyki PAN oraz 20 mobilnych stacji sejsmicznych, rozstawianych w ramach projektu PGMP-I.

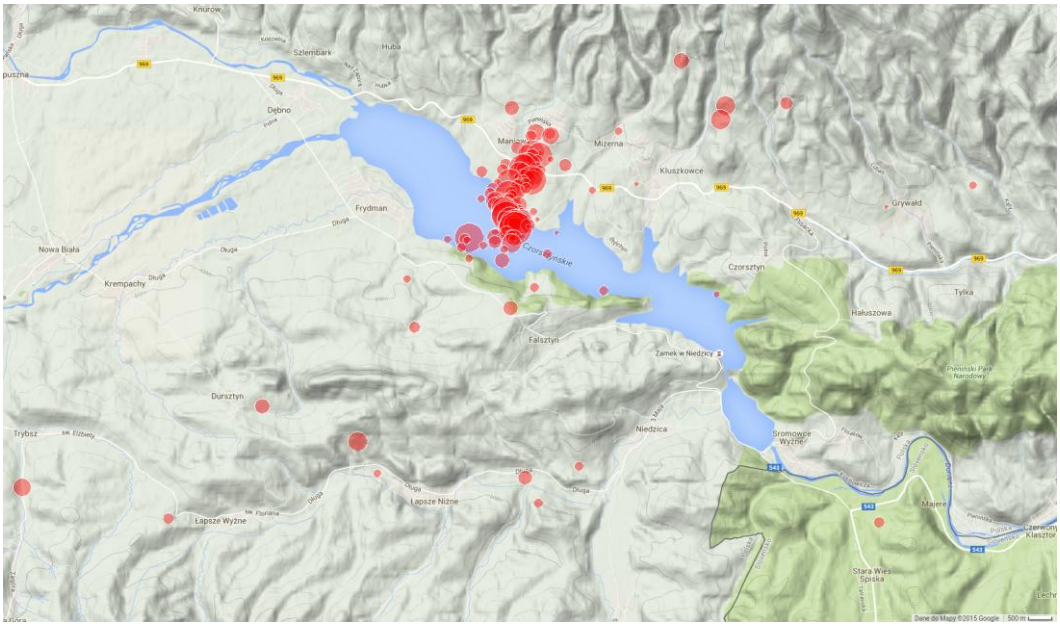
Częstość występowania sejsmicznych zjawisk tektonicznych z rejonu Polski jest o wiele rzadsza w stosunku do zjawisk indukowanych pozyskiwaniem złóż węgla kamiennego, brunatnego i rud miedzi. W ww. okresie zanotowane zjawiska sejsmiczne mające genezę tektoniczną pochodzą z rejonu Podhala i Szczawnicy oraz rejonu Niedzicy.

W rejonie Podhala zanotowano w tym czasie 24 wstrząsy o magnitudzie lokalnej M_L 0,2 do 2.2 w okolicy Szczawnicy 4 zjawiska o magnitudzie M_L od 0.7 do 2.7 (rysunek 7).

Zdecydowanie bardziej aktywny był rejon sztucznego zbiornika wodnego w Czorsztynie (rysunek 8), gdzie zanotowano 128 zjawisk sejsmicznych o magnitudzie M_L nie przekraczającej 2.1.



Rysunek 7. Mapa zarejestrowanych i zlokalizowanych zjawisk sejsmicznych w rejonie Podhala i Szczawnicy.



Rysunek 8. Mapa zarejestrowanych i zlokalizowanych zjawisk sejsmicznych w rejonie Niedzicy.