## DANE DOTYCZĄCE AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ W POLSCE W II PÓŁROCZU 2017

### (1 lipca - 31 grudnia 2017)

### WYCIĄG Z RAPORTU

### ANALIZA DANYCH DOTYCZĄCYCH AKTYWNOŚCI GEODYNAMICZNEJ POLSKI

Raport został opracowany przez zespół wykonawców z Państwowego Instytutu Geologicznego-PIB w ramach projektu pt. Monitoring geodynamiczny Polski – etap II





Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

# Dane dotyczące aktywności sejsmicznej w Polsce w II półroczu 2017 r., tj. w okresie 1 lipca - 31 grudnia 2017

### Dane sejsmiczne

Na obszarze Polski w drugim półroczu 2017 r., tj. w okresie od lipca do grudnia 2017 r. w sieci PSG\_Sejs\_NET zarejestrowano 124 zjawiska sejsmiczne o magnitudzie od M1.4 do M4.7. Listę tych zjawisk przedstawiono w **tab. 1**, stanowiącej **zał. 1** do opracowania, a ich lokalizację na mapie stanowiącej **zał. 2**.

Rozkład liczebności wstrząsów w odniesieniu do wybranych, najbardziej aktywnych sejsmicznie regionów pokazano w **tab. 2**.

Lp.	Region	Liczba wstrząsów	% w okresie 1.0130.06.2017
1	GZW	100	80,6
2	LGOM	4	3,2
3	LZW KWK Bogdanka	0	0
4	KWB Bogdanka	0	0
5	Podhale i Karpaty Zachodnie	1	0,8
6	Karpaty Środkowe i Wschodnie oraz Przedgórze	2	1,6
7	Strefa Skierniewice – Łowicz	0	0
8	Inne rejony - nierozdzielone	17	13,7
	Razem:	124	100

**Tab. 2.** Regionalny rozkład liczebności zdarzeń sejsmicznych zidentyfikowanych w systemie automatycznego alertowania sieci PSG\_Sejs\_NET w okresie od 1 lipca do 31 grudnia 2017 r.

Najwięcej zjawisk (100 wstrząsów sejsmicznych) zlokalizowanych było rejonie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, co stanowi 80,6% wszystkich zarejestrowanych wstrząsów. Były to wstrząsy o charakterze wstrząsów indukowanych, tj. spowodowanych bezpośrednio naruszeniem statyki górotworu w wyniku podziemnej eksploatacji górniczej (wstrząsy górnicze). Mogły to być również zjawiska o charakterze mieszanym – wstrząsy górniczo-tektoniczne. Lokalizację epicentrów wstrząsów z rejonu GZW pokazano na **rys. 1**.



**Rys. 1.** Lokalizacja epicentrów wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych w systemie automatycznego alertowania sieci PSG\_Sejs\_NET w okresie od 1 lipca do 31 grudnia 2017 w rejonie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

W drugim półroczu 2017 roku w lokalizacji odpowiadającej tzw. strefie Skierniewice – Łowicz (strefa S-Ł – *Raport półroczny za okres od stycznia do czerwca 2017 r.*) system automatycznego alertowania sieci PSG\_Sejs\_NET nie wygenerował ani jednego alertu mogącego świadczyć o jakiejkolwiek aktywności sejsmicznej tego obszaru, mimo iż w pierwszym półroczu 2017 r. zarejestrowano w tej lokalizacji aż 7 zjawisk sejsmicznych o magnitudach powyżej progu odczuwalności, tj. od 2.9 do 3.6.

4 zjawiska sejsmiczne zarejestrowano w rejonie Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM), jedno zjawisko w rejonie Podhala i Karpat Zachodnich oraz 2 w rejonie Karpat Środkowych i Wschodnich wraz z Przedgórzem.

2 wstrząsy, które wydarzyły się w rejonie LGOM w grudniu, w dniach 07.12.2017 r. (o magnitudzie M4.7) oraz 26.12.2017 r. (M4.6) należały do najsilniejszych, jakie zostały zaobserwowane w ciągu całego roku na obszarze Polski. Były to wstrząsy o charakterze zjawisk indukowanych, wywołanych prowadzoną podziemną eksploracją górniczą.

Z wyłączeniem wyżej wspomnianych regionów kraju, 17 zjawisk zostało zidentyfikowanych na pozostałej części terytorium Polski. Lokalizacja epicentrów tych wstrząsów jest chaotyczna. Mając na uwadze bardzo krótki okres funkcjonowania sieci monitoringu aktywności sejsmicznej prowadzonego przez państwową służbę geologiczną i niewielki zasób danych obserwacyjnych, trudno jest w sposób jednoznaczny wypowiadać się na temat natury tych zdarzeń.

Statystyczny rozkład detekcji zjawisk przedstawiony został w **tab. 3** oraz na wykresie na **rys. 2** i **rys. 3**. Większość (75.8%) zidentyfikowanych zjawisk stanowiły zjawiska sejsmiczne poniżej progu odczuwalności M2.5. W przypadku 24.2% zjawisk wielkości magnitud były wyższe.

**Tab. 3.** Liczba zdarzeń sejsmicznych wykrytych w okresie od 1 lipca do 31 grudnia 2017 r. w systemie automatycznego alertowania sieci PSG\_Sejs\_NET w poszczególnych przedziałach wielkości magnitudy.

Mag	nituda	Liczba zdarzeń	%
od	do		
1.0	2.5	84	67.7
2.5	3.0	26	21.0
3.0	3.5	7	5.6
3.5	4.0	4	3.2
M>	<b>∍=4.0</b>	3	2.4
	Razem:	124	100.0
	M<=2.5	94	75.8
w tym:	M>2.5	30	24.2



**Rys. 2.** Liczba zjawisk sejsmicznych wykrytych w kolejnych miesiącach w sieci PSG\_Sejs\_NET przez system automatycznego alertowania w okresie od 1 lipca do 31 grudnia 2017 r.

Liczba zdarzeń sejsmicznych wykrytych w sieci PSG\_Sejs\_NET w kolejnych miesiącach drugiego półrocza 2017 r. spadła w stosunku do pierwszego półrocza 2017 r. Największy spadek liczby zidentyfikowanych zjawisk sejsmicznych nastąpił w grudniu 2017 r. Nie oznacza to jednak obiektywnego spadku aktywności sejsmicznej na obszarze Polski. Liczba zdarzeń zarejestrowanych w systemie zależna jest także od liczby czynnych stacji monitoringu sejsmicznego, co przekłada się na efektywność detekcji wstrząsów. W drugim półroczu 2017 r. na skutek braku czynnej umowy z Instytutem Geofizyki PAN zabezpieczającej funkcjonowanie w sieci PSG\_Sejs\_NET stacji sejsmicznych stanowiących własność IGF PAN, część z wcześniej działających stacji mobilnych została wyłączona. W grudniu 2017 r. z sieci wyłączonych zostało 10 stacji mobilnych Instytutu Geofizyki.



**Rys. 3.** Rozkład częstości magnitud wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych w systemie automatycznego alertowania sieci PSG\_Sejs\_NET w okresie od 1 lipca do 31 grudnia 2017 r.

Rozkład częstości (**rys. 3**) wstrząsów zarejestrowanych w sieci PSG\_Sejs\_NET w okresie od 1 lipca do 31 grudnia 2017 r. w odniesieniu do wielkości wyznaczonej magnitudy, graficznie ilustruje statystykę wstrząsów zawartą w **tab. 3**. Obwiednia słupków wykresu zbliżona jest kształtem do kształtu krzywej rozkładu normalnego prawdopodobieństwa, charakterystycznego w statystyce zdarzeń losowych. Wykres ten jest analogiczny do wykresu przedstawionego w *Raporcie półrocznym za okres od stycznia do czerwca 2017 r.* Bazując na danych zarejestrowanych w okresie rocznego, rutynowego monitoringu sejsmicznego w sieci PSG\_Sejs\_NET spodziewać się można analogicznych rezultatów także w kolejnych równych i dłuższych odcinkach czasowych. Najliczniej obserwowane i rejestrowane będą nieodczuwalne zdarzenia sejsmiczne, których magnitudy będą miały wielkość mniejszą, ale bliską wielkości magnitudy wyznaczającej próg odczuwalności.

### Dane magnetyczne

Na początku drugiego półrocza 2017 r. zakończono testy konfiguracji układów zasilających. W magnetometrach bazowych wymieniono płyty główne na płyty EnviMag Pro wyposażone w powiększony pięciokrotnie moduł pamięciowy. Zainstalowano oraz uruchomiono w trybie rutynowych obserwacji stacje magnetyczne w Hołownie w dniu 13.09.2017 r. oraz w Dziwiu w dniu 19.10.2017.

### Dane geodezyjne

Monitoring geodezyjny od grudnia 2016 r. do grudnia 2017 r. prowadzony był na stałych stacjach monitoringu geodynamicznego w Dziwiu i w Hołownie. Obejmował obserwacje zmian pozycji i wysokości punktów/stanowisk pomiarowych (słupów pomiarowych), które specjalnie do tego celu zostały zamontowane na obu stacjach.

Na mocy Porozumienia o współpracy z 11.05.2016 r. pomiędzy Głównym Geodetą Kraju i Państwowym Instytutem Geologicznym – Państwowym Instytutem Badawczym wyposażenie sprzętowe (anteny, odbiorniki, systemy zasilania zainstalowanego sprzętu oraz oprogramowanie) zostały dostarczone i zainstalowane przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii. Uruchomioną aparaturę włączono do geodezyjnego systemu obserwacyjnego i teleinformatycznego ASG-EUPOS zarządzanego przez GUGiK.

Urządzenia GNSS (Global Navigation Satellite Systems) zainstalowane na stacjach w Dziwiu i w Hołownie umożliwiają sprawdzanie działania serwisów czasu rzeczywistego systemu ASG-EUPOS oraz mogą służyć za precyzyjny wzorzec sygnałów czasu dla urządzeń geofizycznych zainstalowanych na stacjach.

Monitorowanie jakości sygnałów satelitarnych odbywa się w centrum zarządzającym systemu ASG-EUPOS za pomocą modułu RTK Engine oprogramowania Trimble Pivot Platform, które na podstawie danych obserwacyjnych ze stacji oraz strumienia danych korekcyjnych VRS wylicza w czasie rzeczywistym pozycję i porównuje ją ze współrzędnymi referencyjnymi. Monitorowane są dwa najbardziej popularne strumienie danych korekcyjnych czasu rzeczywistego: NAWGEO\_VRS\_3\_1 (dane z systemu GPS) oraz RTN\_VRS\_3\_1 (dane z systemów GPS i GLONASS). Wyniki monitorowania gromadzone są na serwerze systemu ASG-EUPOS i przedstawiane na bieżąco na stronie systemu (po wcześniejszym zalogowaniu): <u>http://system.asgeupos.pl/MemberPages/PositionScatterPlot.aspx</u>.

W systemie obserwacyjnym ASG-EUPOS stacje w Hołownie i Dziwiu otrzymały oznaczenia kodowe: **HOLO** (Hołowno) i **DZWE** (Dziwie).

Wyniki obserwacji geodezyjnych ze stacji GPS zainstalowanych w Dziwiu i w Hołownie podlegały przetwarzaniu w Centrum Przetwarzania Danych Projektu ASG-EUPOS w GUGiK.

W **tabeli 4** podano współrzędne referencyjne punktów obserwacji geodezyjnych na stacjach w Hołownie i Dziwiu w odniesieniu do elipsoidy referencyjnej WGS84. Współrzędne określone zostały na podstawie precyzyjnych pomiarów GPS wykonanych przez państwową służbę geodezyjną.

**Tab. 4.** Współrzędne geodezyjne punktów/stanowisk monitoringu geodezyjnego na stacjach w Dziwiu i w Hołownie.

Lp	Stacja	Szer. geogr. (WGS84)	Dł. geogr. (WGS84)	Wysokość elips. (WGS84)
1	HOLO	51 39 05.41283 N	23 11 47.70975 E	187.860
2	DZWE	52 19 21.41835 N	18 55 25.33150 E	162.034

W **tabeli 5** przedstawiono średnie miesięczne zmiany położenia punktu obserwacyjnego GPS obserwowane na stacji w Hołownie w okresie od 01.12.2016 do 30.11.2017 r.

Stacja HOLO (Hołowno)				
Okres	Składowa północna (N) dN [m]	Składowa wschodnia (E) dE [m]	Wysokość dH [m]	
2016.12	-0.006	-0.002	0.018	
2017.01	-0.007	-0.002	0.019	
2017.02	-0.007	-0.001	0.018	
2017.03	-0.007	-0.001	0.018	
2017.04	-0.008	-0.002	0.017	
2017.05	-0.007	-0.002	0.018	
2017.06	-0.006	-0.001	0.012	
2017.07	-0.007	-0.002	0.017	
2017.08	-0.006	0.000	0.016	
2017.09	-0.006	-0.001	0.017	
2017.10	-0.007	-0.001	0.018	
2017.11	-0.006	0.001	0.015	

**Tab. 5.** Średnie miesięczne zmiany położenia (odchyłki) współrzędnych punktu obserwacji geodezyjnych obserwowane na stacji w Hołownie w okresie od 01.12.2016 do 30.11.2017 r.

Graficzną ilustrację średnich, miesięcznych zmian odchyłek składowych położenia punktu obserwacyjnego GPS w Hołownie w systemie ASG-EUPOS pokazano na wykresie poniżej (**rys. 4**).



**Rys. 4.** Średnie, miesięczne różnice składowych współrzędnych referencyjnych dla stacji HOLO w okresie od 01.12.2016 do 30.11.2017 r.

Na **rysunku 5** pokazano na wykresach ilustrację wariacji (zmian) odchyłek składowych dN, dE i dH dla stacji HOLO w okresie od 01.12.2016 do 30.11.2017 r.





Analogicznie jak w przypadku stacji w Hołownie w **tabeli 6** przedstawiono średnie miesięczne zmiany położenia punktu obserwacyjnego GPS obserwowane na stacji w Dziwiu (**DZWE**) w okresie od 1.01.2017 do 30.11.2017 r.

Stacja DZWE (Dziwe)				
Okres	Składowa północna (N) dN [m]	Składowa wschodnia (E) dE [m]	Wysokość dH [m]	
2017.01	-0.012	-0.008	0.014	
2017.02	-0.011	-0.007	0.013	
2017.03	-0.011	-0.005	0.012	
2017.04	-0.009	-0.003	0.015	
2017.05	-0.011	-0.003	0.018	
2017.06	-0.011	-0.001	0.015	
2017.07	-0.010	0.001	0.011	
2017.08	-0.011	-0.001	0.012	
2017.09	-0.011	0.001	0.010	
2017.10	-0.011	-0.002	0.008	
2017.11	-0.011	-0.002	0.012	

**Tab. 6.** Średnie miesięczne zmiany położenia (odchyłki) współrzędnych punktu obserwacjigeodezyjnych obserwowane na stacji w Dziwiu w okresie od 01.01.2017 do 30.11.2017 r.

Graficzną ilustrację średnich, miesięcznych zmian odchyłek składowych położenia punktu obserwacyjnego GPS w Dziwiu w systemie ASG-EUPOS pokazano na wykresie poniżej (**rys. 6**).



**Rys. 6.** Średnie, miesięczne różnice składowych współrzędnych referencyjnych dla stacji DZWE w okresie od 1.01.2017 do 30.11.2017 r.

Na **rysunku 7** pokazano na wykresach ilustrację wariacji (zmian) odchyłek składowych dN, dE i dH dla stacji DZWE w okresie od 1.01.2017 do 30.11.2017 r.



**Rys. 7.** Wykresy wariacji wartości odchyłek składowych dN, dE, dH obserwowane w punkcie monitoringu geodezyjnego na stacji DZWE w okresie od 1.01.2017 do 30.11.2017 r.

Wykresy wariacji odchyłek składowych dN, dE, dH obserwowane w okresie pierwszego roku monitoringu geodezyjnego na obu stacjach wskazują na stosunkowo silne fluktuacje ich wartości w czasie. Może to oznaczać, że w przypadku słupów pomiarowych z punktami obserwacji geodezyjnych na każdej ze stacji nie zakończył się okres samoczynnego zagęszczenia gruntu naruszonego w trakcie budowy stacji i oba słupy znajdują się jeszcze w trakcie "sezonowania" po zakończeniu prac budowlanych (HOLO – budowa zakończona 30.09.2016 r., DZWE – budowa zakończona 31.12.2015 r.). Czas stabilizacji gruntu jest zależny od warunków lokalnych. Decydujące znaczenie dla tempa stabilizacji gruntu ma budowa geologiczna, warunki geotechniczne oraz pogoda.

### Dane grawimetryczne

Stałe stacje monitoringu geodynamicznego w Dziwiu i w Hołownie zostały zaprojektowane do pomiarów i obserwacji różnych parametrów odnoszących się do pól wielkości fizycznych. Laboratoria pomiarowe na stacjach stałych PSG znakomicie nadają się do monitoringu zmian przyspieszenia ziemskiego pola grawitacyjnego zarówno pod kątem wyposażenia w stabilne stanowiska (słupy) pomiarowe oraz infrastrukturę techniczną, jak również z uwagi na dostępność do innych danych między innymi z monitoringu hydrogeologicznego, niezbędnych do redukcji danych pomiarowych z precyzyjnych pomiarów grawimetrycznych.

W listopadzie 2017 r. przeprowadzone zostały na obu stacjach pierwsze, testowe pomiary absolutne przyśpieszenia pola siły ciężkości, dobowe pomiary zmian przyspieszenia pola grawitacyjnego towarzyszące pływom skorupy ziemskiej wywołanymi oddziaływaniem grawitacyjnym słońca i księżyca, a także pomiary gradientu pionowego siły ciężkości. Prace wykonano przy współpracy ze naukowcami z Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej z wykorzystaniem aparatur badawczych stanowiących własność PW.



Wyniki przedstawiono na rys. 8 (dla stacji Dziwie) i rys. 9 (dla stacji Hołowno).

**Rys. 8.** Rezultaty serii absolutnych pomiarów przyspieszenia siły ciężkości wykonanych na stacji monitoringu geodynamicznego PSG w Dziwiu w 2017 roku.



**Rys. 9.** Rezultaty serii absolutnych pomiarów przyspieszenia siły ciężkości wykonanych na stacji monitoringu geodynamicznego PSG w Hołownie w roku 2017.

Absolutne wartości przyspieszenia siły ciężkości pomierzone w punktach pomiarowych na podstawie wyników sesji pomiarowych wykonanych w 2017 r. przedstawiono w **tabeli 7.** 

**Tab. 7.** Wyniki wyznaczenia wartości przyspieszenia na stałych stanowiskach sieci monitoringu geodynamicznego PSG w Dziwiu i w Hołownie.

Nazwa punktu	Data	Wysokość redukcji wartości przyspieszenia [cm]	Wartość przyspieszenia siły ciężkości g [µGal]	Całkowita niepewność wyznaczenia wartości g [µGal]
Dziwie	21.11.2017	125.00	981 216 712.40	1.23
Hołowno	28.11.2017	125.00	981 150 799.93	2.38