

**poltegor – instytut**  
INSTYTUT GÓRNICTWA ODKRYWKOWEGO



"Poltegor-Instytut"

ul. Parkowa 25, 51-616 Wrocław

<http://www.igo.wroc.pl>

e-mail: [poltegor@igo.wroc.pl](mailto:poltegor@igo.wroc.pl)

fax. (+48 71) 3484 320

tel. (+48 71) 3488 200

**Zamawiający:**

**Kopalnia Granitu Kamienna Góra Sp. z o.o.**

Micigózd, ul. Częstochowska 6, 26-065 Piekoszów

**Tytuł:**

**BADANIA POZIOMU DRGAŃ  
PARASEJSMICZNYCH GENEROWANYCH  
ROBOTAMI STRZAŁOWYMI  
W KOPALNI „KAMIENNA GÓRA”**

**Autorzy:**

mgr inż. Maria Brych

mgr inż. Kamil Rogosz

mgr inż. Sławomir Patla

**Kierownik Pracowni:**

p. o. KIEROWNIKA PRACOWNI  
Technologii Wydobycia  
i Przeróbki Surowców Skalnych

  
mgr inż. Maria Brych

**Rzecznawca WUG:**

**RZECZOWNAWCA**  
ds. ruchu zakładu górniczego  
w zakresie grupy XII - roboty strzałowe  
  
mgr inż. Szymon Modrzejewski

**Numer zlecenia:**

**229527/N**

**Numer ewidencyjny:**

**/IGO**

Wrocław, listopad 2021 r.

SĄD REJONOWY DLA WROCŁAWIA - FABRYCZNEJ WE WROCŁAWIU

Numer KRS: 0000096934

PREZES ZARZĄDU

Regon: 006333984

NIP: 8960005532

za zgodność z oryginałem  
Strona 1 - 21

Mariusz Hochel

## Spis treści

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW .....	3
SPIS RYSUNKÓW .....	3
SPIS TABEL.....	3
<b>1. WSTĘP.....</b>	<b>4</b>
1.1. OKREŚLENIE TEMATU .....	4
1.2. PODSTAWA FORMALNA OPRACOWANIA .....	4
1.3. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA .....	4
1.4. MATERIAŁY WYJŚCIOWE .....	4
1.5. METODA.....	5
<b>2. WARUNKI EMISJI DRGAŃ SEJSMICZNYCH.....</b>	<b>5</b>
2.1. WARUNKI GEOLOGICZNO-TEKTONICZNE.....	5
2.1. TECHNOLOGIA EKSPLOATACJI ZŁOŻA I PARAMETRY URABIANIA .....	6
<b>1. REJESTRACJA DRGAŃ.....</b>	<b>8</b>
1.1. POMIAR DRGAŃ .....	8
1.2. WYNIKI POMIARÓW .....	9
<b>2. SPRAWDZENIE POZIOMU DRGAŃ SEJSMICZNYCH W OBIEKTACH .....</b>	<b>10</b>
2.1. KRYTERIA SZKODLIWOŚCI DRGAŃ NA OBIEKTY BUDOWLANE WG NORM .....	10
2.2. OCENA WPLYWU DRGAŃ NA OBIEKTY BUDOWLANE W ODNIESIENIU DO NORMY PN-B-02170:2016 ...	11
2.3. OCENA WPLYWU DRGAŃ NA OBIEKTY BUDOWLANE W ODNIESIENIU DO NORMY DIN 4150 .....	19
<b>3. WNIOSKI .....</b>	<b>21</b>

### Spis załączników

Lp.	Tytuł lub nazwa załącznika	nr załącznika	Uwagi
1	Dokumentacja fotograficzna z miejsca strzelania	229527/N -01	
2	Wydruki z aparatury pomiarowej	229527/N -02	

### Spis rysunków

Rys. 1 Lokalizacja odstrzałów oraz punktów pomiarowych.....	8
Rys. 1 Wyniki pomiarów w pasmach 1/3 oktaowych na skali SWD I , Kamienna Góra 3 .....	13
Rys. 1 Wyniki pomiarów w pasmach 1/3 oktaowych na skali SWD I , Kamienna Góra 12 .....	15
Rys. 1. Wyniki pomiarów w pasmach 1/3 oktaowych na skali SWD I, Kamienna Góra 16 .....	16
Rys. 1 Wyniki pomiarów w pasmach 1/3 oktaowych na skali SWD I , Kamienna Góra 7 .....	17
Rys. 1 Wielkość drgań w odniesieniu do DIN 4150 .....	20

### Spis tabel

Tabela 1 Parametry robót strzałowych w trakcie pomiarów .....	7
Tabela 2 Wyniki pomiarów badawczych .....	9
Tabela 3 Częstotliwość dominująca fali, Kamienna Góra nr 3.....	18

## **1. WSTĘP**

### **1.1. Określenie tematu**

Tematem opracowania są badania poziomu drgań parasejsmicznych generowanych robotami strzałowymi w Kopalni Granitu "Kamienna Góra".

### **1.2. Podstawa formalna opracowania**

Podstawą formalną opracowania jest zlecenie dla "Poltegor-Institut" we Wrocławiu od firmy Kopalnia Granitu Kamienna Góra Sp. z o.o. z dnia 18.08.2021 r.. Praca została wykonana w oparciu o uprawnienia rzeczoznawcy ds. ruchu zakładu górniczego w grupie XII – roboty strzałowe, nadane decyzją Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego GG.911.39.2018, L.dz. 37343/11/2018/ST z dnia 30.11.2018 r. Podstawę prawną stanowi Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 9.11.2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących przechowywania i używania środków strzałowych i sprzętu strzałowego w ruchu zakładu górniczego (Dz.U. 2017, poz. 321).

### **1.3. Cel i zakres opracowania**

Celem pracy są badania poziomu drgań parasejsmicznych generowanych robotami strzałowymi w Kopalni Granitu „Kamienna Góra” przy urabianiu złoża metodą długich i krótkich otworów pionowych w aktualnych warunkach geologiczno-górnich oraz ocena ich wpływu na przyległe obiekty.

Praca zawiera:

- wyniki pomiarów i ocenę prędkości drgań sejsmicznych z przeprowadzonych badań terenowych w przyległych do kopalni obiektach budowlanych mieszkalno-gospodarczych,
- wytyczne do dalszego monitorowania emitowanych drgań.

Opracowanie wykonano zgodnie z obowiązującymi normatywami w zakresie odporności obiektów budowlanych na drgania przekazywane przez podłoże gruntowe i ochrony obiektów przed skutkami strzelania oraz w oparciu o obowiązujące przepisy bezpiecznego stosowania materiałów wybuchowych.

### **1.4. Materiały wyjściowe**

1. Polska Norma PN-B-02170:2016-12 „Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki”.
2. DIN 4150-3:2016-12 “Erschütterungen im Bauwesen” Teil 3: “Einwirkungen auf bauliche”.

3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 kwietnia 2013 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu odkrywkowego zakładu górniczego (Dz.U. 2013 poz. 1008).
4. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 9 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących przechowywania i używania środków strzałowych i sprzętu strzałowego w ruchu zakładu górniczego (Dz.U. 2017, poz. 321).
5. Analiza poziomu drgań generowanych robotami strzałowymi w Kopalni Kamienna Góra w dniu 2021-09-10, lokalizacja Kamienna Góra 6, Gagat, Olkusz 2021-09-21.

### **1.5. Metoda**

W celu sprawdzenia poziomu drgań parasejsmicznych pochodzących od robót strzałowych prowadzonych w Kopalni Granitu „Kamienna Góra”, oddziałujących na przyległe zabudowania mieszkalne, czujniki umiejscowiono w obiektach najbliższych w stosunku do prowadzonej eksploatacji, tj. w zabudowaniach miejscowości Kamienna Góra nr 3, 7, 12, 16. Aparatura pomiarowa została umieszczona zgodnie ze wskazaniem normy PN-B-02170:2016, od strony źródła drgań, w sztywnym węźle konstrukcji (na zbiegu ścian nośnych), na poziomie otaczającego terenu. Oceny wpływu drgań dokonano dla składowych poziomych przy analizie częstotliwości w pasmach 1/3 oktaowych. Ocenę wpływu drgań przeprowadzono również w oparciu o niemiecką normę DIN 4150, która, oprócz składowych poziomych  $v_x$ ,  $v_y$ , odnosi się również do składowej pionowej  $v_z$ , a kryteria szkodliwości rozpatrywane są w odniesieniu do wielkości drgań bezpośrednio zarejestrowanych na aparaturze pomiarowej. Norma ta uwzględnia specyfikę rozpatrywanych w niniejszym opracowaniu obiektów chronionych i jest powszechnie stosowana w wielu krajach unijnych.

## **2. WARUNKI EMISJI DRGAŃ SEJSMICZNYCH**

### **2.1. Warunki geologiczno-tektoniczne**

W Kopalni Granitu „Kamienna Góra” eksploatacji podlegają granity drobno i średnioziarniste w zachodniej części złoża oraz granity poprzecinane żyłami gnejsowymi w części południowej. Występujące w złożu gnejsowe formy żyłowe są różnej grubości i układu przestrzennego, o krzyżujących się płaszczyznach nieciągłości, powodujących tworzenie się nieregularnych bloków różnej wielkości. Złoże jest budowy ławowej a ławy skalne o zróżnicowanej miąższości i upadzie poziomym lub nachylnym do  $60^\circ$ , poprzecinane są licznymi spękaniami pionowymi i ukośnymi pochodzenia wtórnego.

W złożu występują dwa systemy uskoków o generalnym kierunku SW-NE do E-W oraz o kierunku NW-SE. Uskoki te krzyżują się w południowo-zachodniej części wyrobiska, w strefie kontaktu granitu z gnejssem.

Jakość kopaliny w złożu jest zmienna – w sąsiedztwie uskoków i w strefach nadkładowych granit ulegał przyspieszonym procesom denudacyjnym, stąd jego niższe parametry wytrzymałościowe oraz liczne nieregularne spękania, nie należące do głównych płaszczyzn podziału.

Występujące w złożu naturalne i wtórne płaszczyzny podzielności, żyłowe wtrącenia gnejsowe, strefy uskokowe oraz spękania spowodowane procesami erozyjnymi stanowią barierę w propagacji sejsmicznej. Pustki międzypokładowe wypełnione zazwyczaj materiałem drobnziarnistym o zróżnicowanych właściwościach fizyko-mechanicznych, strefy kontaktowe pomiędzy warstwami, a także zmiana właściwości przewodnictwa sejsmicznego pomiędzy poszczególnymi utworami geologicznymi stanowią barierę dla rozprzestrzeniania się drgań.

### **2.1. Technologia eksploatacji złoża i parametry urabiania**

W Kopalni Granitu „Kamienna Góra” urabianie kopaliny prowadzone jest w wyrobisku stokowo-wgłębnym. Urabianie kopaliny prowadzone jest metodą długich i krótkich otworów pionowych. Ładunki udarowe sporządza się z nabojowanych MW lub pobudzaczy wybuchowych i uzbraja w zapalnik nonelektryczny lub elektroniczny.

W trakcie badań przeprowadzonych w dniach 10 i 28.09.2021 r. roboty strzałowe prowadzone były na poziomie 3, 5 i 6, na ścianach wschodnich. Odstrzały realizowano metodą długich i krótkich (odstrzał IV) otworów strzałowych pionowych, ładunkiem ciągłym lub dzielonym. Odstrzały prowadzone były otworami o średnicy  $\phi$  89 - 95 mm, o długości do około 12 m. Jako MW zasadniczy zastosowano Hydromite 70. Ładunki udarowe stanowił uzbrojony w zapalnik pobudzaczy typu APB, umieszczony w otworze długim: w dolnej i górnej części ładunku ciągłego lub w dolnej części ładunku dzielonego oraz w dolnej części kolumny ładunku MW w otworze krótkim, zgodnie z dokumentacją strzałową.

Opóźnienia pomiędzy inicjacją poszczególnych ładunków  $Q_z$  realizowane były poprzez zastosowanie powierzchniowych zapalników nonelektrycznych o stopniach opóźnienia czasowego  $\Delta t = 9, 25, 42$  ms, zgodnie ze schematami inicjacji zawartymi w dokumentacji strzałowej. W celu ochrony przyległej zabudowy przed wpływem emitowanych drgań wprowadzono Strefy o ograniczonej wielkości odpalanych ładunków MW.

Parametry strzelania oraz użyte materiały były reprezentatywne w stosunku do prowadzonej eksploatacji. Uśrednione wielkości zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1 Parametry robót strzałowych w trakcie pomiarów

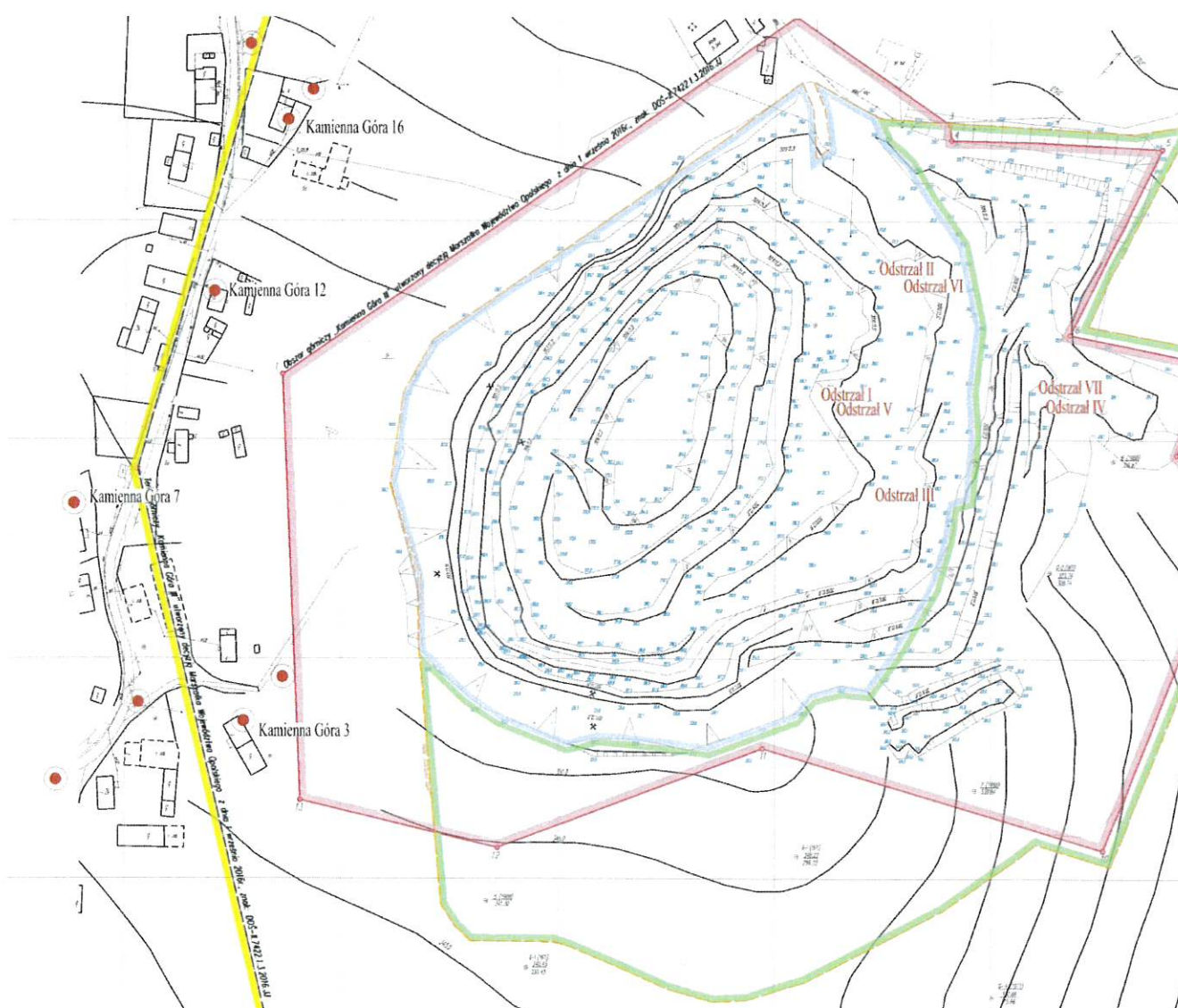
Lp.	Parametr	Oznaczenie	Jednostka	10.09.2021	10.09.2021	10.09.2021	10.09.2021	10.09.2021	28.09.2021	28.09.2021	28.09.2021
				12 48	12 51	12 55	13 02	14 32	14 36	14 42	
1	Wysokość ściany	H	m	I	II	III	IV	V	VI	VII	
2	Maksymalna długość otworów	L	m	11	12	12	6	10	12	10.5	
3	Przewiert	p	m	0	0	0	0	0.3	0	0.5	
4	Długość przybitki	lp	m	3.2	3.2	3.2	3	3.2	3.2	3.2	
5	Długość przybitki pośredniej	lpp	m	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.7	0	
6	Zabior	z	m	3.4	3.7	3.5	3	3	3	3	
7	Odległość między otworami	a	m	3.5	4	4	3	3.6	3.6	3.8	
8	Odległość między szeregami	b	m	3.3	3.7	3.5	3	3.2	3.2	3.3	
9	Liczba odpalanych otworów	n	szt.	13	9	10	33	11	9	21	
10	Liczba szeregów	i	szt.	2	2	2	2	2	2	3	
11	Średnica otworów	φ	mm	95	95	95	0	89	89	89	
12	Kąt pochylenia otworów	α	st	80	80	80	0	83	85	80	
13	Średni ładunek w otworze	Qo	kg	51.2	70.7	66.5	20.0	46.3	54.9	52.6	
14	Maksymalny ładunek na opóźnienie	Qz	kg	17.1	23.6	22.2	20	15	18	53	
15	Ładunek całkowity	Qc	kg	665.1	636.3	665	659.7	509.7	494.3	1104.8	
16	Poziom	-	-	6	6	6	3	6	5	3	
17	Strefa	-	-	7	7	7	9	7	7	9	
18	Opóźnienie rzeczywiste pomiędzy ładunkami Qz	t	ms	9	9	9	8-42	9	9	8-42	
19	MW zasadniczy	-	-	HM70	HM70	HM70	HM70	HM70	HM70	HM70	



### 3. REJESTRACJA DRGAŃ

#### 3.1. Pomiar drgań

W celu rejestracji drgań emitowanych podczas robót strzałowych prowadzonych w dniach 10 i 28.09.2021 r., czujniki umiejscowiono w zabudowaniach miejscowości Kamienna Góra nr 3, 7, 12, 16, położonych w kierunku zachodnim od wyrobiska górniczego. W budynku mieszkalnym Kamienna Góra nr 6 osoby przeprowadzające badania nie otrzymały zezwolenia właściciela obiektu na umieszczenie czujnika w obrębie posesji. Dodatkowo czujniki posadowione były w gruncie na profilu o kierunku kopalnia – zabudowania położone na północny-wschód oraz południowy-wschód. Miejsca pomiarów przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Lokalizacja odstrzałów oraz punktów pomiarowych

Ogółem w trakcie przeprowadzonych badań dokonano rejestracji: amplitudy przemieszczenia, prędkości, przyspieszenia i częstotliwości drgań w 9 punktach pomiarowych.



### 3.2. Wyniki pomiarów

Dane wyjściowe do obliczeń zestawiono w tabeli 2. Wydruki z pomiarów w załączeniu.

Tabela 2 Wyniki pomiarów badawczych

Lp.	Miejsce pomiaru	Nr strzelania	Odległość punktów pomiarowych d	Prędkość drgań			Częstotliwość drgań		
				Vz	Vx	Vy	fz	fx	fy
		-	m	mm/s			Hz		
1	profil	I	275	-	2.25	2.25	-	32.2	36.9
2	profil	I	305	-	-	1.225	-	-	29.1
3	Kamienna Góra 3	I	305	1.555	2.093	3.003	26.9	24.9	45.6
4	Kamienna Góra 12	I	280	1.376	1.220	1.421	28.6	34	51.1
5	Kamienna Góra 16	I	280	0.739	0.500	0.983	29	16.9	29
6	profil	II	275	-	1.995	2.450	-	26.8	28.1
7	profil	II	305	-	-	2.650	-	-	29.7
8	Kamienna Góra 3	II	355	1.37	1.522	2.412	23.1	21.7	26.3
9	Kamienna Góra 12	II	305	1.563	1.126	1.281	34.9	39.4	46.7
10	Kamienna Góra 16	II	280	1.501	0.886	1.474	23	14.2	24.3
11	profil	III	320	-	1.025	2.125	-	29.4	32.6
12	profil	III	355	-	-	1.280	-	-	31.1
13	Kamienna Góra 3	III	310	1.416	1.712	3.594	22	23.7	56.8
14	Kamienna Góra 12	III	320	1.283	0.754	0.909	30.4	35.6	74.5
15	Kamienna Góra 16	III	325	0.6	0.636	0.889	24.3	26.6	25.2
16	profil	IV	370	-	0.725	1.030	-	29	33.2
17	profil	IV	400	-	-	0.640	-	-	17.5
18	Kamienna Góra 3	IV	400	1.068	1.475	2.057	20.9	17.8	18.2
19	Kamienna Góra 12	IV	390	0.537	0.469	0.443	26.6	19.2	22.9
20	Kamienna Góra 16	IV	380	0.554	0.477	0.608	17.5	12.3	17.8
21	profil	V	280	-	1.535	2.500	-	67	74.2
22	profil	V	390	-	1.865	1.140	-	27.8	17.7
23	profil	V	480	-	0.895	0.865	-	34.8	30.1
24	Kamienna Góra 3	V	300	1.463	1.403	3.050	36	26.2	67.2
25	Kamienna Góra 12	V	280	1.003	0.100	1.002	36.7	34	43
26	Kamienna Góra 16	V	275	0.51	1.26	1.21	-	-	-
27	Kamienna Góra 7	V	340	0.646	0.136	0.608	23.7	24.9	32.2
28	profil	VI	335	-	1.445	1.930	-	37.6	63.8
29	profil	VI	450	-	1.335	1.890	-	23.7	21.7
30	profil	VI	540	-	0.815	0.575	-	18.8	20.9
31	Kamienna Góra 3	VI	360	1.23	1.475	1.584	20.3	22.7	23.7
32	Kamienna Góra 12	VI	315	1.096	0.845	0.815	24.6	26.2	23.3
33	Kamienna Góra 16	VI	290	1.27	1.21	1.30	-	-	-

Lp.	Miejsce pomiaru	Nr strzelania	Odległość punktów pomiarowych d	Prędkość drgań			Częstotliwość drgań		
				Vz	Vx	Vy	fz	fx	fy
		-	m	mm/s			Hz		
34	Kamienna Góra 7	VI	390	0.669	0.091	0.889	22.2	16.1	16.9
35	profil	VII	370	-	1.030	1.550	-	25.1	22.2
36	profil	VII	485	-	1.845	1.685	-	23.1	16.8
37	profil	VII	575	-	0.855	0.515	-	16.5	19.9
38	Kamienna Góra 3	VII	395	1.463	1.522	2.293	18	19.9	21.8
39	Kamienna Góra 12	VII	380	0.723	0.657	0.629	24	22.7	28.1
40	Kamienna Góra 16	VII	365	0.49	0.56	0.63	-	-	-
41	Kamienna Góra 7	VII	440	0.97	0.204	0.608	21.3	18.5	15.1

#### 4. SPRAWDZENIE POZIOMU DRGAŃ SEJSMICZNYCH W OBIEKTACH

##### 4.1. Kryteria szkodliwości drgań na obiekty budowlane wg norm

W Polsce do oceny wpływów dynamicznych na budynki stosowana jest norma PN-B-02170:2016, która podaje sposób oceny wpływów sejsmicznych według skal SWD.

Skale SWD służą do oceny wpływu wymuszeń parasejsmicznych podłoża na budynki i dotyczą obiektów murowanych (z elementów przeznaczonych do ręcznego układania). Skala SWD I odnosi się do budynków o kształcie zwartym, o małych wymiarach zewnętrznych rzutu poziomego (nie przekraczających 15 m), jedno lub dwukondygnacyjnych i o wysokości nie przekraczającej żadnego z wymiarów rzutu poziomego. Skala SWD II odnosi się do budynków nie wyższych niż pięć kondygnacji, których wysokość jest mniejsza od podwójnej najmniejszej szerokości budynku, oraz do budynków niskich (do dwóch kondygnacji), lecz nie spełniających warunków podanych dla skali SWD I.

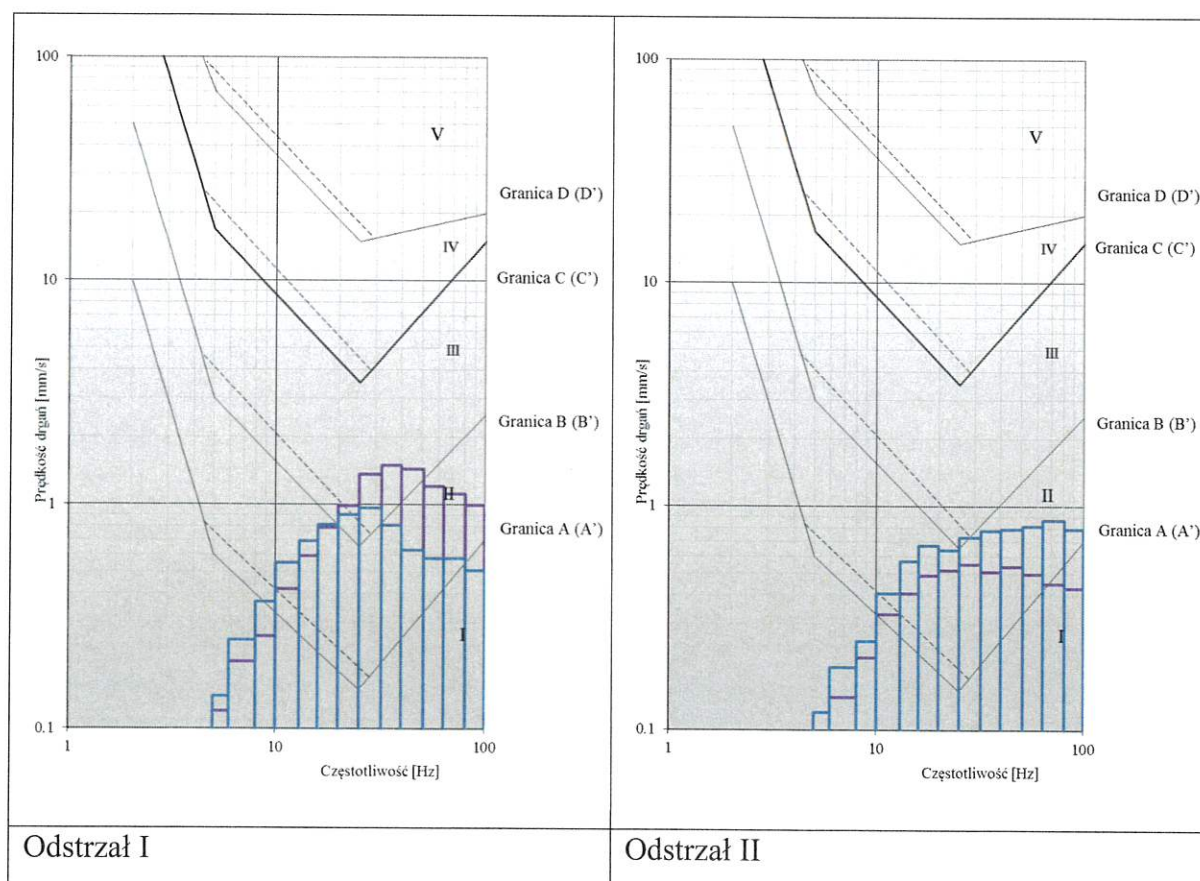
Dla dokładnego określenia szkodliwości drgań w skalach tych wydzielono pięć stref naniesionych w prostokątnym logarytmicznym układzie współrzędnych, którego oś pionowa to prędkość lub przyspieszenie drgań w pasmach 1/3 oktaawowych a pozioma to częstotliwość środkowych pasm 1/3 oktaawowych. Strefy zostały wyznaczone z obliczeń dla przeciętnych, w warunkach polskich, obiektów budowlanych poddanych działaniu odpowiednich drgań. Granice stref (linie ciągłe A, B, C, D) podano również w wariancie stosowanym dla budynków o nieuszkodzonej konstrukcji i starannie wykonanych (granice A', B', C', D', oznaczone linią przerywaną).

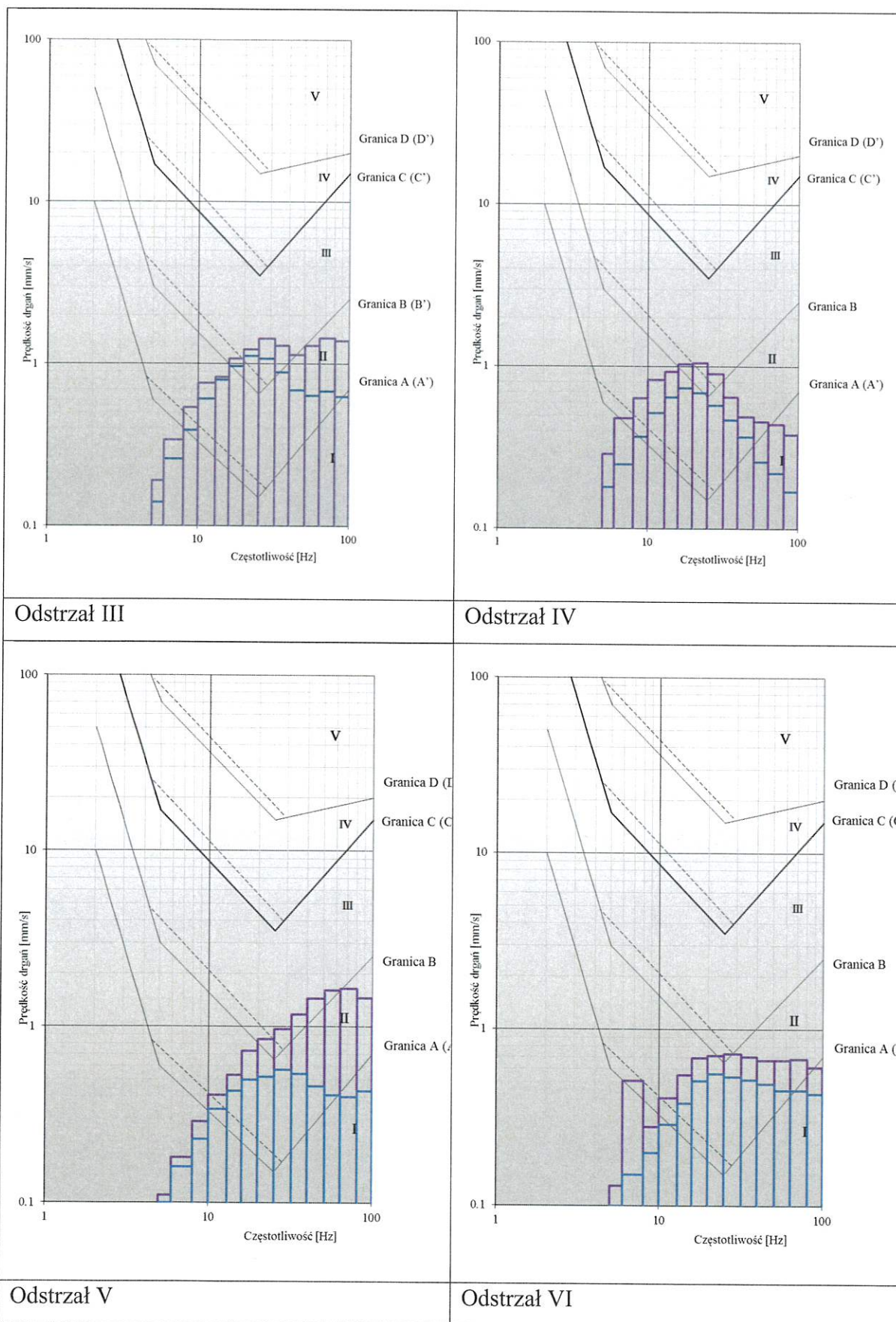
Założenia normy PN-B-02170:2016 można odnieść do niemieckiej normy DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen. Skala DIN również uwzględnia zmianę prędkości dopuszczalnej w zależności od częstotliwości drgań,

przy czym ocenie podlegają składowa pionowa i składowe poziome z bezpośredniego odczytu z aparatury pomiarowej. Graniczna, bezpieczna prędkość oddziaływujących drgań dla zabudowań mieszkalnych określona przez ww. normę jest równa 5 mm/s dla częstotliwości poniżej 10 Hz, 5 do 15 mm/s dla częstotliwości w przedziale 10 - 50 Hz oraz 15 do 20 mm/s dla częstotliwości w przedziale 50-100 Hz. Dla zabudowań o podwyższonej wrażliwości na drgania (np. obiekty zabytkowe lub uszkodzone) graniczna prędkość drgań jest równa 3 mm/s dla częstotliwości poniżej 10 Hz, 3 do 8 mm/s dla częstotliwości w przedziale 10 - 50 Hz oraz 8 do 10 mm/s dla częstotliwości w przedziale 50-100 Hz. Dla zabudowań przemysłowych graniczna bezpieczna prędkość drgań jest równa 20 mm/s dla częstotliwości poniżej 10 Hz, 20 do 40 mm/s dla częstotliwości w przedziale 10 - 50 Hz oraz 40 do 50 mm/s dla częstotliwości w przedziale 50-100 Hz.

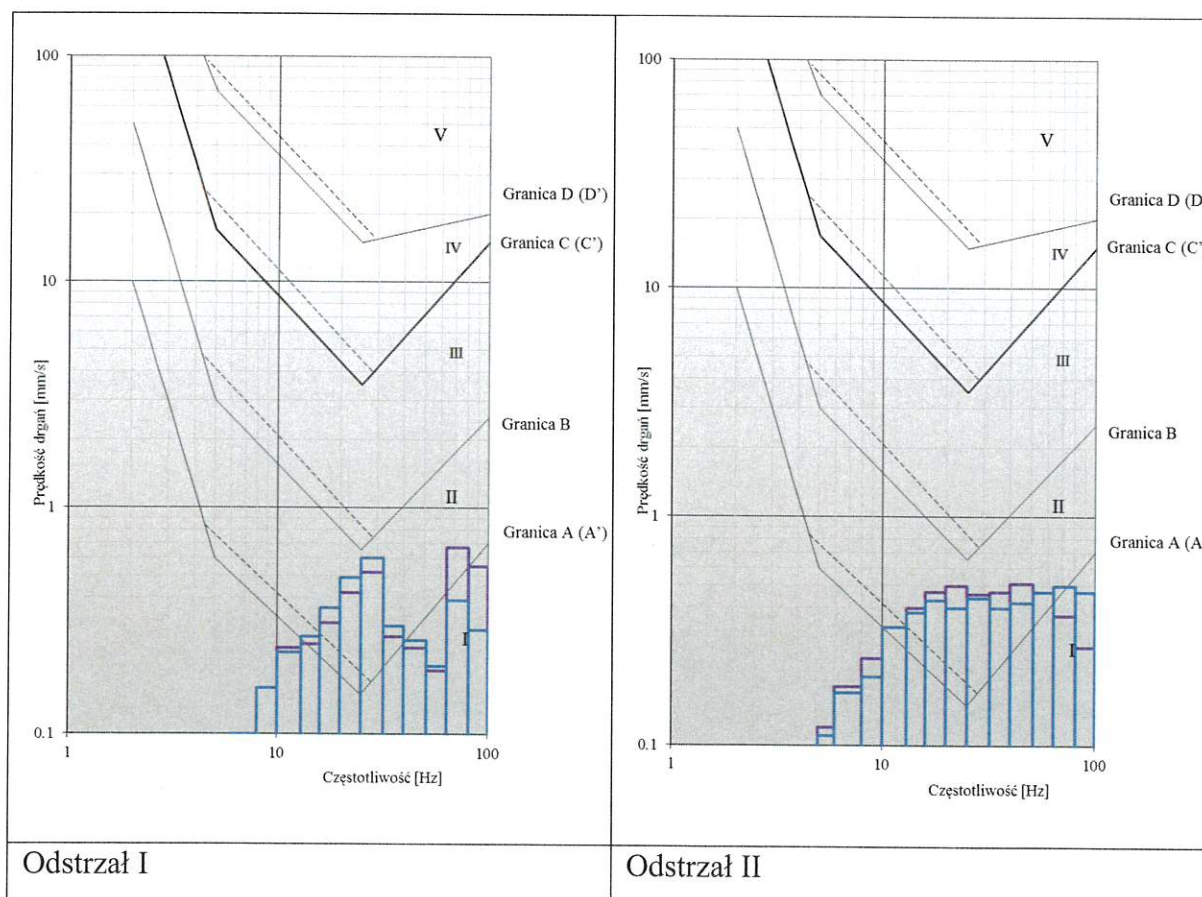
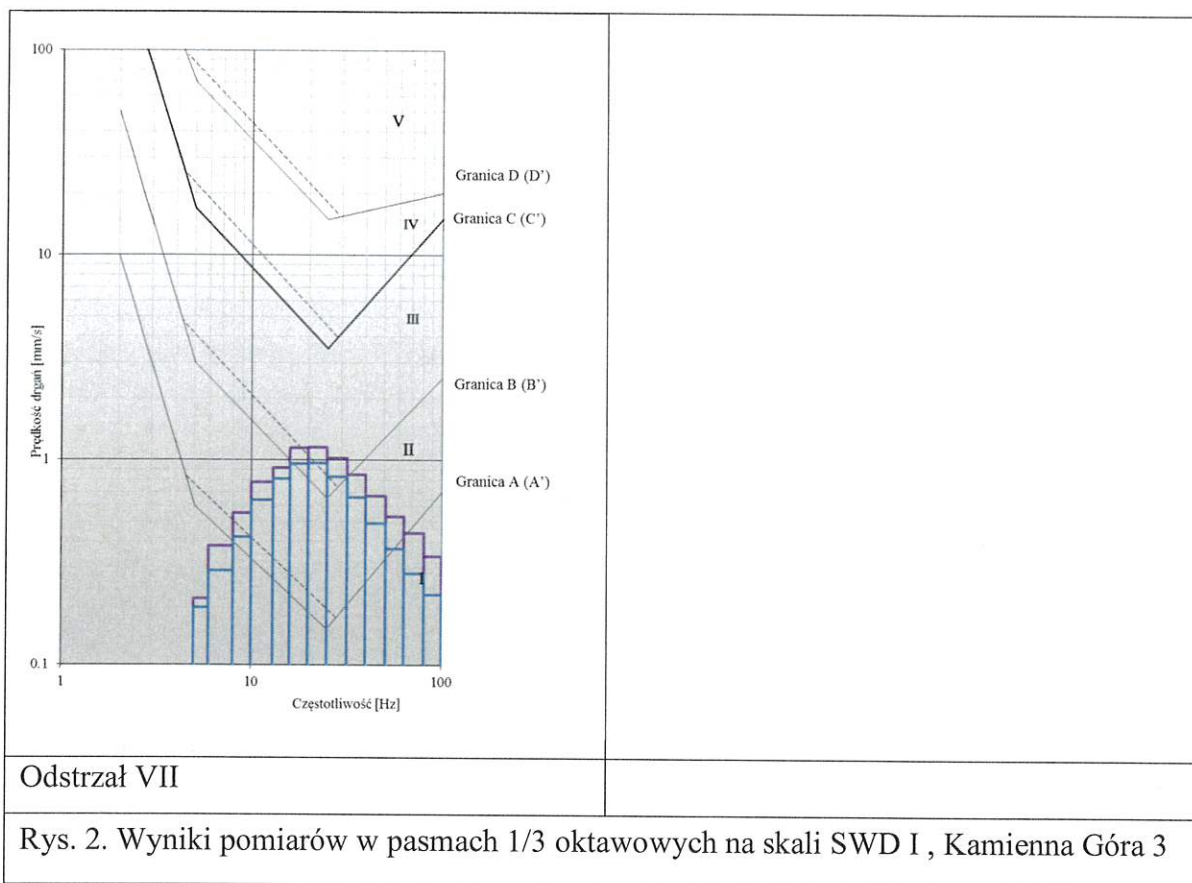
#### 4.2. Ocena wpływu drgań na obiekty budowlane w odniesieniu do normy PN-B-02170:2016

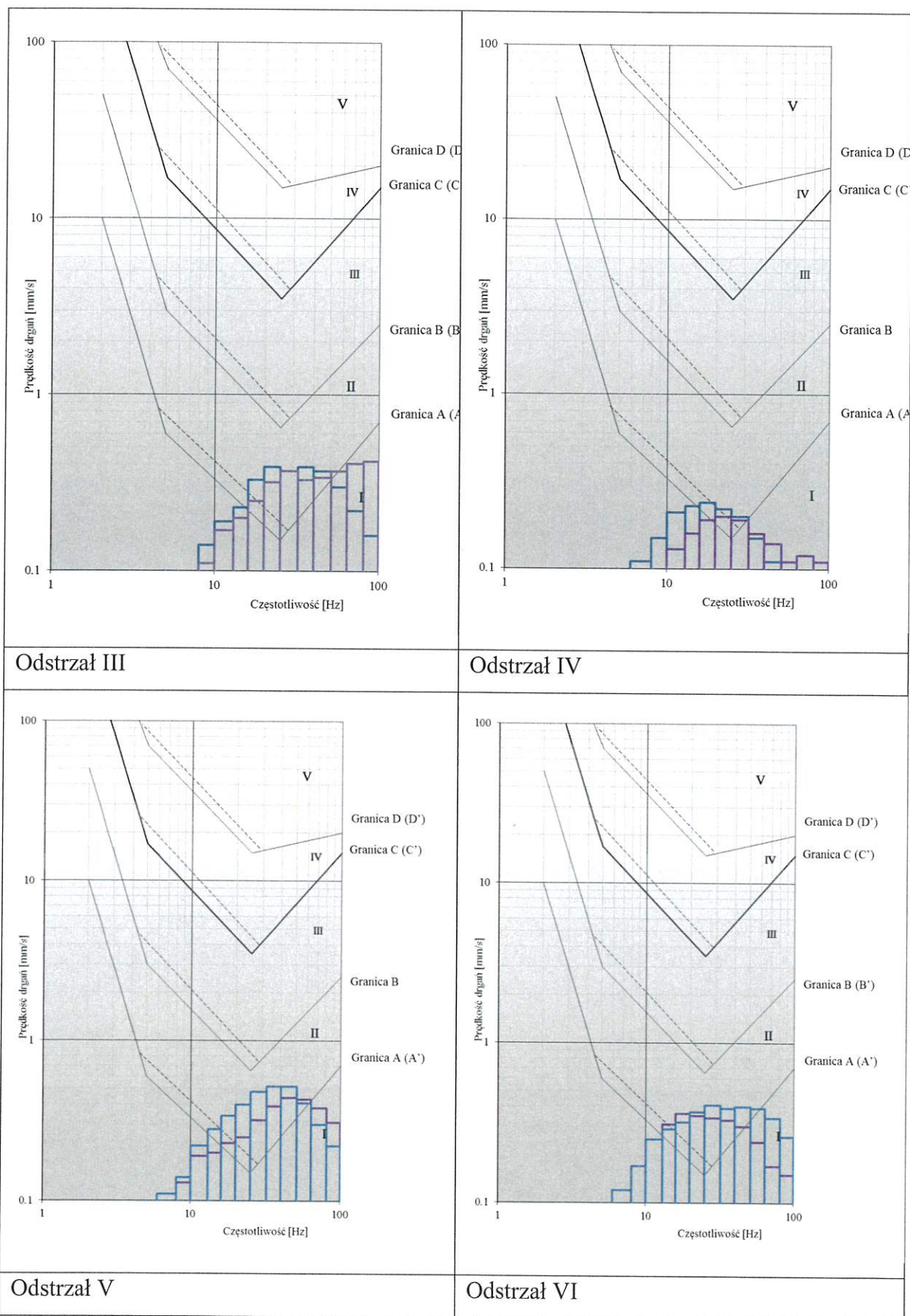
Oceny wpływu drgań w odniesieniu do normy PN-B-02170:2016 dla budynku mieszkalnego Kamienna Góra 3, 7, 12, 16 dokonano dla składowych poziomych przy analizie częstotliwości w pasmach 1/3 oktaowych.

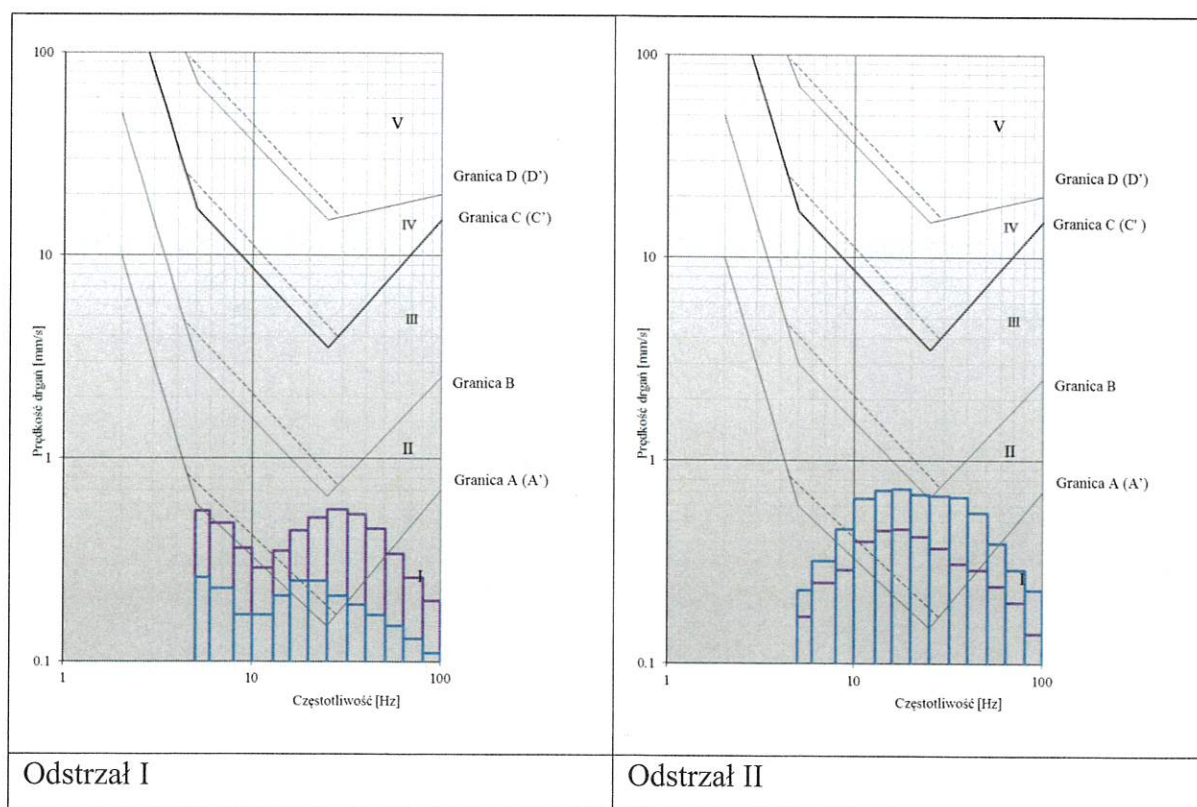
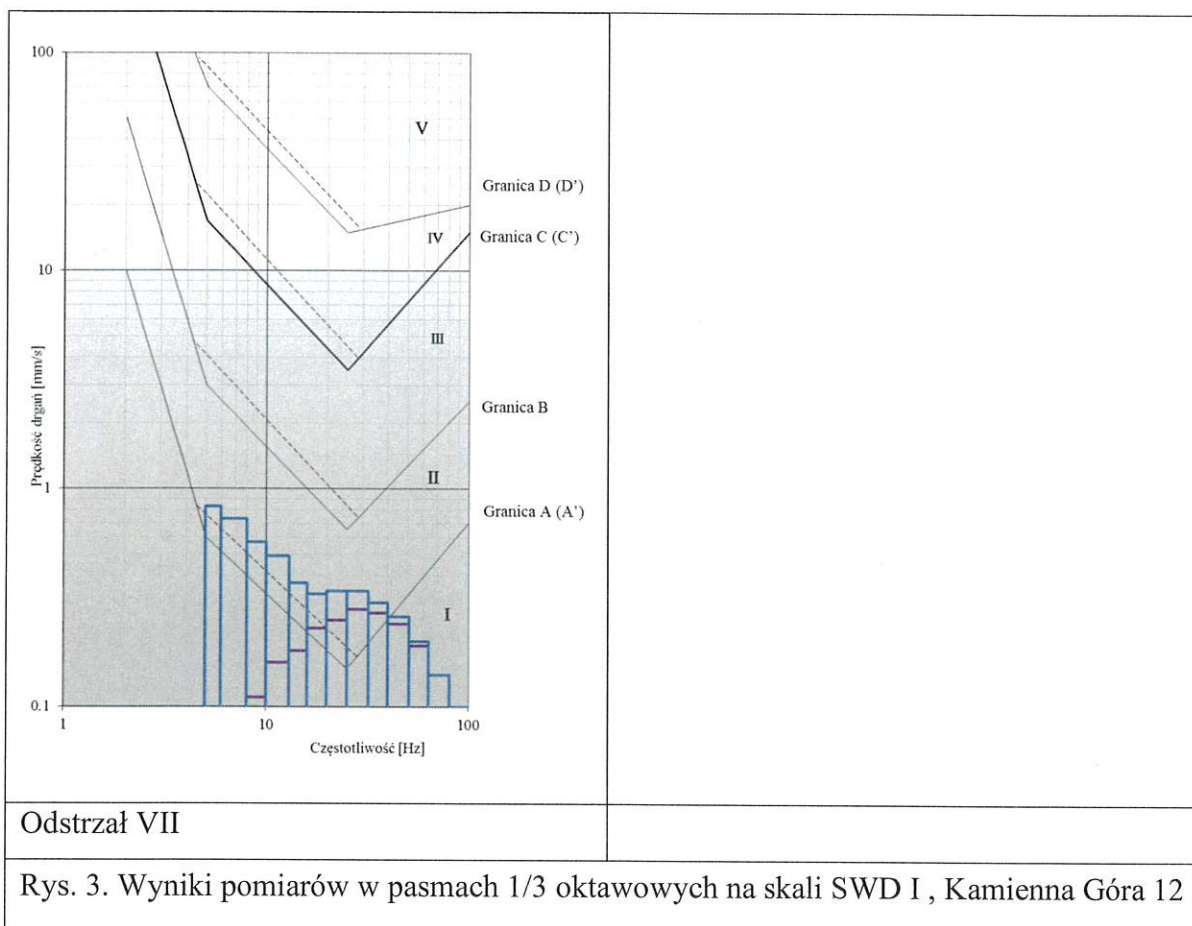




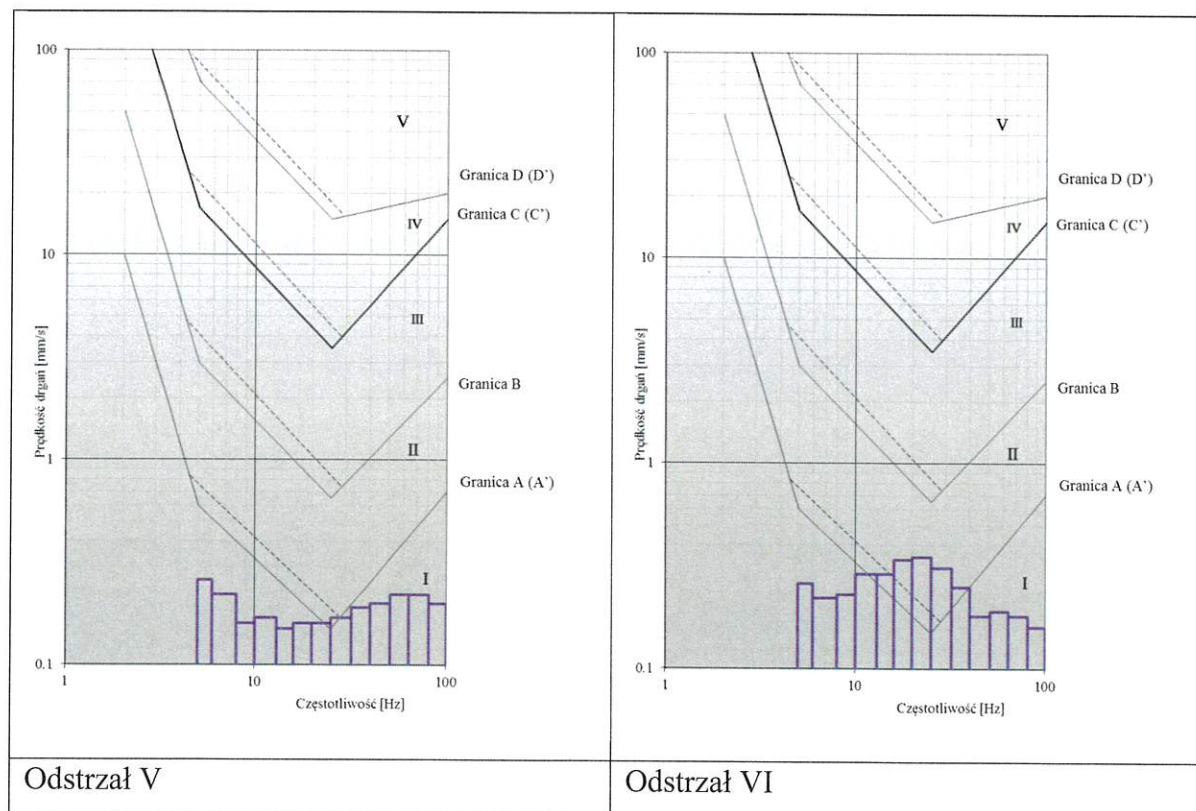
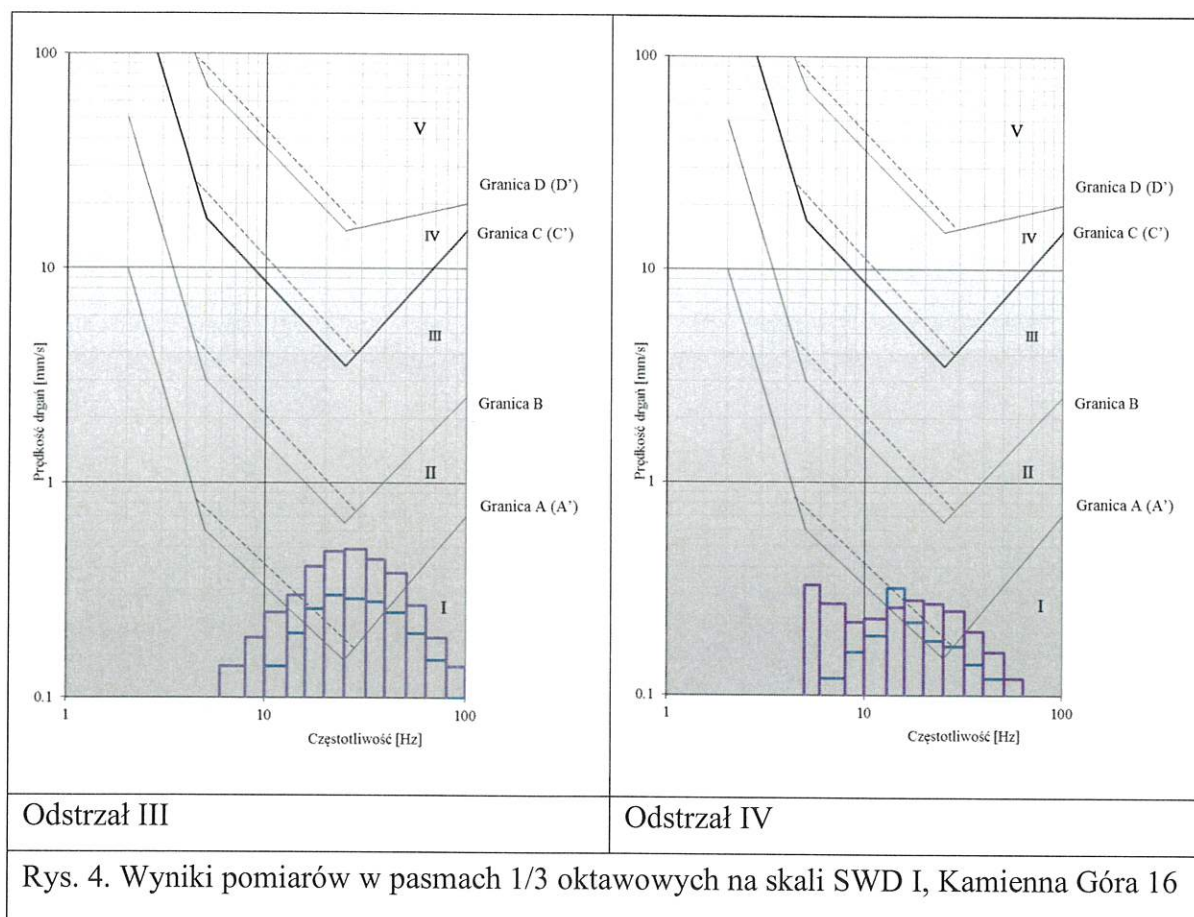


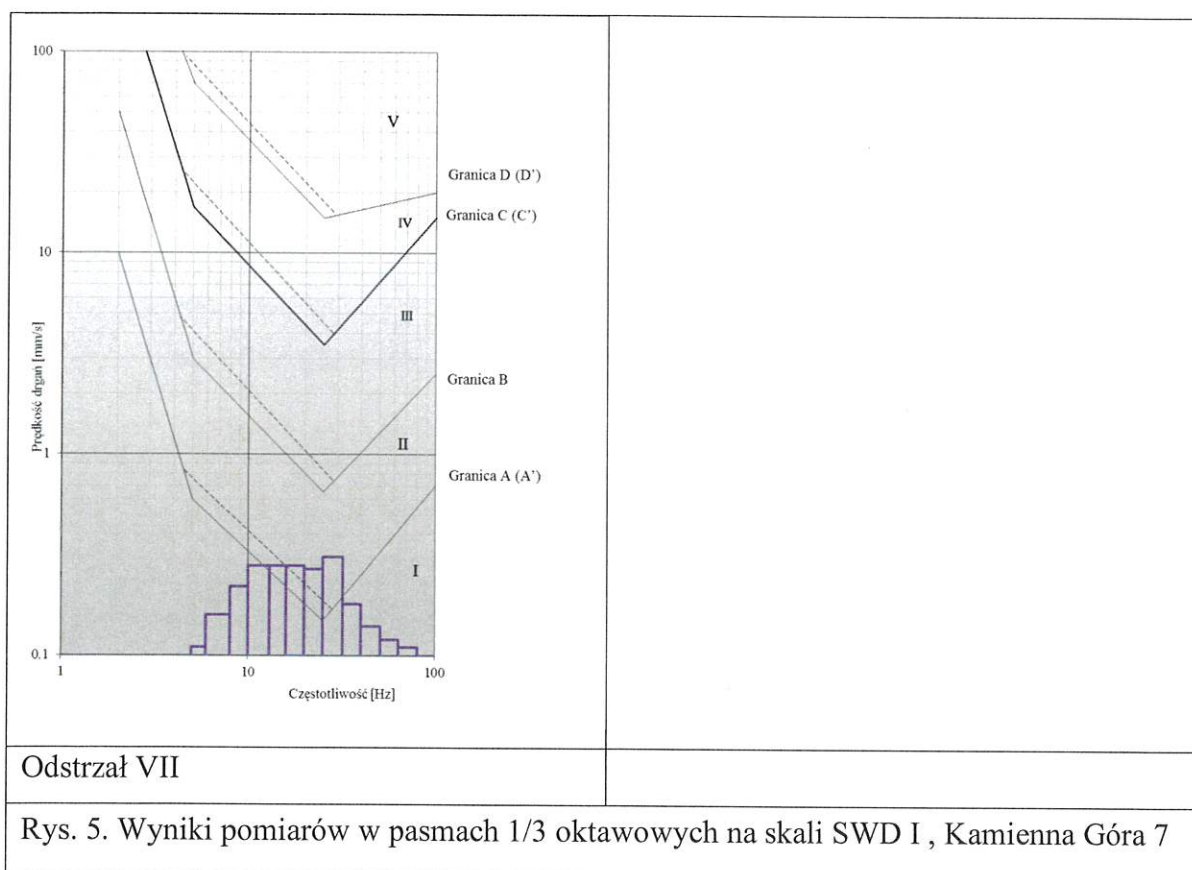












Analiza prędkości drgań przeprowadzona w pasmach 1/3 oktawowych, zgodnie z zaleceniami normy PN-B-02170:2016, wykazała, że w zabudowaniach mieszkalnych Kamienna Góra 7, 12, 16 wielkości drgań nie przekraczały granicy B. Oznacza to, że emitowane w trakcie przedmiotowych odstrzałów drgania były w strefie II. Przy spełnieniu warunków zawartych w tablicy 4 ww. normy, biorącej pod uwagę stan budynku, materiał i konstrukcję budynku, typ podłoża i sposób posadowienia oraz rodzaj drgań, można przypisać skutki dotyczące strefy I.

W budynku mieszkalnym Kamienna Góra nr 3 w trakcie odstrzału II oraz VI wielkości drgań nie przekraczały granicy B' (wariant dla zabudowań o przeważającej liczbie cech zawartych w tablicy 4 przedmiotowej normy). Oznacza to, że emitowane w trakcie przedmiotowych odstrzałów drgania były w strefie II.

W trakcie pozostałych odstrzałów wielkości drgań mieściły się poniżej granicy C. Należy wziąć pod uwagę, że przy spełnieniu warunków zawartych w tablicy 4 normy PN-B-02170:2016, to jest stanu budynku, materiału i konstrukcji budynku, typu podłoża i sposobu posadowienia oraz rodzaju oddziaływujących drgań a przede wszystkim wysokiej ich częstotliwości jak i bardzo krótkiego oddziaływania (duża prędkość przemieszczania się fali

drgań), zgodnie z w/w normą, drganiom w strefie III można przypisać skutki dotyczące strefy II.

Drgania generowane robotami strzałowymi w rozpatrywanym ośrodku zwięzłym, mają wysoką częstotliwość dominującą a przejście fali o najwyższej amplitudzie trwa znacznie poniżej 0,5 sek.

Tabela 3 Częstotliwość dominująca fali, Kamienna Góra nr 3

Odstrzał	I 12 48		II 12 52		III 12 55		IV 13 02		V 14 32		VI 14 37		VII 14 41	
Składowa	vx	vy	vx	vy	vx	vy	vx	vy	vx	vy	vx	vy	vx	vy
f [Hz]	20.4	42.8	15.6	79.8	25.8	84.2	21.4	18.5	83.7	83.7	27.3	27.3	22.4	18.5

W celu uniknięcia nakładania się fali parasejsmicznej powstającej w momencie inicjacji poszczególnych ładunków z drganiami swobodnymi konstrukcji budynku należy przeprowadzić badania częstotliwości drgań własnych budynków najbardziej narażonych na oddziaływania parasejsmiczne, przeprowadzone na podstawie zarejestrowanego przebiegu fali parasejsmicznej.

W celu wyznaczenia częstotliwości optymalnego tłumienia drgań na granicy grunt – fundament budynku Kamienna Góra nr 3, konieczne jest również przeprowadzenie serii pomiarów wielkości drgań w funkcji ich częstotliwości w budynku (zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie PN B-02170:2016) oraz w gruncie przy obiekcie. Powiązanie powyższych danych z projektem opóźnień milisekundowych inicjacji siatki strzałowej, może pomóc w minimalizacji oddziaływań parasejsmicznych powodowanych robotami strzałowymi.

Zgodnie z badaniami przeprowadzonymi na stacji stałego monitoringu w budynku mieszkalnym Kamienna Góra nr 6 (opracowanie [5] udostępnione przez właściciela posesji), w trakcie odstrzału I, III oraz VI wielkości drgań nie przekraczały granicy B, co oznacza, że emitowane w trakcie przedmiotowych odstrzałów drgania były w strefie II. Przy spełnieniu warunków zawartych w tablicy 4 ww. normy, biorącej pod uwagę stan budynku, materiał i konstrukcję budynku, typ podłoża i sposób posadowienia oraz rodzaj drgań, można przypisać skutki dotyczące strefy I, tj. drgania pomijalne w ocenie wpływu drgań na budynek.

W trakcie odstrzału II wielkości drgań przekroczyły granicę B lecz nie przekroczyły granicy B' (strefa III), lecz przy spełnieniu przeważającej liczby cech zawartych w tablicy 4 normy PN-B-02170:2016, drganiom tym można przypisać skutki dotyczące strefy II.

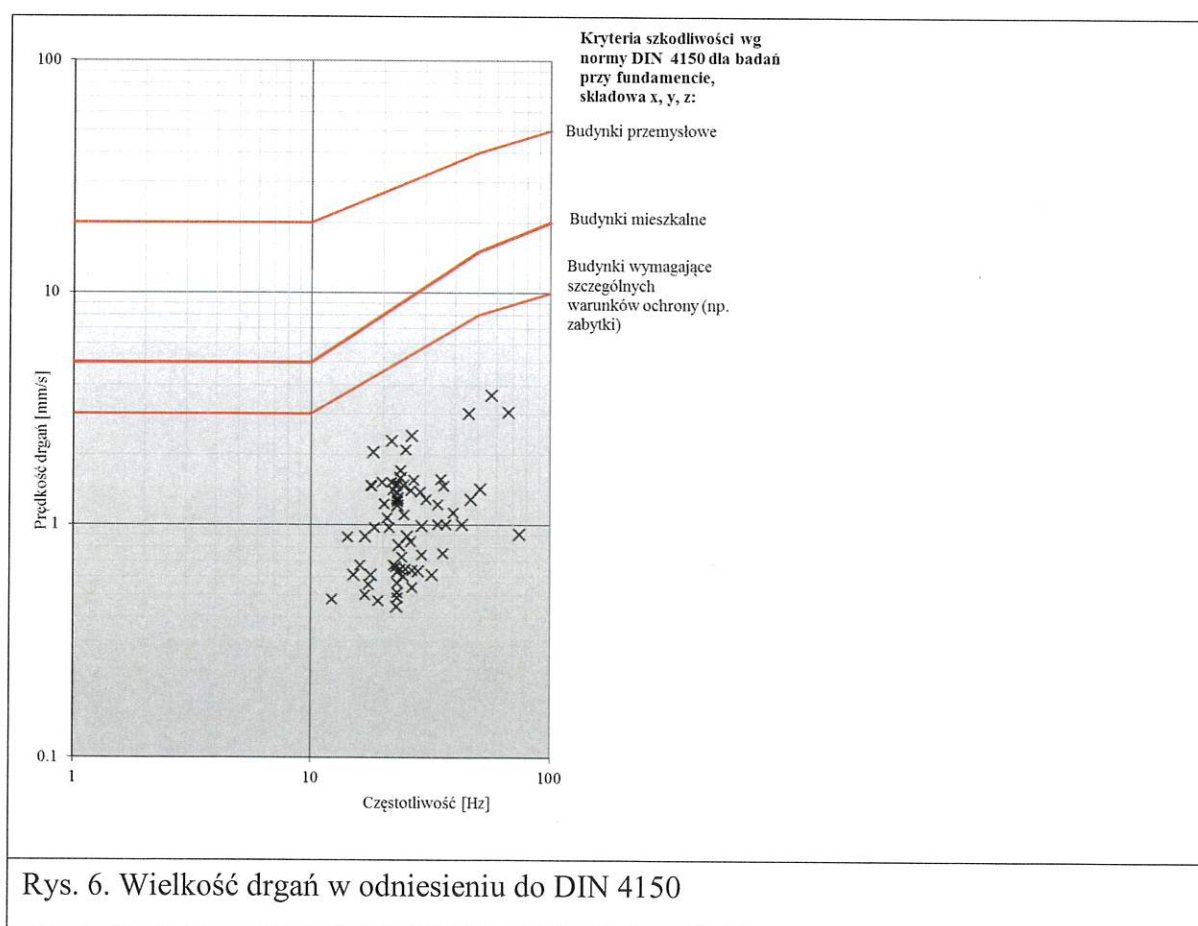
Należy również zwrócić uwagę, że w budynku mieszkalnym Kamienna Góra nr 6 drgania generowane przez odstrzał II były odczuwalne najbardziej spośród wszystkich czterech odstrzałów przeprowadzonych dnia 10.09.2021 r., podczas gdy odstrzał II w budynku Kamienna Góra nr 3 powodował najmniejszą odczuwalność wg normy PN-B-02170:2016.



Takie zróżnicowanie jest sygnałem, że wielkość ładunku na opóźnienie milisekundowe i odległość punktu pomiarowego od miejsca odstrzału nie są jedynymi parametrami mającymi wpływ na wielkość drgań w zabudowaniach. Wskazuje to na konieczność dalszych badań, prowadzonych w przedmiotowych budynkach oraz w gruncie przy tych obiektach, powiązanych z analizą rzeczywistych parametrów odstrzałów i danych przestrzennych zabierki.

#### 4.3. Ocena wpływu drgań na obiekty budowlane w odniesieniu do normy DIN 4150

Ocenę wpływu drgań w odniesieniu do normy DIN 4150 dla zabudowań miejscowości Kamienna Góra 3, 7, 12, 16 przeprowadzono dla składowej pionowej  $v_z$  i składowych poziomych  $v_x$ ,  $v_y$  zarejestrowanych drgań.



W odniesieniu do kryterium bezpieczeństwa dla obiektów mieszkalnych wyznaczonego według normy DIN 4150, zarejestrowane bezpośrednie wielkości drgań składowych x, y, z, nie stanowiły zagrożenia dla zabudowań Kamienna Góra 3, 7, 12, 16.

## 5. WNIOSKI

1. Drgania generowane robotami strzałowymi prowadzonymi w Kopalni Granitu "Kamienna Góra" rozprzestrzeniają się w ośrodku zwięzłym i charakteryzują się wysoką częstotliwością dominującą oraz krótkotrwałym czasem oddziaływania (poniżej 0,5 sek.).
2. Ocena wielkości zarejestrowanych drgań parasejsmicznych w zabudowaniach Kamienna Góra nr 7, 12, 16 wskazuje na ich bezpieczeństwo sejsmiczne przy odstrzałach urabiających prowadzonych w dniach 10 i 28.09.2021 r..
3. W odniesieniu do wyników ze stacji stałego monitoringu zlokalizowanej w budynku mieszkalnym Kamienna Góra nr 6 (opracowanie [5] udostępnione przez właściciela posesji), drgania wzbudzone w czasie odstrzałów I, III i IV należy zakwalifikować do strefy II. W trakcie odstrzału II wartości przyspieszenia drgań przekroczyły granicę B lecz nie przekroczyły granicy B', co kwalifikuje te drgania do strefy III skali SWD-I. Biorąc jednak pod uwagę fakt, że drgania wzbudzone robotami strzałowymi są krótkotrwałe, a przekroczenia linii B skali SWD-I są niewielkie oraz biorąc pod uwagę zapisy w kolumnie 3 tablicy 4 normy PN-B-02170:2016-12, drganiom tym można przypisać skutki strefy II.
4. W budynku mieszkalnym Kamienna Góra nr 3 w trakcie odstrzału II oraz VI wielkości drgań nie przekraczały granicy B' (wariant linii granicznej dla zabudowań o przeważającej liczbie cech zawartych w tablicy 4 normy PN-B-02170:2016). W trakcie pozostałych odstrzałów wielkości drgań mieściły się poniżej granicy C.
5. W celu obniżenia wielkości drgań (w tym drgań w budynku Kamienna Góra nr 3) zaleca się:
  - A. Montaż stałej stacji monitoringu w budynku Kamienna Góra nr 3 lub, w razie niewyrażenia zgody przez właściciela obiektu, w innym budynku zlokalizowanym w najbliższej odległości w kierunku południowo-zachodnim od prowadzonej eksploatacji za pomocą MW. W celu sprawdzenia wielkości oddziaływania parasejsmicznego na inne zabudowania, w dalszym etapie badań dopuszcza się możliwość przeniesienia aparatury pomiarowej do innego obiektu. Montaż czujnika należy przeprowadzić zgodnie z wytycznymi podanymi w normie PN-B-02170:2016,
  - B. Skanowanie ociosów oraz badanie prostoliniowości i długości otworów strzałowych sondą otworową (boretrakowanie),
  - C. Dokładna lokalizacja przestrzenna pierwszego i ostatniego otworu pierwszego rzędu siatki strzałowej (uchwycenie azymutu linii otworów strzałowych),
  - D. Dostosowanie parametrów strzelania do bieżących warunków budowy geologicznej zabierki (szczelinowatości i zwięzłości skały),
  - E. Każdorazowe skorelowanie wielkości drgań zarejestrowanej na stacji monitoringu z danymi przestrzennymi i geologicznymi zabierki,

- 
- F. Projektowanie opóźnień milisekundowych inicjacji poszczególnych ładunków  $Q_z$  oraz monitorowanie wielkości generowanych drgań w pasmach 1/3 oktaowych,
  - G. Archiwizowanie i bieżąca ocena powyższych danych w aspekcie wpływu emitowanych drgań parasejsmicznych na przyległą zabudowę.