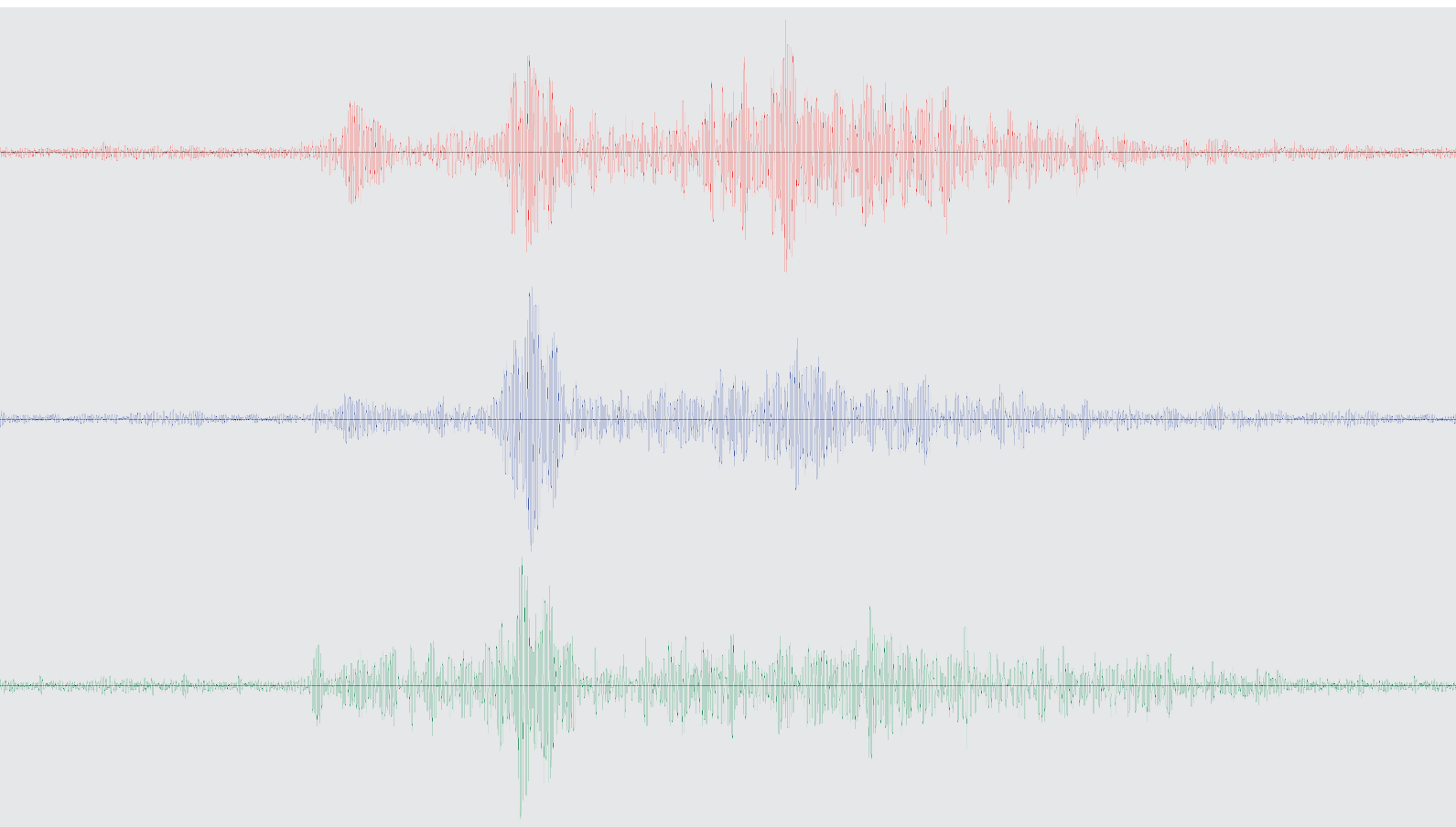


# Środowisko i prace rozpoznawcze dotyczące gazu z łupków

WYNIKI MONITORINGU SEJSMICZNEGO



MINISTERSTWO  
ŚRODOWISKA



GENERALNA  
DYREKCJA  
OCHRONY  
ŚRODOWISKA

**Środowisko  
i prace rozpoznawcze  
dotyczące gazu z łupków**

**WYNIKI MONITORINGU SEJSMICZNEGO**

**Autorzy:****Główny Instytut Górnictwa**

dr hab. inż. Adam Lurka prof. GIG – kierownik zadania  
dr hab. inż. Grzegorz Mutke prof. GIG  
dr inż. Krystyna Stec prof. GIG  
dr inż. Joanna Kurzeja  
dr inż. Andrzej Waśko  
mgr inż. Hubert Logiewa  
mgr inż. Robert Siata  
dr inż. Jacek Chodacki  
mgr Przemysław Swoboda  
inż. Marian Musiał

**Informacja o mapach:**

Mapy topograficzne będące treścią niniejszego opracowania są materiałem państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, prowadzonego przez Głównego Geodetę Kraju na podstawie przepisów ustawy z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne (Dz. U. z 2010 r. Nr 193, poz. 1287 z późn. zm.) Osoby korzystające z tych materiałów nie mają prawa do ich zwielokrotniania, sprzedawania, udostępniania lub w inny sposób wprowadzania do obrotu lub rozpowszechniania ich treści w całości bądź we fragmentach, w szczególności do ich przesyłania lub udostępniania w systemach i sieciach komputerowych lub jakichkolwiek innych systemach teleinformatycznych

© Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska

ul. Wawelska 52/54

00-922 Warszawa

[www.gdos.gov.pl](http://www.gdos.gov.pl)

ISBN 978-83-62940-88-2

Warszawa 2015

**Zamawiający:**

Ministerstwo Środowiska

ul. Wawelska 52/54

00-922 Warszawa

[www.mos.gov.pl](http://www.mos.gov.pl)

**Wydawca:**

Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska

ul. Wawelska 52/54

00-922 Warszawa

[www.gdos.gov.pl](http://www.gdos.gov.pl)

**Opracowanie graficzno-techniczne****Druk i oprawa:**

Centrum Usług Wspólnych

ul. Powsińska 69/71

02-903 Warszawa

[www.cuw.gov.pl](http://www.cuw.gov.pl)



Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w ramach realizacji zadania pn.: „Ocena zagrożeń dla środowiska powodowanych procesem poszukiwania, rozpoznawania i wydobywania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów”

EGZEMPLARZ BEZPŁATNY

# Spis treści

Streszczenie . . . . .	5
<b>1.</b> Wprowadzenie . . . . .	6
<b>2.</b> Opis sieci sejsmometrycznej . . . . .	7
<b>3.</b> Normy używane do oceny drgań . . . . .	11
<b>4.</b> Analiza wyników pomiarów . . . . .	14
4.1. Poligon w rejonie otworu Syczyn-OU2K . . . . .	14
4.2. Poligon w rejonie otworu Zwierzyniec-1 . . . . .	26
4.3. Poligon w rejonie otworu Gapowo-1 . . . . .	40
<b>5.</b> Ocena zarejestrowanych drgań . . . . .	56
<b>6.</b> Zjawiska telesejsmiczne . . . . .	60
<b>7.</b> Wnioski . . . . .	71
<b>8.</b> Wykaz załączników . . . . .	72





# STRESZCZENIE

W ramach pracy wykonano badania sejsmometryczne w rejonach:

- otworu Syczyn-OU2K w miejscowości Syczyn, gmina Wierzbica, powiat chełmski, województwo lubelskie,
- otworu Zwierzyniec-1 w miejscowości Zawada, gmina Jarczów, powiat tomaszewski, województwo lubelskie,
- otworu Gapowo-1, gmina Stężyca, powiat kartuski, województwo pomorskie.

Badania polegały na ciągłej obserwacji drgań sejsmicznych na czterech stanowiskach pomiarowych wokół każdego otworu rozpoznawczego. Stanowiska pomiarowe zlokalizowano wokół otworów w miejscowościach przedstawionych w załącznikach 1–3. Zainstalowana sieć sejsmometryczna miała na celu rejestrację potencjalnych drgań sejsmicznych wywołanych hydroszczelinowaniem w otworach. Zasięg obserwacji zależy m.in. od poziomu szumu na stanowiskach, energii zjawisk sejsmicznych, odległości między stanowiskami pomiarowymi a zjawiskami sejsmicznymi oraz od czułości aparatury. Dla zjawisk sejsmicznych, które potencjalnie mogłyby mieć wpływ na zabudowę powierzchniową, jako obszar obserwacji przyjęto koło o promieniu około 10 km i środku w miejscu zainstalowania czujnika sejsmicznego.

W okresie prowadzenia monitoringu nie zarejestrowano drgań pochodzących od wstrząsów sejsmicznych związanych z procesem pęknięcia górotworu spowodowanego hydroszczelinowaniem. Rejestrowany poziom tła sejsmicznego w czasie hydroszczelinowania w otworze nie przekroczył wartości 2 mm/s. Zarejestrowane drgania nie przekraczały dopuszczalnych wartości drgań według norm dotyczących oceny szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki: polskiej normy PN-85/B-02170 oraz normy niemieckiej DIN 4150/3.

# 1. WPROWADZENIE

W ramach umowy nr 16/GDOŚ/2013 zawartej pomiędzy Ministrem Środowiska, w imieniu którego działa Pan Michał Kięlsznia – Generalny Dyrektor Ochrony Środowiska na podstawie pełnomocnictwa nr 86 z dn. 29.08.2011 r., a Głównym Instytutem Górnictwa w Katowicach pt. „Ocena zagrożeń środowiska powodowanych procesem poszukiwania, rozpoznawania i wydobywania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów” zespół pracowników Laboratorium Geofizyki Górniczej zaprojektował i zainstalował sieci sejsmometryczne do pomiaru drgań sejsmicznych w rejonach:

- otworu Syczyn-OU2K w miejscowości Syczyn, gmina Wierzbica, powiat chełmski, województwo lubelskie,
- otworu Zwierzyniec-1 w miejscowości Zawada, gmina Jarczów, powiat tomaszewski, województwo lubelskie,
- otworu Gapowo-1, gmina Stężycza, powiat kartuski, województwo pomorskie.

Zadaniem tych sieci była ciągła, cyfrowa rejestracja tła sejsmicznego oraz zjawisk sejsmicznych z ich automatyczną detekcją w wyznaczonych miejscach wokół otworu oraz analiza zarejestrowanych sejsmogramów. Sieci sejsmometryczne miały za zadanie rejestrację ewentualnych drgań wywołanych pracami wykonywanymi na odwiertach. Założono możliwość wykrycia wstrząsów sejsmicznych o minimalnej energii rzędu  $10^3$  J (magnituda 0,6) dla odległości hipocentralnej 4–5 km. Daje to amplitudy drgań na poziomie 4–6E-5 m/s. Drgania tej wielkości są możliwe do rejestracji przez zastosowaną aparaturę i spodziewany poziom szumu w rejonie badań. Drgania od wstrząsów o energii rzędu  $10^4$  J (magnituda 1,2) mogłyby być rejestrowane do odległości około 10 km (amplitudy drgań około 4E–5 m/s).

Monitoring sejsmiczny obejmował następujące prace:

- przygotowawcze: wyznaczenie miejsc instalacji, instalacja urządzeń,
- pomiar tła sejsmicznego przed rozpoczęciem hydroszczelinowania,
- pomiar w trakcie hydroszczelinowania,
- pomiar po zakończeniu hydroszczelinowania.

## 2. OPIS SIECI SEJSMOMETRYCZNEJ

W ramach zadania zainstalowano sieci sejsmometryczne do pomiaru drgań sejsmicznych w rejonach:

- otworu Syczyn-OU2K w miejscowości Syczyn,
- otworu Zwierzyniec-1 w miejscowości Zawada,
- otworu Gapowo-1.

W każdym rejonie zainstalowano 4 stanowiska pomiarowe w punktach przedstawionych w załącznikach 1–3. Okresy hydroszczelinowania w poszczególnych otworach umieszczono w tabeli 1, a czas pracy poszczególnych stanowisk w tabeli 2.

**Tabela 1.** Zestawienie okresów hydroszczelinowania w poszczególnych rejonach badań

Otwór	Początek hydroszczelinowania	Koniec hydroszczelinowania
Syczyn-OU2K	21.06.2013	11.07.2013
Zwierzyniec-1	6.07.2013	11.07.2013
Gapowo-1	9.05.2014	23.05.2014

**Tabela 2.** Wykaz stanowisk pomiarowych w rejonie otworów z czasem ich pracy

Nazwa stanowiska – miejscowość	Początek pomiarów	Koniec pomiarów
<b>Rejon otworu Syczyn-OU2K</b>		
Syczyn 1 – Bekisza	10.04.2013	13.08.2013
Syczyn 2 – Syczyn	10.04.2013	13.08.2013
Syczyn 3 – Syczyn	10.04.2013	13.08.2013
Syczyn 4 – Syczyn	11.04.2013	12.08.2013
<b>Rejon otworu Zwierzyniec-1</b>		
Zawada 1 – Wielącza Kolonia	12.06.2013	6.09.2013
Zawada 2 – Kolonia Siedliska	12.06.2013	6.09.2013
Zawada 3 – Zawada (północ)	12.06.2013	6.09.2013
Zawada 4 – Zawada (południe)	12.06.2013	6.09.2013
<b>Rejon otworu Gapowo-1</b>		
Rejestrator 1 – Żuromino	19.03.2014	4.08.2014
Rejestrator 2 – Żuromino	19.03.2014	4.08.2014
Rejestrator 3 – Borowiec	18.03.2014	4.08.2014
Rejestrator 4 – Dubowo	18.03.2014	4.08.2014

**Tabela 3.** Czas pracy i awaryjność aparatów pomiarowych

Stanowisko	Liczba dni pracy	Liczba dni awaryjnych	Czas poprawnej rejestracji, %
<b>Rejon otworu Syczyn-OU2K</b>			
Syczyn 1 – Bekisza	125	7	94,4
Syczyn 2 – Syczyn	125	2,5	98,0
Syczyn 3 – Syczyn	125	1	99,2
Syczyn 4 – Syczyn	123	0,5	99,6
<b>Rejon otworu Zwierzyniec-1</b>			
Zawada 1 – Wielącza Kolonia	71	0	100,0
Zawada 2 – Siedliska Kolonia	71	21	70,0
Zawada 3 – Zawada (północ)	71	1	98,6
Zawada 4 – Zawada (południe)	71	5	92,3
<b>Rejon otworu Gapowo-1</b>			
Rejestrator 1 – Żuromino	138	0	100%
Rejestrator 2 – Żuromino	138	0.4	99,7%
Rejestrator 3 – Borowiec	139	0.2	99,8%
Rejestrator 4 – Dubowo	139	0.1	99,9%

Miejsca instalowanych stanowisk dobierano tak, aby w miarę możliwości technicznych, otoczyć rejon prowadzonych prac w otworach oraz aby rejestrować jak najniższe tło sejsmiczne. Dzięki temu możliwa była rejestracja nawet słabych wstrząsów sejsmicznych z rejonu odwiertu oraz ich lokalizacja. Podstawowymi kryteriami przy wyborze lokalizacji stanowisk pomiarowych były:

- dostępność zasilania i możliwość bezpiecznego pozostawienia aparatury,
- rozmieszczenie stanowisk wokół otworu na różnych kierunkach,
- zróżnicowanie odległościowe położenia stanowisk w stosunku do otworu.

Pomiar tła sejsmicznego i ewentualnych zjawisk sejsmicznych odbywał się w sposób ciągły z opcją automatycznego wyzwalania dla każdego stanowiska pomiarowego. Algorytm automatycznego wyzwalania oparty był na stosunku średniej wartości amplitud drgań w krótkim oknie czasowym STA (300 ms) do średniej wartości amplitud drgań w długim oknie czasowym LTA (3000 ms) i wartości STA/LTA na poziomie 2–5, po przekroczeniu której następowało automatyczne wyzwolenie zapisu na dysk twardy rejestratora. Częstotliwość próbkowania aparatury została ustalona na 250 Hz, co pozwala na rejestrację zjawisk o częstotliwości do 125 Hz. Rejestracja zjawisk o częstotliwości do 125 Hz jest wystarczająca do oceny ich wpływu na budynki i ludzi. Wykorzystywane do oceny drgań normy (patrz tabela 4 na str. 11 i rys. 3 na str. 12) uwzględniają drgania o częstotliwości do 100 Hz. Dodatkowo, ze względu na prowadzenie rejestracji w sposób ciągły w każdej z 4 aparatów rejestrujących został skonfigurowany specjalny bufor danych, który pozwala na zapis wszystkich drgań w okresie od 3 do 12 miesięcy. Dzięki temu możliwa była analiza wszystkich drgań rejestrowanych przez stanowiska sejsmometryczne, nawet jeśli uruchomiony proces automatycznej detekcji zjawisk nie wykrywał żadnych sygnałów.

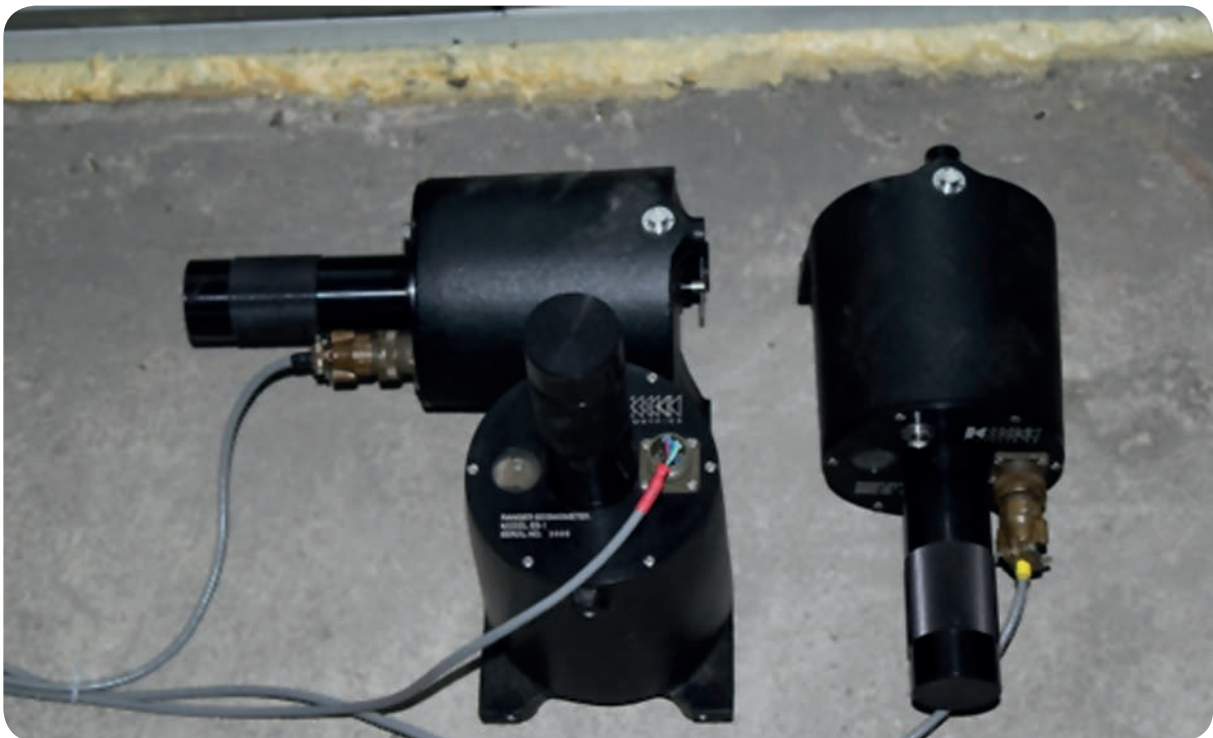
Każde stanowisko sieci sejsmometrycznej pracujące w badanym rejonie składało się z rejestratora cyfrowego AMAX wyposażonego w trójskładowe czujniki własnej produkcji DLM3D mierzące prędkość drgań cząstek ośrodka w trzech prostopadłych kierunkach lub sejsmometry Kinematics Model SS-1 (wykaz stanowisk pomiarowych wraz z rodzajem stosowanych czujników zestawiono w załącznikach 1–3). Czujniki były kalibrowane na stole firmy Bruel & Kjaer z wykorzystaniem czujnika wzorcowego. Czułości sond DLM3D mieściły się w przedziale 20–24 V/(m/s), a sejsmometrów w zakresie 310–340 V/(m/s). Częstotliwość rezonansowa sejsmometrów wynosiła 1 Hz. Do synchronizacji czasu w aparaturach użyto modułów GPS oraz awaryjnie synchronizacji czasu z serwerów internetowych. Zdjęcie stanowiska pomiarowego, a także przykładowy sposób montażu czujnika pokazano na rysunkach 1, 2 i 2a.



**Rys. 1.** Rejestrator cyfrowy AMAX



**Rys. 2.** Przykładowy sposób montażu czujnika geofonowego aparatury AMAX w gruncie



**Rys. 2a.** Przykładowy sposób montażu sejsmometrów Kinematics aparatury AMAX na fundamencie budynku



Cyfrowy rejestrator drgań jest urządzeniem 64 kanałowym opartym na 16-bitowym przetworniku A/C i zakresie napięć wejściowych  $\pm 10V$ . Sygnał z czujników był wzmacniany 100 razy w przypadku sond DLM3D i 10 razy w przypadku sejsmometrów Kinematics. Do rejestracji drgań w sondach DLM3D zastosowano niskoczęstotliwościowe pionowe i poziome geofony produkcji amerykańskiej firmy GeoSpace typ 11D. Geofony te, o częstotliwości rezonansowej 4,5 Hz, są miernikami prędkości drgań gruntu. W celu rejestracji drgań od 1 Hz zastosowano układ elektroniczny prostujący charakterystykę każdego czujnika w zakresie od 1–5 Hz. Każdy z trójskładowych czujników drgań był mocowany poprzez umieszczenie go w sposób trwały w ziemi, co obrazuje rys. 2. Dodatkowo każde stanowisko pomiarowe wyposażone zostało w router komórkowy i połączone z globalną siecią Internet poprzez sieć komórkową z statycznym numerem IP. Taka konfiguracja pozwalała na bieżące (online) obserwacje zarejestrowanych drgań oraz umożliwia zdalne sterowanie pracą aparatury z dowolnego miejsca na świecie.

Możliwości rejestracji wstrząsów sejsmicznych przez aparaturę zależą głównie od takich czynników jak: poziomu szumu na stanowisku pomiarowym, energia wstrząsu, odległość hipocentralna. W przypadku wystąpienia wstrząsu sejsmicznego o energii rzędu  $10^4$  J (magnituda 1,2) amplitudy drgań wywołane tego typu zjawiskiem powinny być rzędu  $4E-5$  m/s przy założeniu odległości hipocentralnej 10 km. Wartości amplitud tego rzędu powinny być widoczne na zarejestrowanych sejsmogramach, ponieważ tło sejsmiczne w tym rejonie ma maksymalne amplitudy rzędu  $1E-6$  m/s. Daje to możliwość wykrycia w rejonie badanego otworu wstrząsów znacznie słabszych niż takie, które mogłyby być odczute przez ludzi lub budynki.

Przedstawione w tabeli 3 czasy pracy wraz z liczbą dni awaryjnych wskazują, że:

- **w rejonie otworu Syczyn-OU2K** aparatura sejsmometryczna działała prawidłowo i nie było okresów, w których jednocześnie na wszystkich stanowiskach pomiarowych wystąpiły przestoje w pracy. Natomiast przerwy w rejestracji pojedynczych stanowisk były krótkie, najwyżej kilkugodzinne i były spowodowane najczęściej brakiem zasilania w punktach pomiarowych, co jest typowe dla sieci energetycznych występujących w zabudowaniach wiejskich. Jedna dłuższa przerwa w rejestracji na stanowisku w Bekiszy (Syczyn 1) miała miejsce w dniach od 11.04.2013 do 17.04.2013. Był to okres rozruchowy, przed hydroszczelinowaniem. Aparatura uległa awarii i konieczna była jej wymiana, gdyż uszkodzeniu uległ zasilacz.
- **w rejonie otworu Zwierzyniec-1** aparatura sejsmometryczna działała prawidłowo i nie było okresów, w których na wszystkich stanowiskach pomiarowych równocześnie wystąpiły przestoje w pracy. Trzy dłuższe przerwy w rejestracji na stanowisku w Zawada 2 spowodowane były awariami aparatury. Uszkodzeniu uległy zasilacz i elementy płyty głównej rejestratora. Awarie spowodowane były dużymi zmianami napięcia sieci zasilającej. Trzydniowa awaria na stanowisku Zawada 4 w okresie od 18.06.2013 r. do 22.06.2013 r. spowodowana była przypadkowym wyłączeniem aparatury pomiarowej przez osobę trzecią. Pozostałe przerwy w rejestracji były krótkie, jednodniowe i spowodowane najczęściej brakiem zasilania w punktach pomiarowych, co jest typowe dla sieci energetycznych występujących w zabudowaniach wiejskich
- **w rejonie otworu Gapowo-1** aparatura sejsmometryczna działała prawidłowo i nie było okresów, w których na wszystkich stanowiskach pomiarowych równocześnie wystąpiły przestoje w pracy. Przerwy w rejestracji były krótkie, najwyżej kilkugodzinne i były spowodowane najczęściej brakiem zasilania w punktach pomiarowych, co jest typowe dla sieci energetycznych występujących w zabudowaniach wiejskich.

Opis wszystkich stanowisk pomiarowych zainstalowanych na poligonach: Syczyn-OU2K, Zwierzyniec-1 i Gapowo-1 oraz ich lokalizację pokazano w załącznikach 1–3.

# 3. NORMY UŻYWANE DO OCENY DRGAŃ

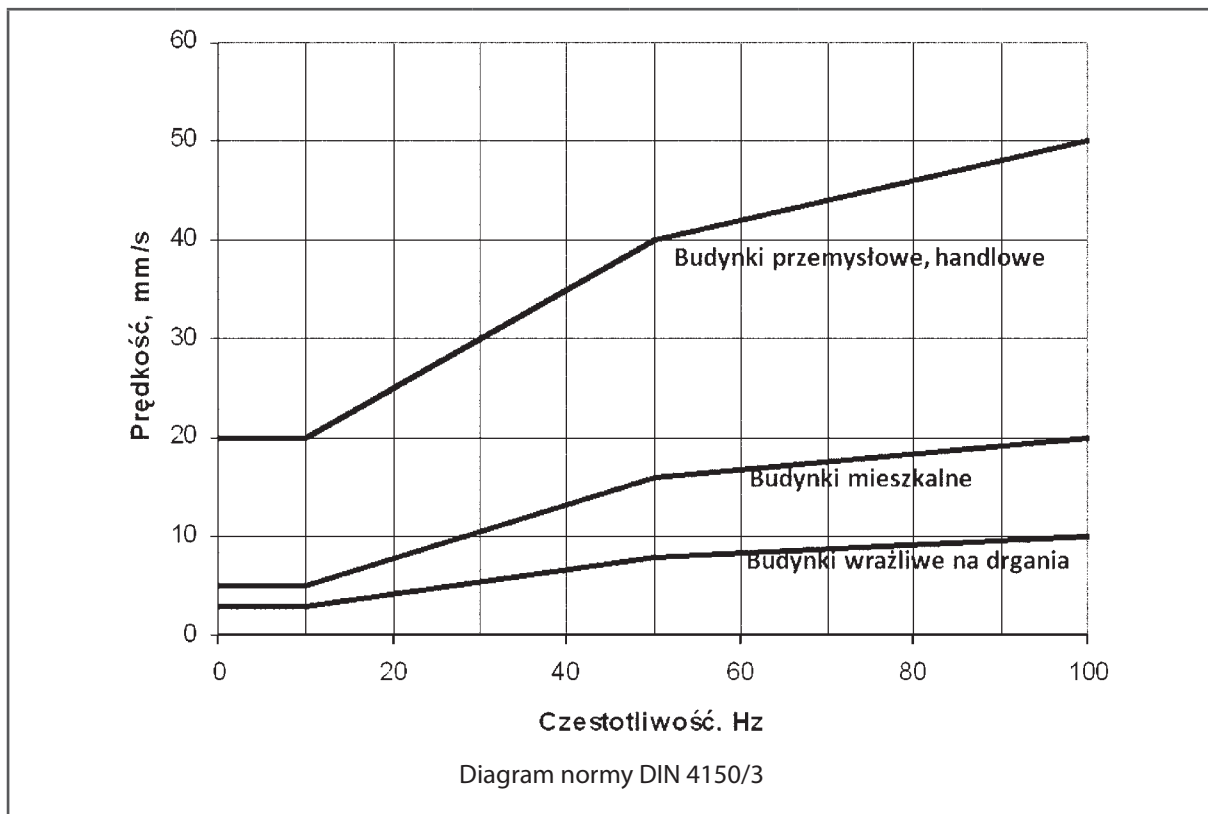
Niemiecka norma DIN-4150/3 rozróżnia drgania o charakterze krótkotrwałym i o charakterze ciągłym. Jest ona dość powszechnie stosowana w Europie. Decydującym kryterium oceny szkodliwości jest szczytowa wartość prędkości drgań oraz dominująca częstotliwość drgań odczytana z widma fourierowskiego. W tabeli 4 przedstawiono odpowiednie dopuszczalne prędkości drgań dla wstrząsów o charakterze krótkotrwałym, w zależności od rodzaju obiektu budowlanego, dla różnych przedziałów częstotliwości.

**Tabela 4.** Wartości prędkości drgań do oceny oddziaływania drgań krótkotrwałych według normy DIN 4150/3

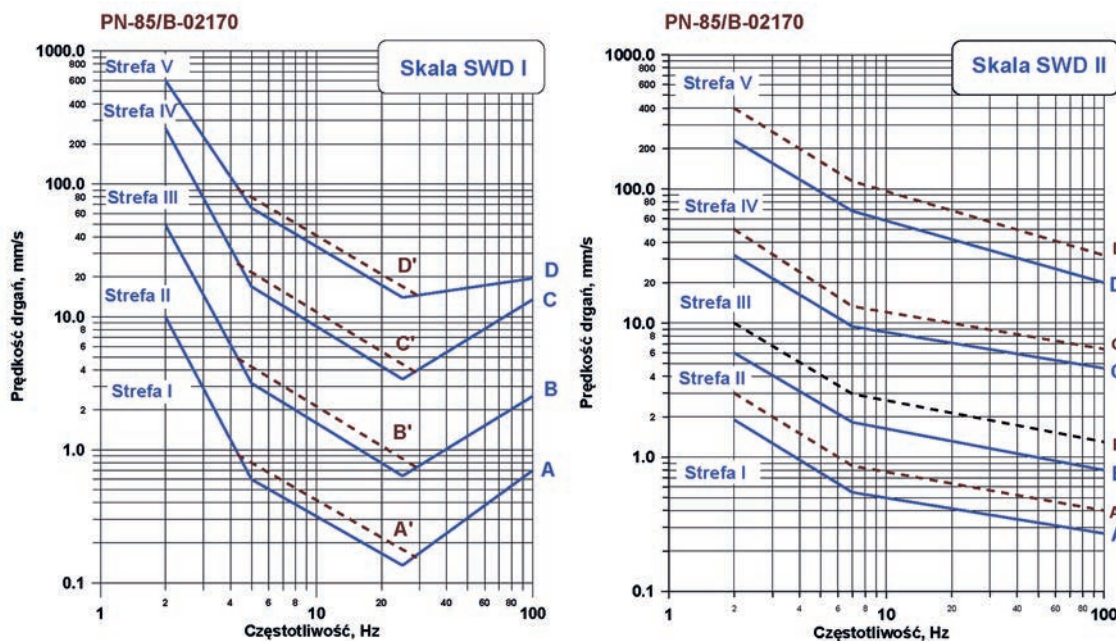
Kategoria	Opis kategorii	Główne wartości prędkości, mm/s			
		Drgania fundamentu w zakresie częstotliwości			Drgania w płaszczyźnie poziomej najwyższego piętra dla wszystkich częstotliwości
		1 Hz do 10 Hz	10 Hz do 50 Hz	50 Hz do 100 Hz <sup>*)</sup>	
1	Obiekty przemysłowe i podobnego rodzaju	20	20 do 40	40 do 50	40
2	Budynki mieszkalne	5	5 do 15	15 do 20	15
3	Szczególnie wrażliwe obiekty, które nie mogą być ujęte w dwóch powyższych kategoriach takie jak np.: budowle objęte ochroną konserwatorską, wyposażone w specjalne urządzenia elektroniczne lub mechaniczne	3	3 do 8	8 do 10	8

<sup>\*)</sup> Dla częstotliwości powyżej 100 Hz, wartości z tej kolumny mogą być używane jako maksymalne.





W załącznikach 4-15 poziomą czerwoną linią naniesiono progową wartość 5 mm/s, dla której ewentualnie należy rozpatrywać wpływ drgań sejsmicznych i parasejsmicznych według normy DIN 4150/3 dla częstotliwości od 1 Hz do 10 Hz. Dla wyższych częstotliwości wartość graniczna rośnie.



Rys. 3. Skale wpływów dynamicznych SWD-I i SWD-II według polskiej normy PN-85/B-02170 we współrzędnych logarytmicznych częstotliwości i prędkości drgań

W Polsce, przy ocenie szkodliwości drgań podłoża przekazywanych na budynki stosuje się normę PN-85/B-02170, która zawiera skale SWD I i SWD II służące do inżynierskiej oceny skutków drgań w określonych klasach obiektów budowlanych. Norma ta wykorzystuje do oceny amplitudy przyspieszenia lub prędkości drgań podłoża dla określonych częstotliwości, otrzymane z pomiarów sejsmometrycznych.

Skala SWD I stosowana jest w przypadku budynków o małych wymiarach rzutów poziomych (nieprzekraczających 15 m), jedno- i dwukondygnacyjnych i o wysokości nieprzekraczającej żadnego z wymiarów rzutu poziomego.

Skala SWD II stosowana jest do budynków nie wyższych niż pięć kondygnacji, których wysokość jest mniejsza od podwójnej najmniejszej szerokości budynku, oraz do budynków niskich (do dwóch kondygnacji), lecz niespełniających warunków dla skali SWD-I. Obie skale SWD opracowane są w postaci nomogramów, w których na osi pionowej umieszczone są maksymalne przyspieszenia drgań, a na osi poziomej częstotliwość środkowa pasma drgań.

Obiekty w rejonie badań kwalifikuje się do oceny wg skali SWD I.

Skale SWD odwzorowują pięć stref wpływu drgań na budynki:

- **strefa I** – drgania nieodczuwalne dla budynku,
- **strefa II** – drgania odczuwane dla budynku, ale nieszkodliwe dla konstrukcji; może następować tylko przyspieszone zużycie budynku i pierwsze rysy w wyprawach i tynkach,
- **strefa III** – drgania szkodliwe dla budynku, mogą powodować lokalne zarysowania i spękania; może nastąpić odpadanie wypraw i tynków,
- **strefa IV** – drgania o dużej szkodliwości dla budynku, powstają liczne spękania lokalne, zniszczenia murów itp.
- **strefa V** – drgania powodujące awarię budynku.

**Granica A** – dolna granica odczuwalności drgań przez budynki, pełna dynamiczna odporność budynków.

**Granica B** – granica sztywności budynków, dolna granica powstawania niedopuszczalnych z punktu widzenia norm budowlanych rys i spękań w elementach konstrukcyjnych.

**Granica C** – granica wytrzymałości pojedynczych elementów budynku, dolna granica ciężkich szkód budowlanych.

**Granica D** – granica stateczności budynku, powyżej której może dojść do uszkodzenia całego budynku.

Skale SWD odnoszą się w ocenie do drgań ciągłych (sumarycznie powyżej 30 minut na dobę), przy czym granice stref podano w dwu wariantach wg oceny stanu budynku, typu podłoża i rodzaju drgań. Zaliczenie do odpowiedniego wariantu następuje wg przeważającej liczby odpowiednich cech zestawionych w tablicy 4 zawartej w PN-85/B-02170.

Obiekty budowlane w rejonie przeprowadzonych pomiarów kwalifikuje się do oceny wg skali SWD I.

# 4. ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW

Tło sejsmiczne wokół otworów Syczyn-OU2K, Zwierzyniec-1 i Gapowo-1 mierzono w sposób ciągły na czterech stanowiskach pomiarowych przed hydroszczelinowaniem, w trakcie hydroszczelinowania oraz po hydroszczelinowaniu. Rejestrowane tło ulegało w czasie pomiarów zmianom, co prezentują rysunki rozkładów maksymalnych amplitud przedstawione w załącznikach nr 4 do 15 (maksymalną amplitudę wyznaczano dla okna o długości 40 s). Dla każdego stanowiska sejsmometrycznego wydzielono maksymalne amplitudy drgań tła sejsmicznego dla poszczególnych składowych X, Y i Z oraz sumarycznie dla składowych XYZ. Wypadkowa drgań XYZ obliczana jest jako długość wektora o składowych X, Y i Z wg zależności:  $XYZ(t) = \sqrt{X(t)^2 + Y(t)^2 + Z(t)^2}$ , gdzie: XYZ oznacza wektor wypadkowy, X, Y i Z kolejne składowe, t czas.

Przedstawione maksymalne wartości amplitudy prędkości drgań zarejestrowanego tła mogą służyć do oceny ich wpływu na budynki mieszkalne oraz ludzi. W Polsce oceny wpływu drgań na budynki dokonuje się na podstawie normy PN-85/B-02170. Norma ta pozwala na ocenę wpływu drgań zarówno z sejsmogramów prędkościowych, jak i przyspieszeniowych. Do oceny wpływu drgań można też użyć niemieckiej normy DIN 4150/3, która służy do oceny wpływu drgań na budynki z sejsmogramów prędkościowych. Norma niemiecka jest dość powszechnie stosowana przy ocenie wpływu drgań w Europie.

Przedstawione w następnych rozdziałach przykładowe sejsmogramy nie były poddawane obróbce cyfrowej w tym filtracji w celu usunięcia zakłóceń.

## 4.1. Poligon w rejonie otworu Syczyn-OU2K

Tło sejsmiczne wokół otworu Syczyn-OU2K mierzono w sposób ciągły na czterech stanowiskach pomiarowych w dniach od 11.04.2013 r. do 11.08.2013 r. Pomiary w dniach od 11.04.2013 r. do 20.05.2013 r. wykonywane były przed hydroszczelinowaniem, w dniach od 21.05.2013 r. do 10.07.2013 r. – w trakcie hydroszczelinowania oraz w dniach od 11.07.2013 r. do 11.08.2013 r. – po hydroszczelinowaniu.

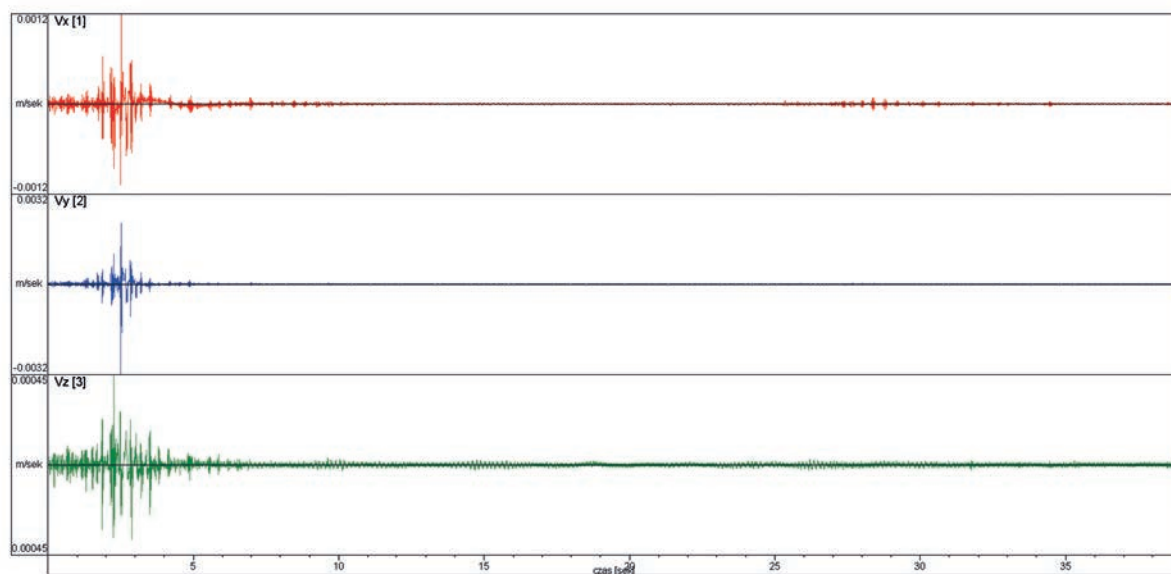
Wyniki pomiarów tła sejsmicznego w rejonie otworu Syczyn-OU2K w badanym okresie na poszczególnych stanowiskach pomiarowych przedstawiono w załącznikach od 4, 5, 6 i 7. Ich analiza i opis są następujące:

### Stanowisko Syczyn 1

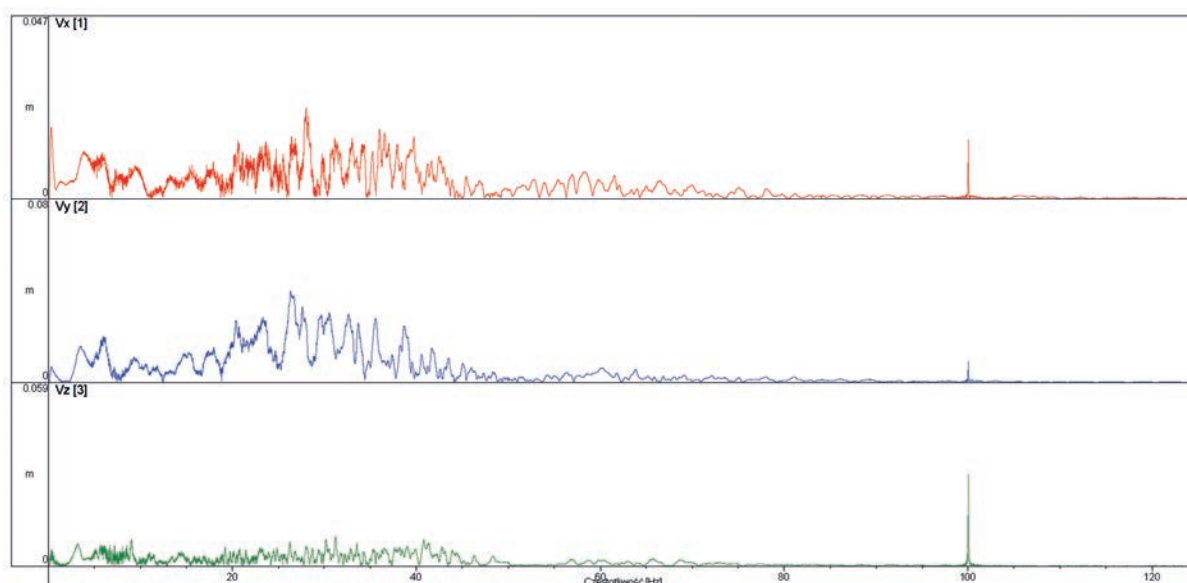
Maksymalne amplitudy prędkości drgań (m/s) dla tła w całym zakresie częstotliwości (do 125 Hz) w poszczególnych okresach obserwacji:

	<b>Przed hydroszczelinowaniem</b>	<b>W trakcie hydroszczelinowania</b>	<b>Po hydroszczelinowaniu</b>
Data i godzina	18.04.2013 r., 10.59	17.06.2013 r., 16.39	31.07.2013 r., 18.35
Wypadkowa XYZ	3,18E-3	1,00E-3	9,81E-4

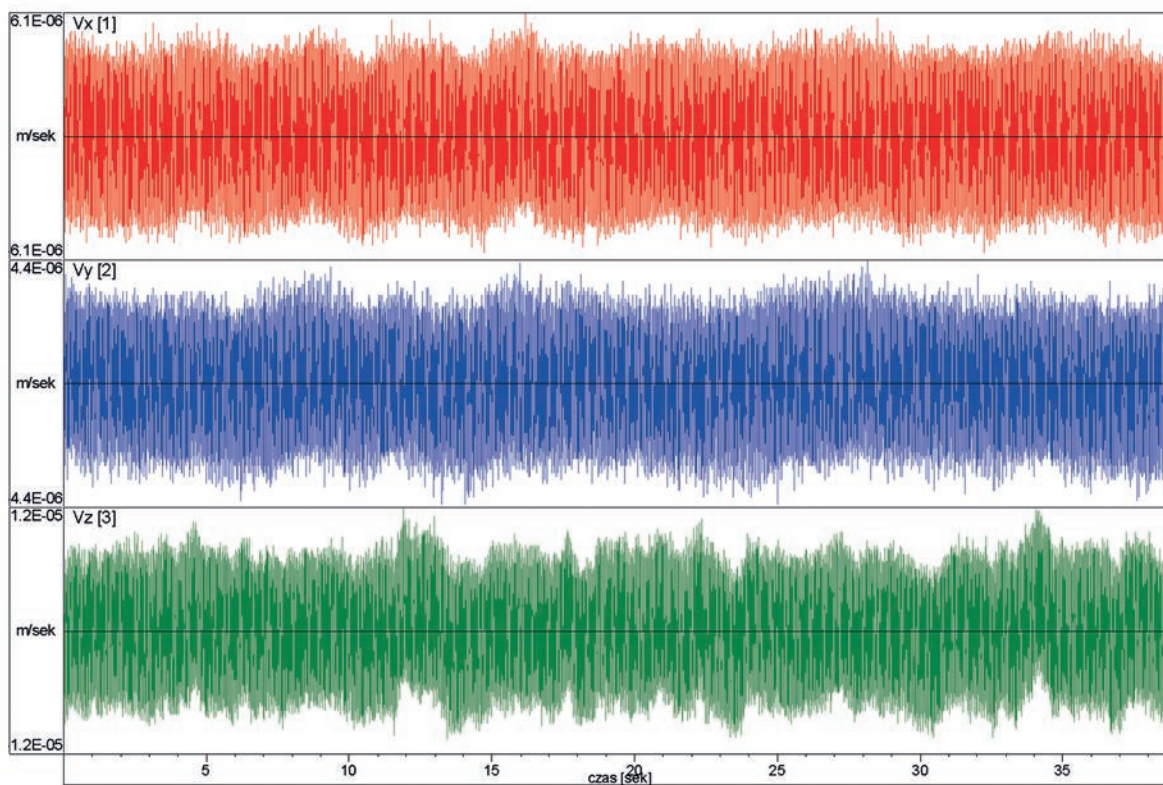
Zmienność maksymalnych amplitud w czasie przedstawiono w załączniku 4. Przykładowy zapis drgań oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 4 i 5. Przykładowy zapis tła oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 6 i 7. Przedstawione na rys. 6 tło sejsmiczne obrazuje dolną granicę czułości aparatury rejestrującej, czyli minimalne wartości amplitud drgań, które mogą być odróżnione na tle szumu. Na stanowisku Syczyn 1 możliwa była rejestracja drgań o amplitudzie większej od  $2,0E-5$  m/s. Przedstawione na rys. nr 4 sejsmogramy są przykładem zarejestrowanych drgań, których amplituda przekracza poziom tła. Drgania zarejestrowane w dniu 18.04.2013 r., godzina 10.59 o maksymalnej amplitudzie 3,18 mm/s pochodziły od uderzeń w czujnik lub jego poblizę.



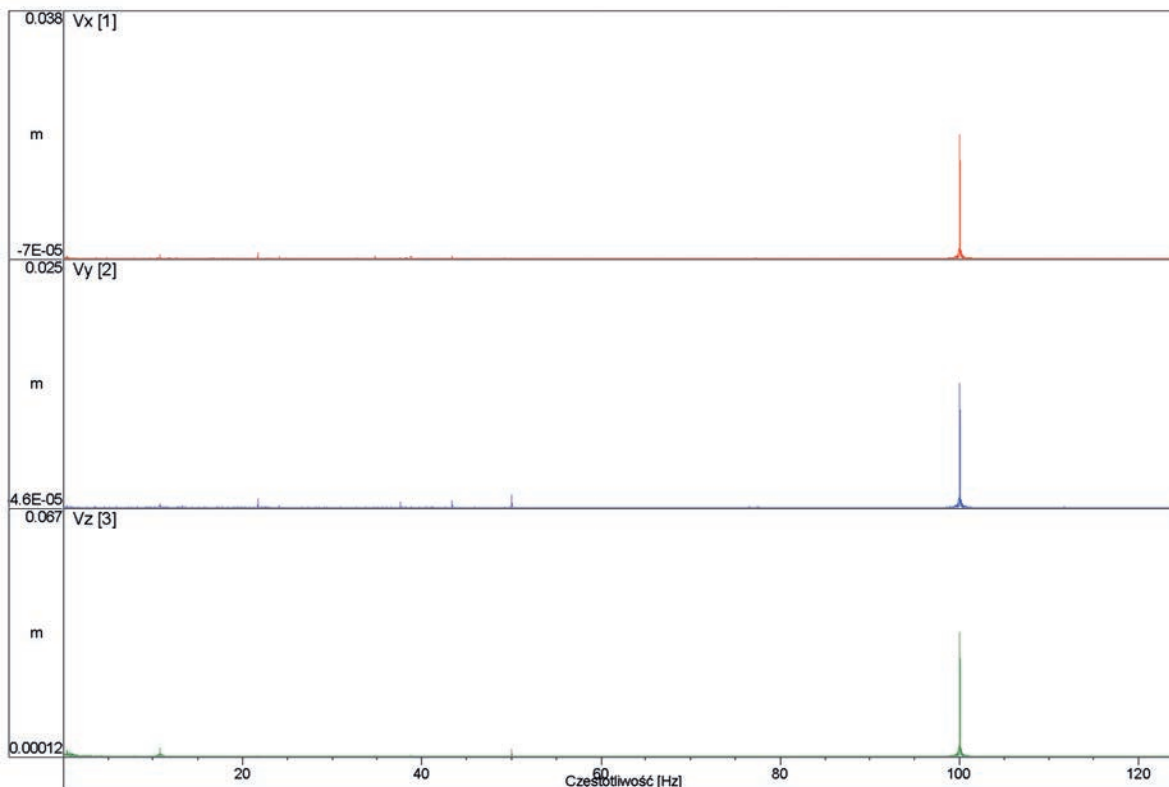
**Rys. 4.** Przykład drgań zarejestrowanych na stanowisku Syczyn 1 w dniu 18.04.2013 r., godzina 10.59 (największa zarejestrowana amplituda drgań)



**Rys. 5.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 4



Rys. 6. Przykład tła sejsmicznego zarejestrowanego na stanowisku Syczyn 1



Rys. 7. Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 6



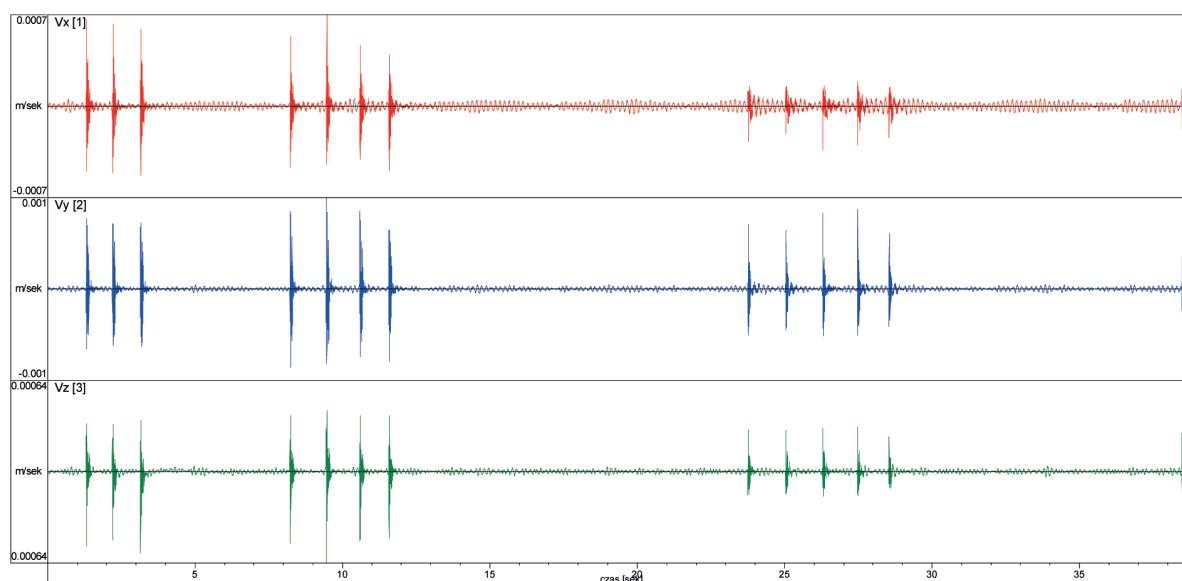
## Stanowisko Syczyn 2

Maksymalne amplitudy prędkości drgań (m/s) dla tła w całym zakresie częstotliwości (do 125 Hz) w poszczególnych okresach obserwacji:

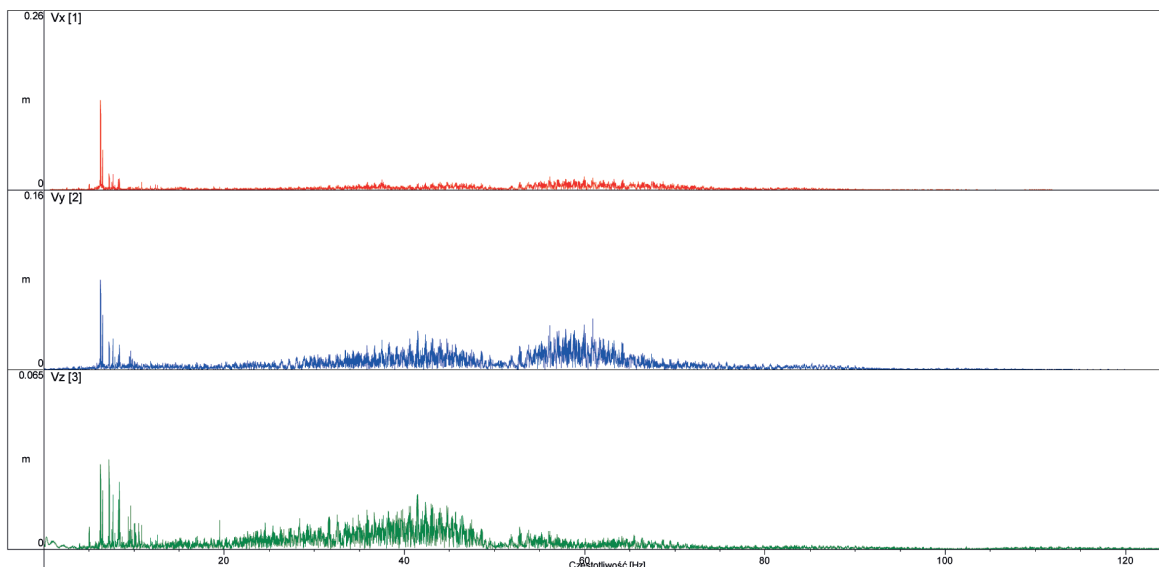
	<b>Przed hydroszczelinowaniem</b>	<b>W trakcie hydroszczelinowania</b>	<b>Po hydroszczelinowaniu</b>
Data i godzina	09.05.2013 r., 12.36	27.05.2013 r., 10.03	11.07.2013 r., 13.14
Wypadkowa XYZ	8,98E-4	1,04E-3	3,12E-4

Przykładowy zapis tła oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 10 i 11. Przedstawione na rys. 10 tło sejsmiczne obrazuje dolną granicę czułości aparatury rejestrującej, czyli minimalne wartości amplitud drgań, które mogą być odróżnione na tle szumu. Na stanowisku Syczyn 2 możliwa była rejestracja drgań o amplitudzie większej od  $2,0E-6$  m/s. Przedstawione na rys. 8 sejsmogramy są przykładem zarejestrowanych drgań, których amplituda przekracza poziom tła.

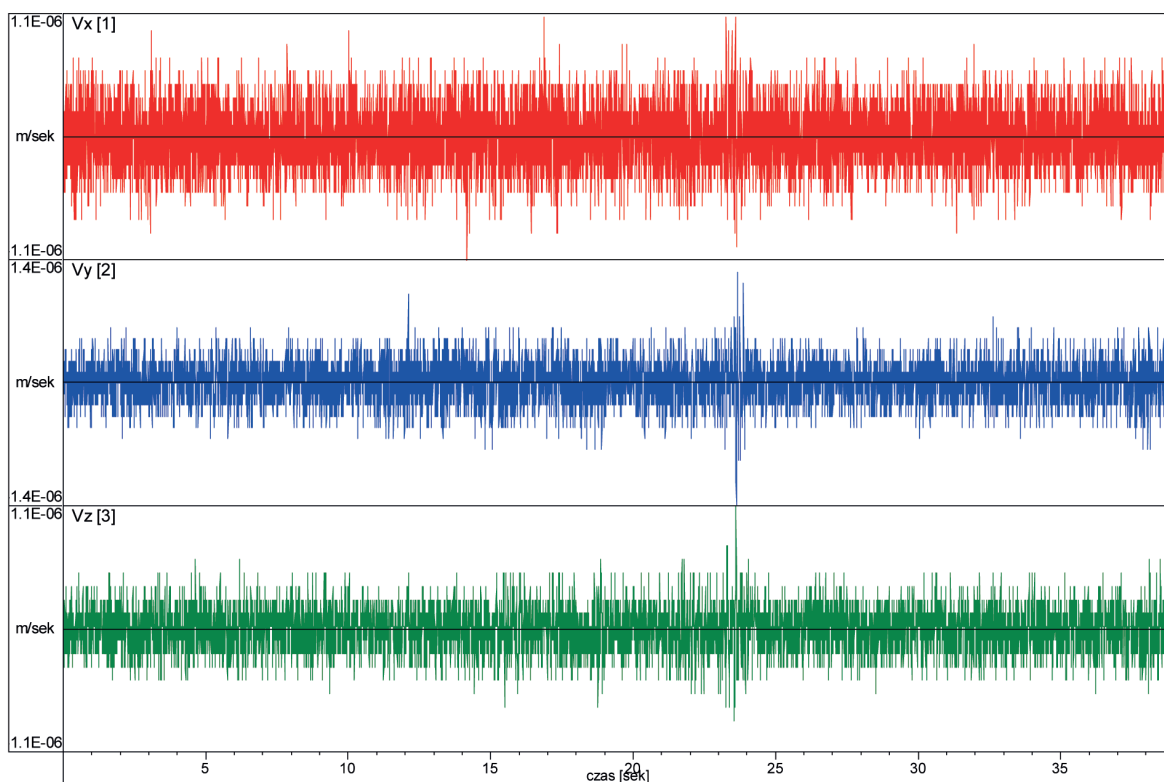
Największe amplitudy drgań zarejestrowano 27.05.2013 r. o godzinie 10.03, podczas pracy urządzeń (pomp) przy otworze Syczyn-OU2K. Zapis ten przedstawiono na rys. 8.



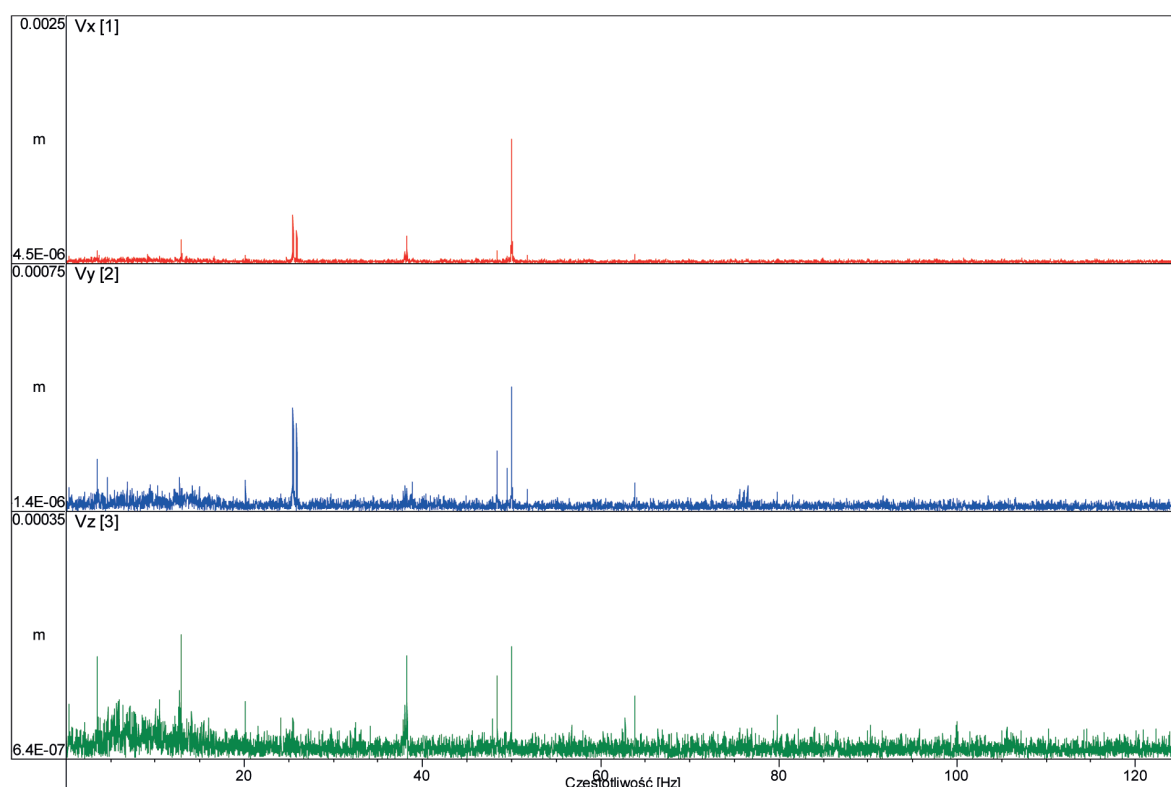
**Rys. 8.** Zapis drgań z dnia 27.05.2013 r. godzina 10.03 podczas pracy urządzeń



**Rys. 9.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 8



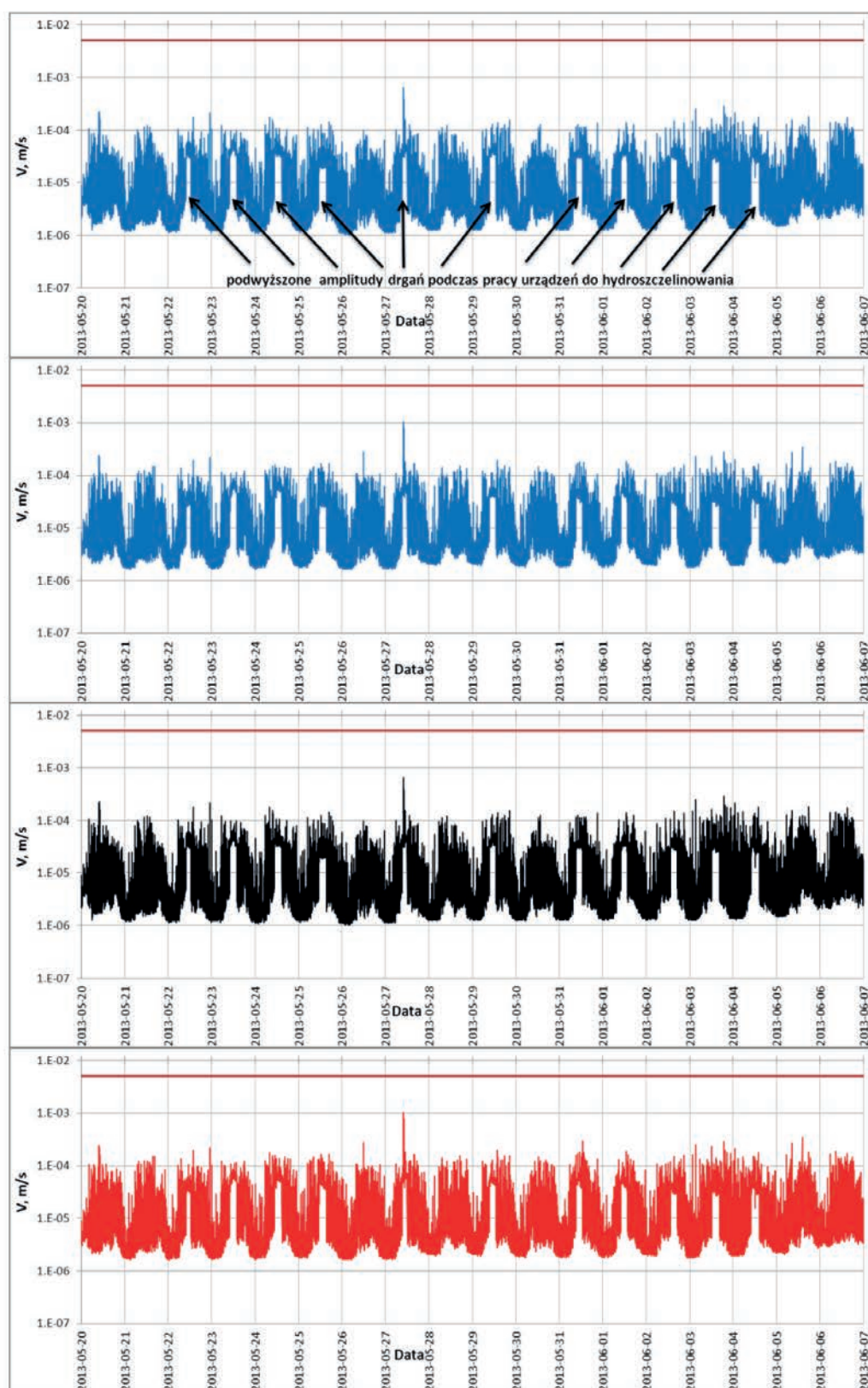
**Rys. 10.** Przykład tła sejsmicznego zarejestrowanego na stanowisku Syczyn 2



**Rys. 11.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 10

W rozpatrywanym okresie stwierdzono w badanym miejscu pomiarowym drgania parasejsmiczne na powierzchni terenu pochodzące od prac związanych z hydroszczelinowaniem (prace pomp). Prowadzone w dniach od 21.05.2013 r. do 10.07.2013 r. prace zostały zarejestrowane przez aparaturę AMAX zainstalowaną na stanowisku Syczyn 2. Było to miejsce zlokalizowane w najbliższej odległości od prowadzonych prac. Prowadzone prace są widoczne na zapisach pochodzących ze stanowiska Syczyn 2 w dniach od 22.05.2013 r. do 6.05.2013 r. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 20.05.2013 r. do 7.06.2013 r. dla stanowiska Syczyn 2 przedstawiono na rys. 12. W tym czasie wyraźnie zaznaczają się okresy pracy urządzeń hydroszczelinujących (patrz strzałki na rysunku 12), w których poziom maksymalnych amplitud jest wyższy w porównaniu do okresu gdy urządzenia te nie pracowały. Maksymalna zarejestrowana wypadkowa amplituda drgań wyniosła  $1,04E-3$  m/s. Zarejestrowane drgania zaliczono do drgań parasejsmicznych (nie są wynikiem pęknięcia skał w procesie hydroszczelinowania). Drgania na takim poziomie mogły być odczuwalne przez ludzi, lecz są nieszkodliwe dla budynków (wg skali SWD I jest to strefa II: drgania odczuwane przez budynek, ale nieszkodliwe dla konstrukcji; może następować tylko przyspieszone zużycie budynku i pierwsze rysy w wyprawach i tynkach).





**Rys 12.** Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 20.05.2013 r. do 7.06.2013 r. dla stanowiska Syczyn 2. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ

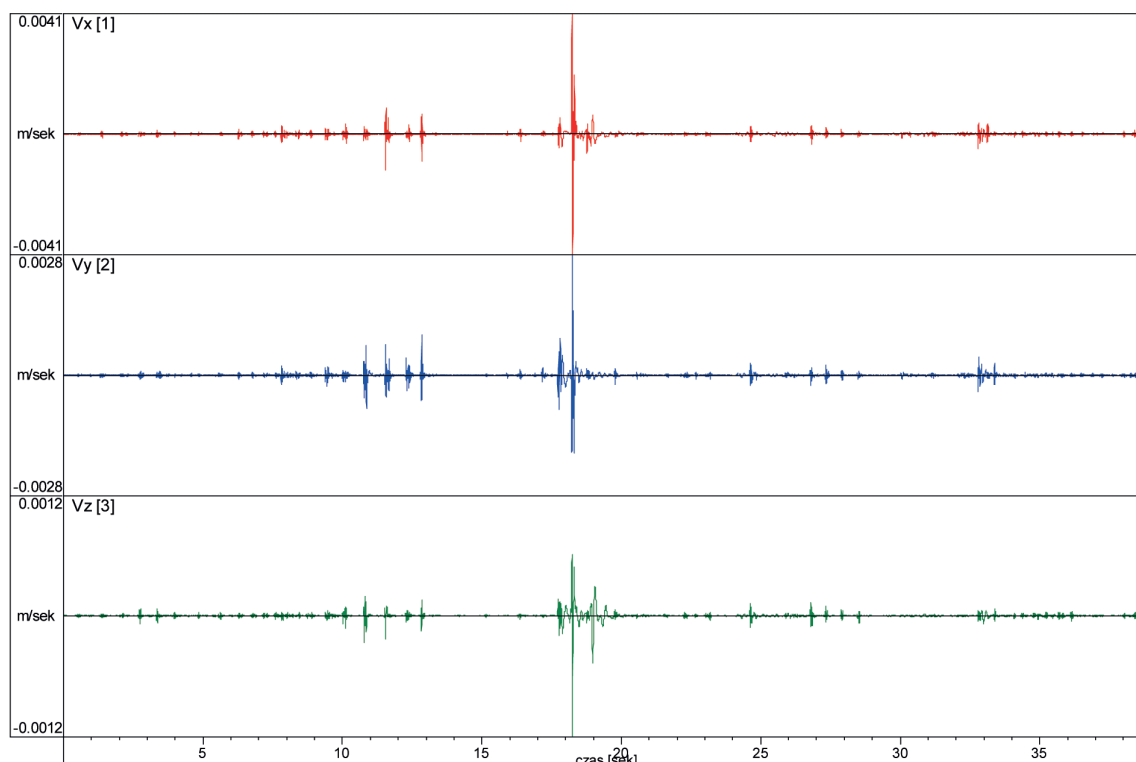
## Stanowisko Syczyn 3

Maksymalne amplitudy prędkości drgań (m/s) dla tła w całym zakresie częstotliwości (do 125 Hz) w poszczególnych okresach obserwacji:

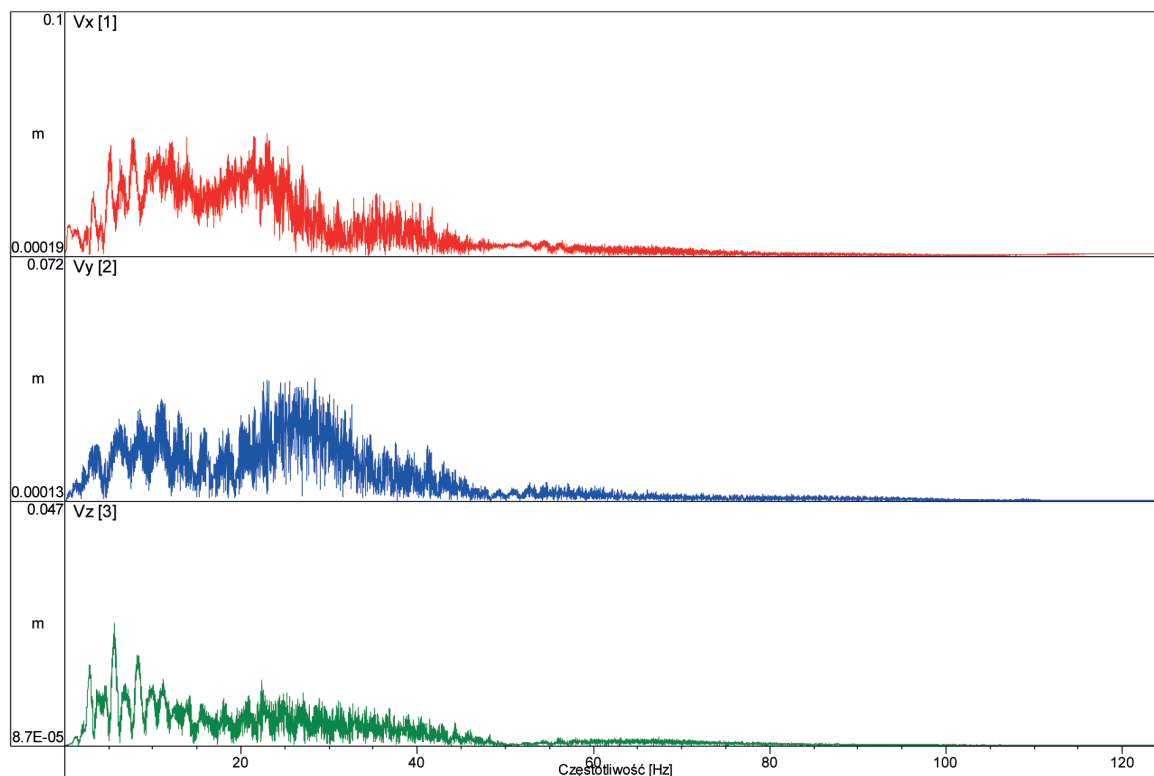
	<b>Przed hydroszczelinowaniem</b>	<b>W trakcie hydroszczelinowania</b>	<b>Po hydroszczelinowaniu</b>
Data i godzina	14.04.2013 r., 10.43	22.05.2013 r., 13.53	10.07.2013 r., 14.23
Wypadkowa XYZ	4,10E-3	4,10E-3	2,45E-3

Przykładowy zapis tła oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 15 i 16. Przedstawione na rys. 15 tło sejsmiczne obrazuje dolną granicę czułości aparatury rejestrującej, czyli minimalne wartości amplitud drgań, które mogą być odróżnione na tle szumu. Na stanowisku Syczyn 3 możliwa była rejestracja drgań o amplitudzie większej od  $4,0E-6$  m/s. Przedstawione na rys. 13 seismogramy są przykładem maksymalnych zarejestrowanych drgań w dniu 22.05.2013 r. godzina 13.53. Pochodziły one od uderzeń w czujnik lub jego poblizko.

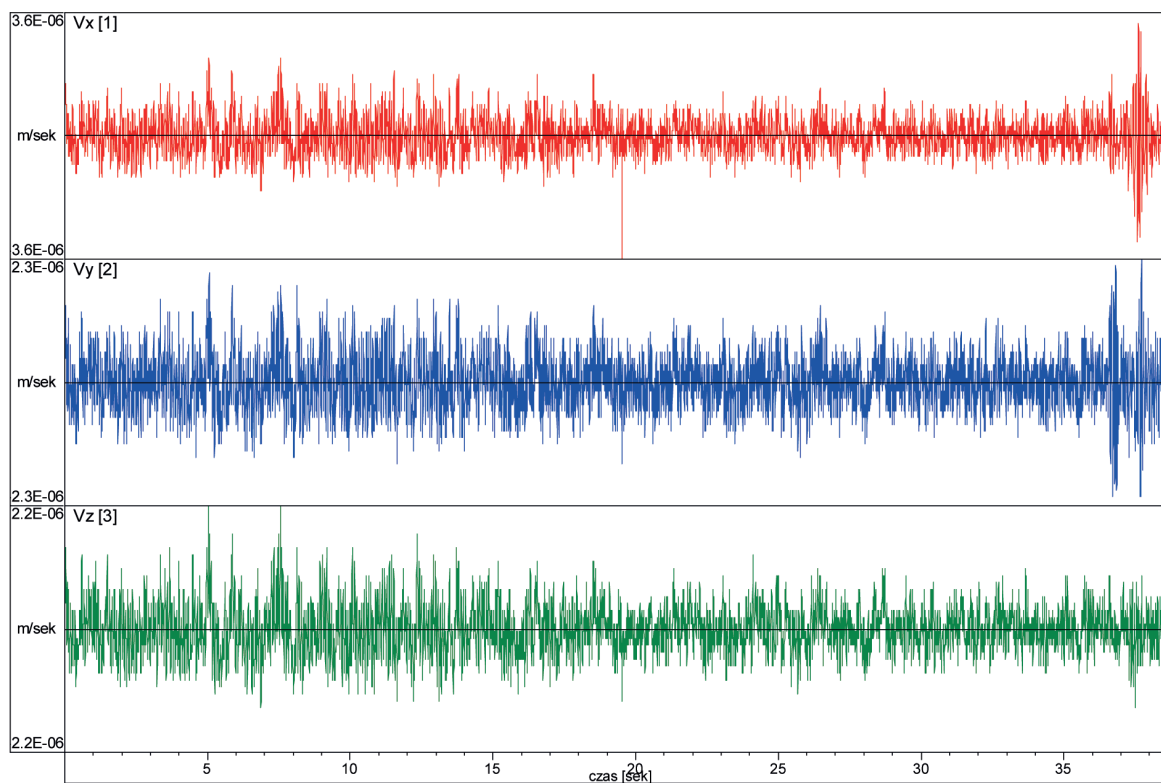
Zmienność maksymalnych amplitud w czasie dla badanego okresu przedstawia załącznik 6. Zapis zjawiska o maksymalnych amplitudach i jego widmo amplitudowe przedstawiają rys. 13 i 14.



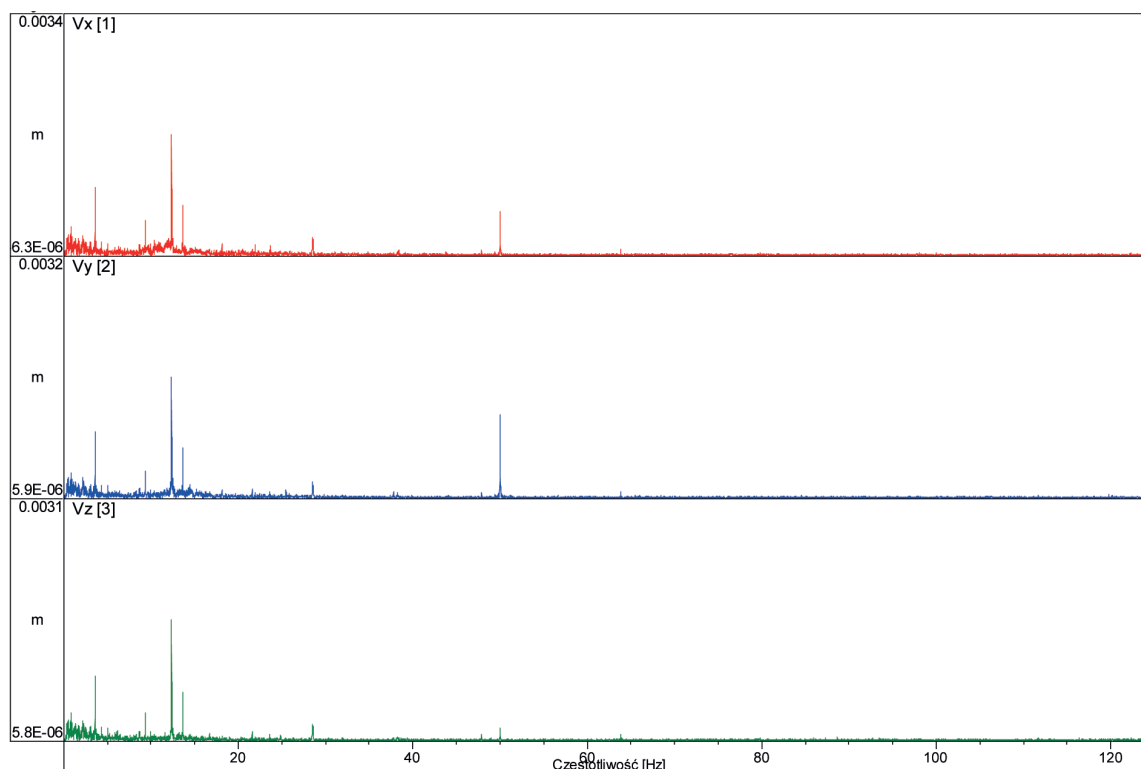
**Rys. 13.** Przykładowy zapis drgań z dnia 22.05.2013 r. godzina 13.53 o maksymalnej amplitudzie na stanowisku Syczyn 3



Rys. 14. Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) drgań z rys. 13



Rys. 15. Przykładowy zapis tła sejsmicznego na stanowisku Syczyn 3



**Rys. 16.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) drgań z rys. 15

Czujnik na stanowisku Syczyn 3 rejestrował szereg zjawisk o amplitudzie przekraczającej 1 mm/s. Drgania te miały podobny charakter – krótkie impulsy, podobne do przedstawionych na rys. 12. Pochodziły one od drgań wywołanych w pobliżu czujnika przez ludzi, np. grające w piłkę dzieci, skakanie, uderzenia itp.

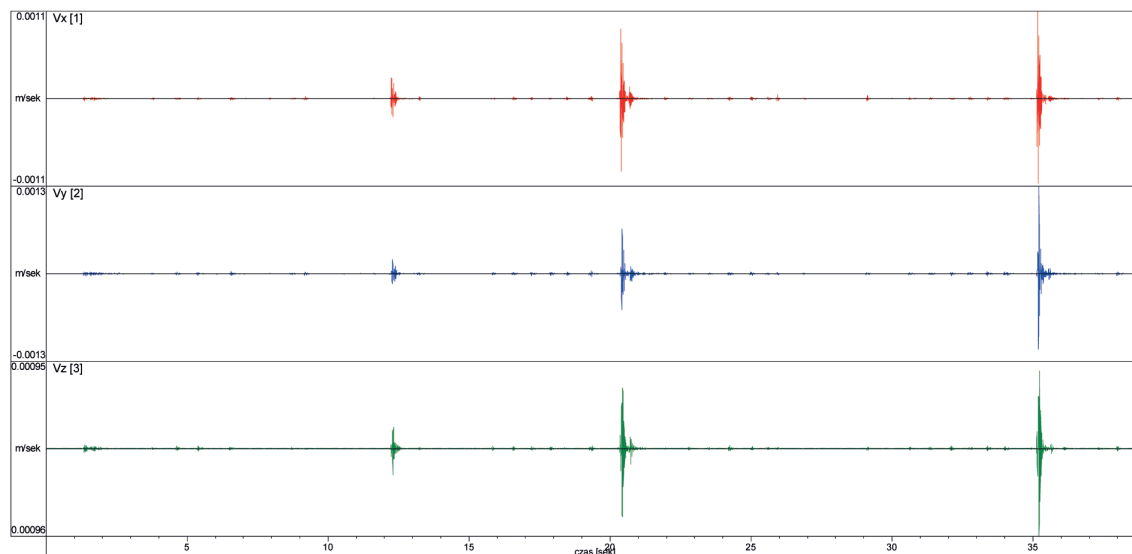
### Stanowisko Syczyn 4

Maksymalne amplitudy prędkości drgań (m/s) dla tła w całym zakresie częstotliwości (do 125 Hz) w poszczególnych okresach obserwacji:

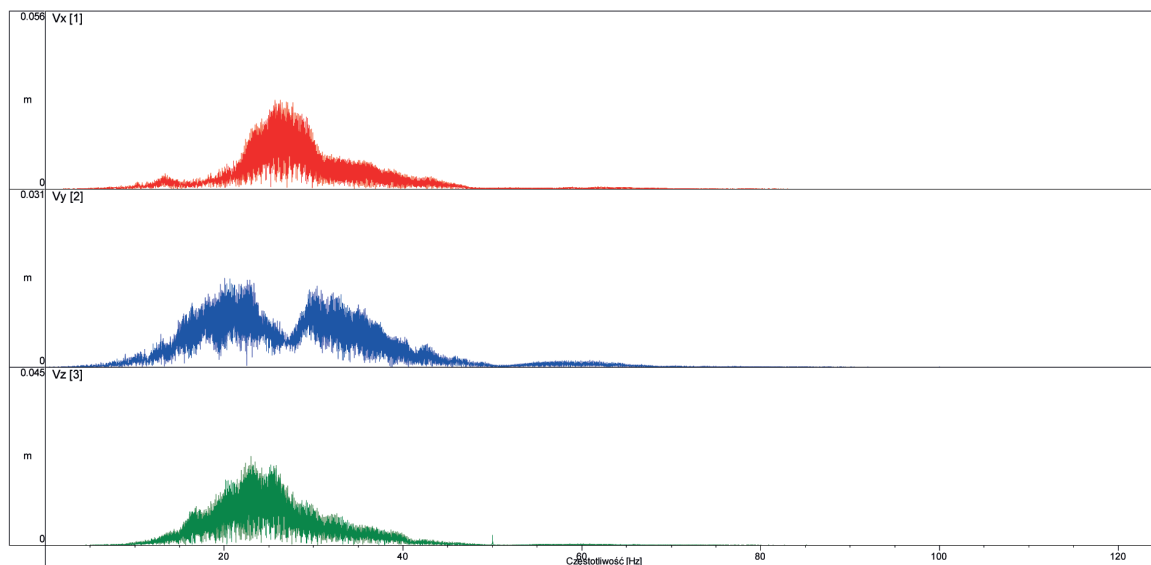
	<b>Przed hydroszczelinowaniem</b>	<b>W trakcie hydroszczelinowania</b>	<b>Po hydroszczelinowaniu</b>
Data i godzina	09.05.2013, 09.51	04.07.2013, 06.38	08.08.2013, 10.59
Wypadkowa XYZ	5,06E-4	1,28E-3	8,34E-4

Przykładowy zapis tła oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 19 i 20. Przedstawione na rys. 19 tło sejsmiczne obrazuje dolną granicę czułości aparatury rejestrującej, czyli minimalne wartości amplitud drgań, które mogą być odróżnione na tle szumu. Na stanowisku Syczyn 4 możliwa była rejestracja drgań o amplitudzie większej od 2,0E-6 m/s. Przedstawione na rys. 17 sejsmogramy są przykładem zarejestrowanych drgań, których amplituda przekracza poziom tła.

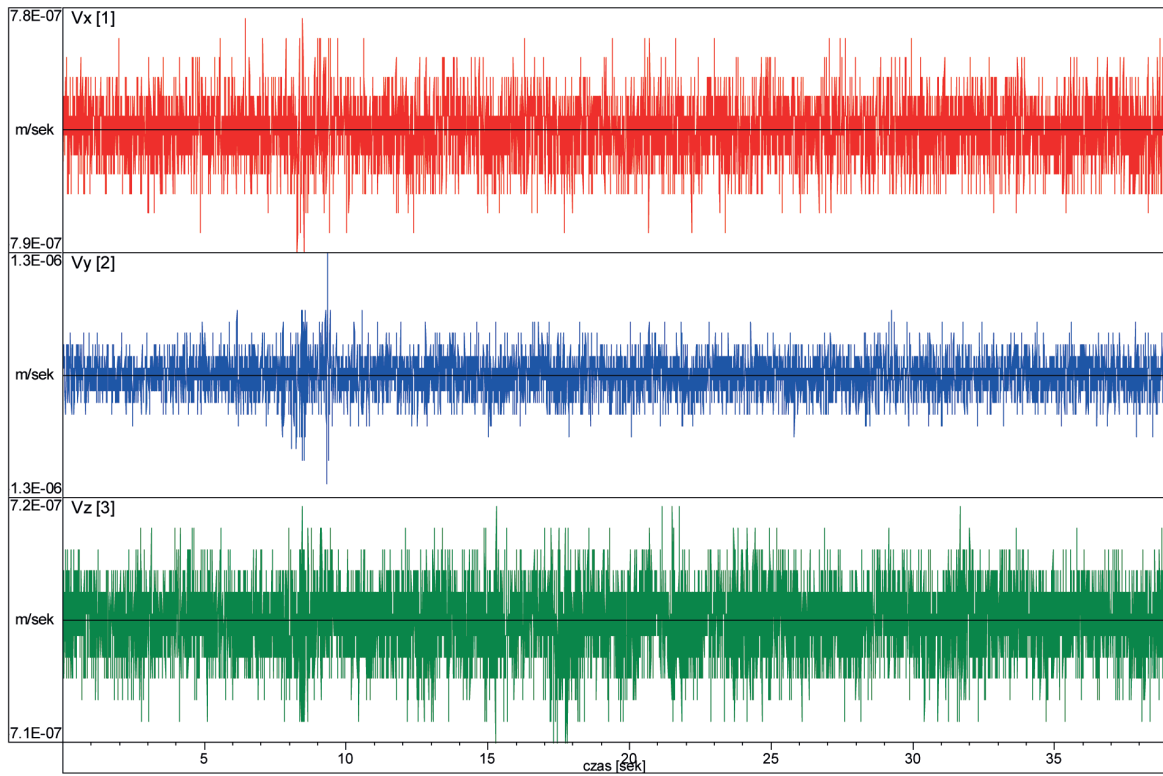
Zmienność maksymalnych amplitud w czasie przedstawia załącznik 7. Zapis zjawiska o maksymalnych amplitudach, z dnia 4.07.2013 r. o godzinie 6.38, przedstawiają rys. 17 i 18.



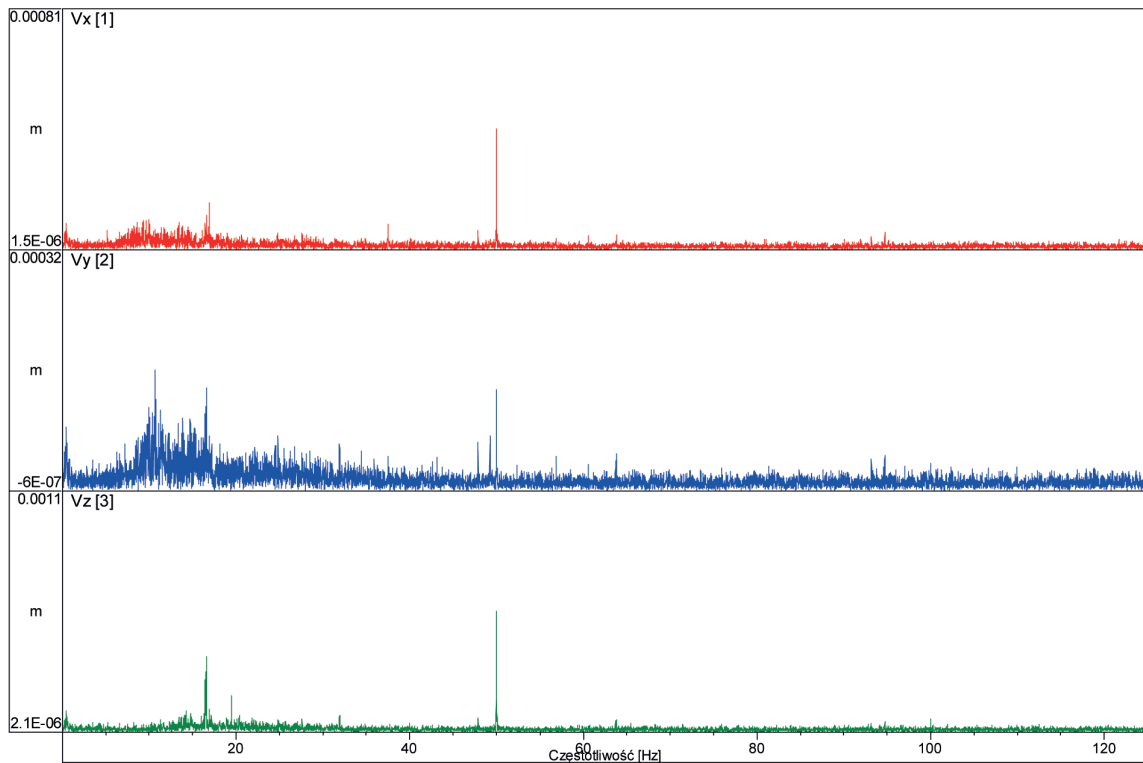
**Rys. 17.** Przykładowy zapis drgań z dnia 04.07.2013 r. godzina 6.38 o maksymalnej amplitudzie na stanowisku Syczyn 4



**Rys. 18.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) tła z rys. 17



**Rys. 19.** Przykładowy zapis tła sejsmicznego na stanowisku Syczyn 4



**Rys. 20.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) drgań z rys. 19

Czujnik na stanowisku Syczyn 4 rejestrował szereg zjawisk o amplitudzie zbliżonej około 1 mm/s. Drgania te miały podobny charakter – krótkie impulsy, podobne do przedstawionych na rys. 16. Pochodziły one od drgań wywołanych w pobliżu czujnika przez ludzi, np. grające w piłkę dzieci, skakanie, uderzenia w gospodarstwie itp.

W trakcie prowadzenia pomiarów na powierzchni terenu w rejonie otworów Syczyn-OU2K nie zarejestrowano drgań pochodzących od wstrząsów sejsmicznych związanych z procesem pęknięcia górotworu spowodowanego hydroszczelinowaniem.

## 4.2. Poligon w rejonie otworu Zwierzyniec-1

Tło sejsmiczne wokół otworów Zwierzyniec-1 mierzono w sposób ciągły na czterech stanowiskach pomiarowych w dniach od 12.06.2013 r. do 6.09.2013 r. Pomiary w dniach od 12.06.2013 r. do 5.07.2013 r. wykonywane były przed hydroszczelinowaniem, w dniach od 6.07.2013 r. do 11.07.2013 r. – w trakcie hydroszczelinowania oraz w dniach od 11.07.2013 r. do 6.09.2013 r. – po hydroszczelinowaniu. Rejestrowane tło ulegało w czasie pomiarów zmianom, co prezentują rysunki rozkładów maksymalnych amplitud przedstawione w załącznikach nr 8, 9, 10 i 11.

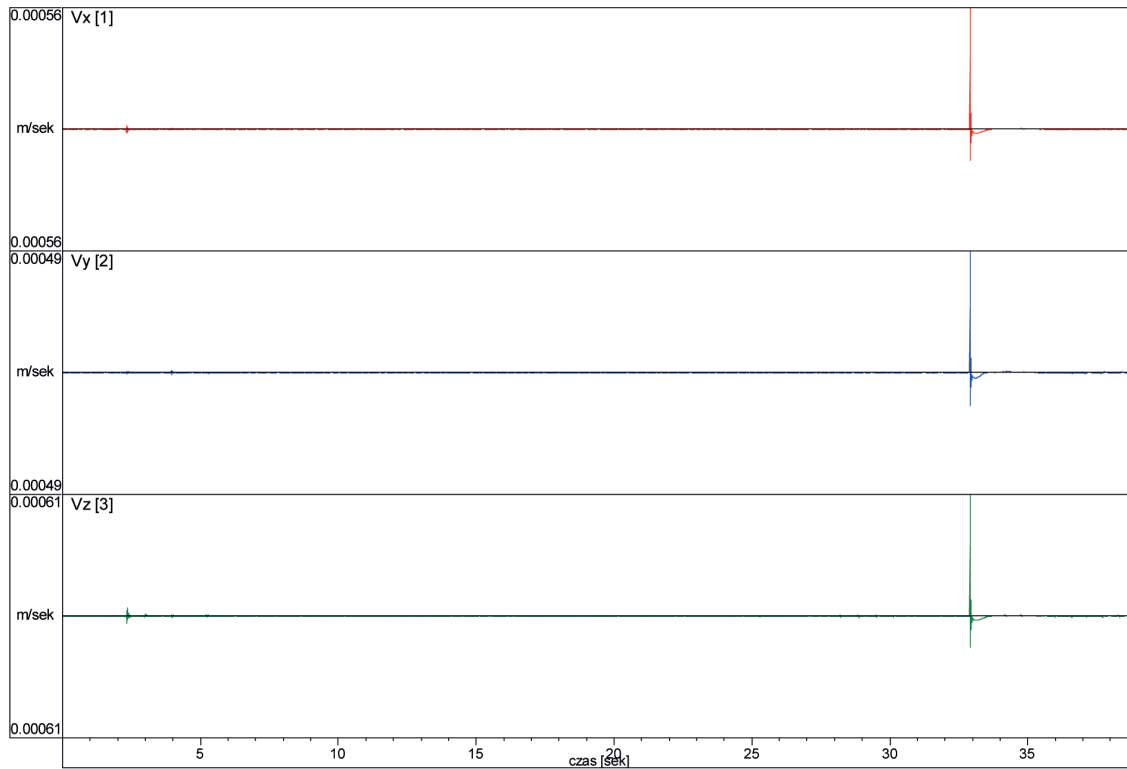
Wyniki pomiarów tła sejsmicznego w badanym okresie na poszczególnych stanowiskach pomiarowych przedstawiono w załącznikach 8-11, a ich analiza i opis są następujące:

### Stanowisko Zawada 1

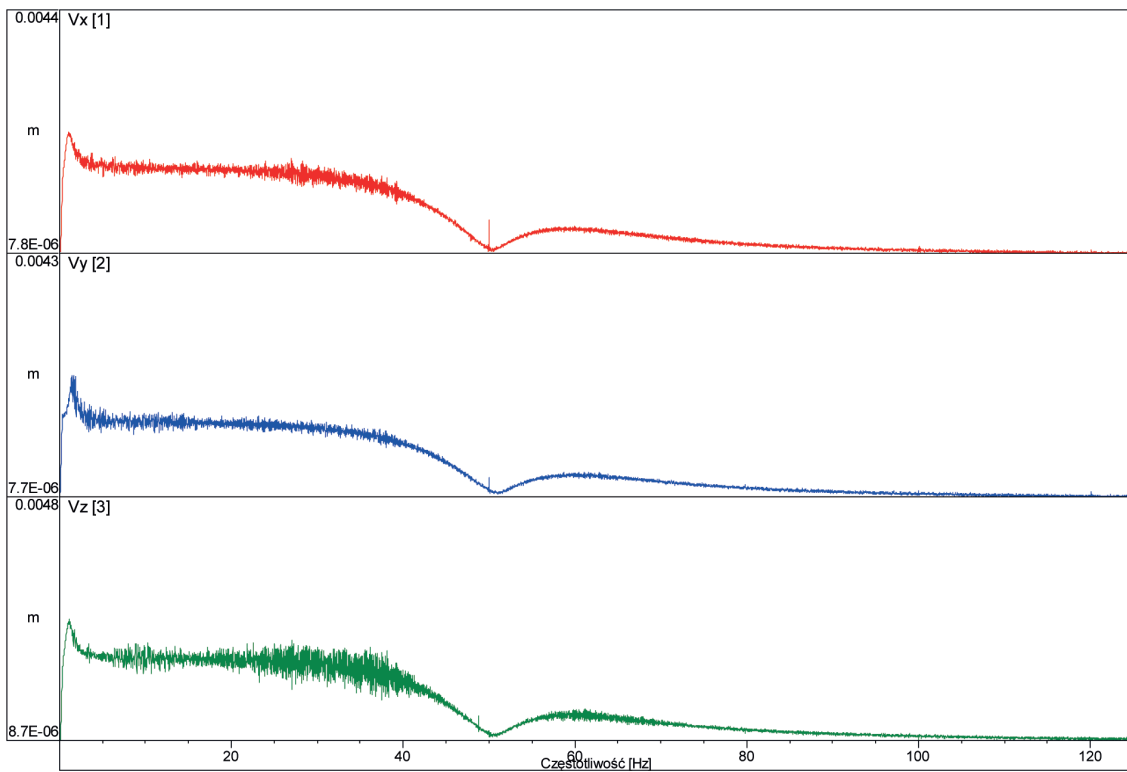
Maksymalne amplitudy prędkości drgań (m/s) dla tła w całym zakresie częstotliwości (do 125 Hz) w poszczególnych okresach obserwacji:

	<b>Przed hydroszczelinowaniem</b>	<b>W trakcie hydroszczelinowania</b>	<b>Po hydroszczelinowaniu</b>
Data i godzina	20.06.2013 r., 10.44	09.07.2013 r., 17.29	15.07.2013 r., 11.22
Wypadkowa XYZ	6,10E-04	7,91E-05	4,51E-04

Zmienność maksymalnych amplitud w czasie przedstawiono w załączniku 8. Przykładowe zapisy drgań oraz ich widma fourierowskie przedstawiają rys 21–24. Przykładowy zapis tła oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 25 i 26. Przedstawione na rys. 25 tło sejsmiczne obrazuje dolną granicę czułości aparatury rejestrującej, czyli minimalne wartości amplitud drgań, które mogą być odróżnione na tle szumu. Na stanowisku Zawada 1 możliwa była rejestracja drgań o amplitudzie większej od 2,0E-6 m/s. Przedstawione na rys. 21 i 23 sejsmogramy są przykładem zarejestrowanych drgań, których amplituda przekracza poziom tła. Zapis z rys. 23 pochodzi od uderzenia w czujnik lub jego poblize.

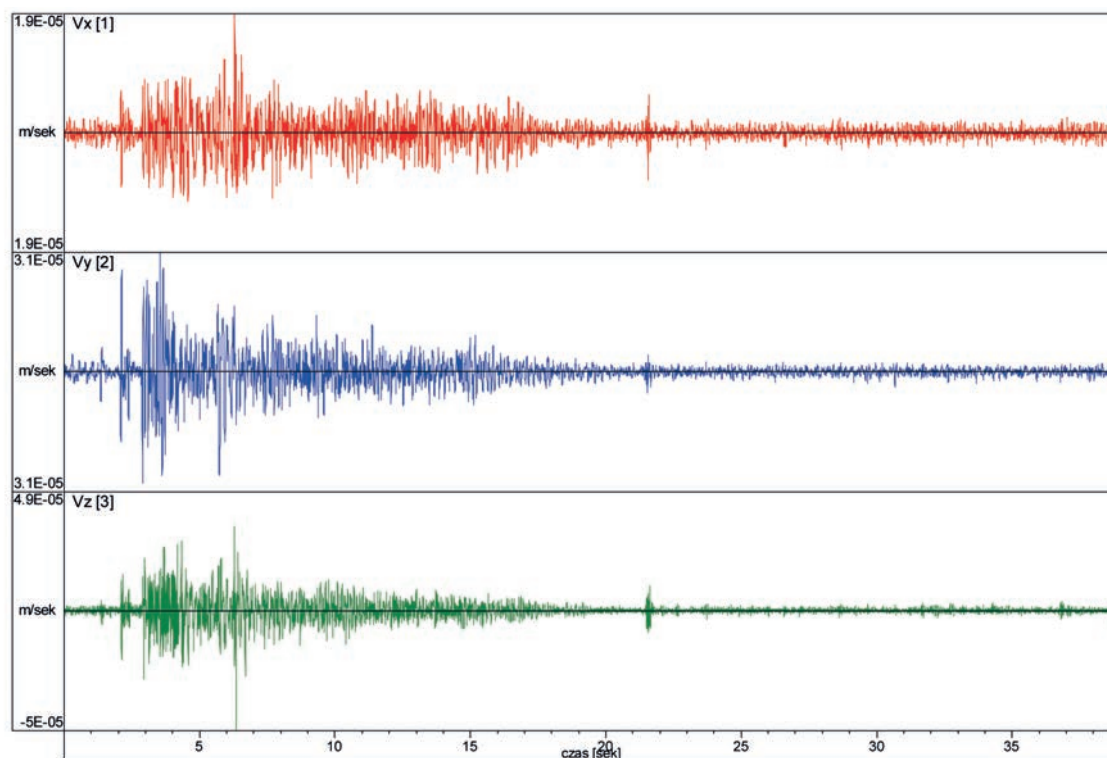


**Rys. 21.** Zapis z dnia 20.06.2013 r. godzina 10.44 o maksymalnej amplitudzie na stanowisku Zawada 1

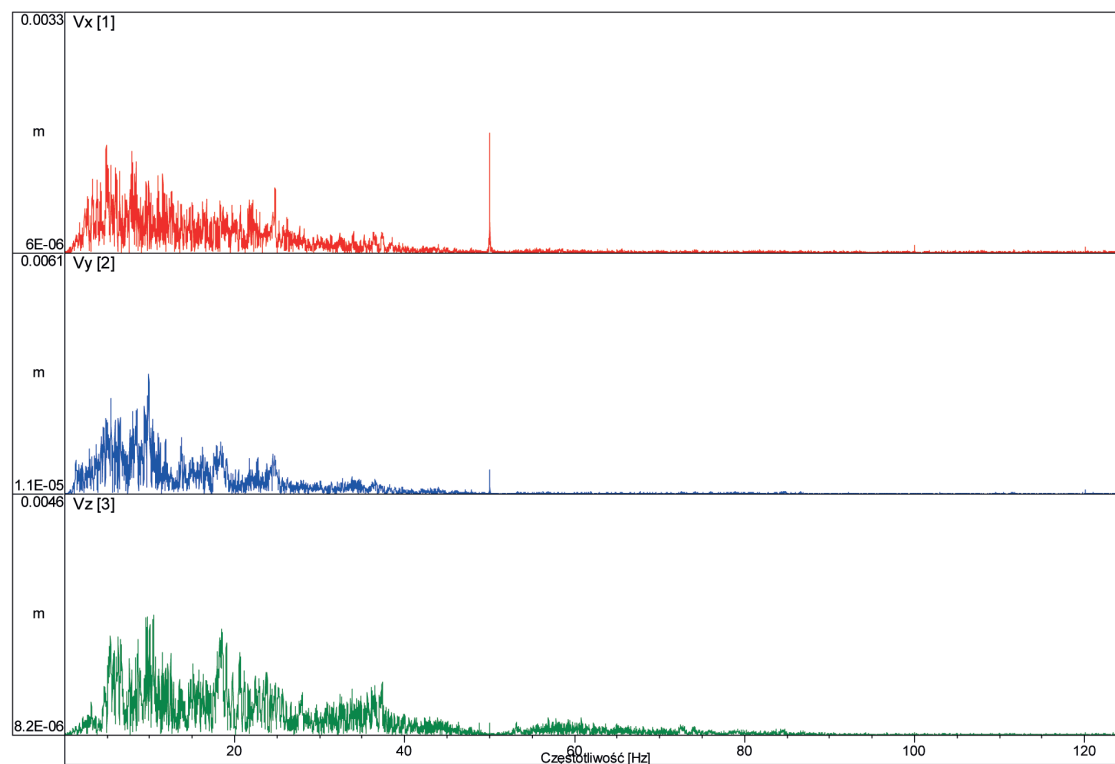


**Rys. 22.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 21

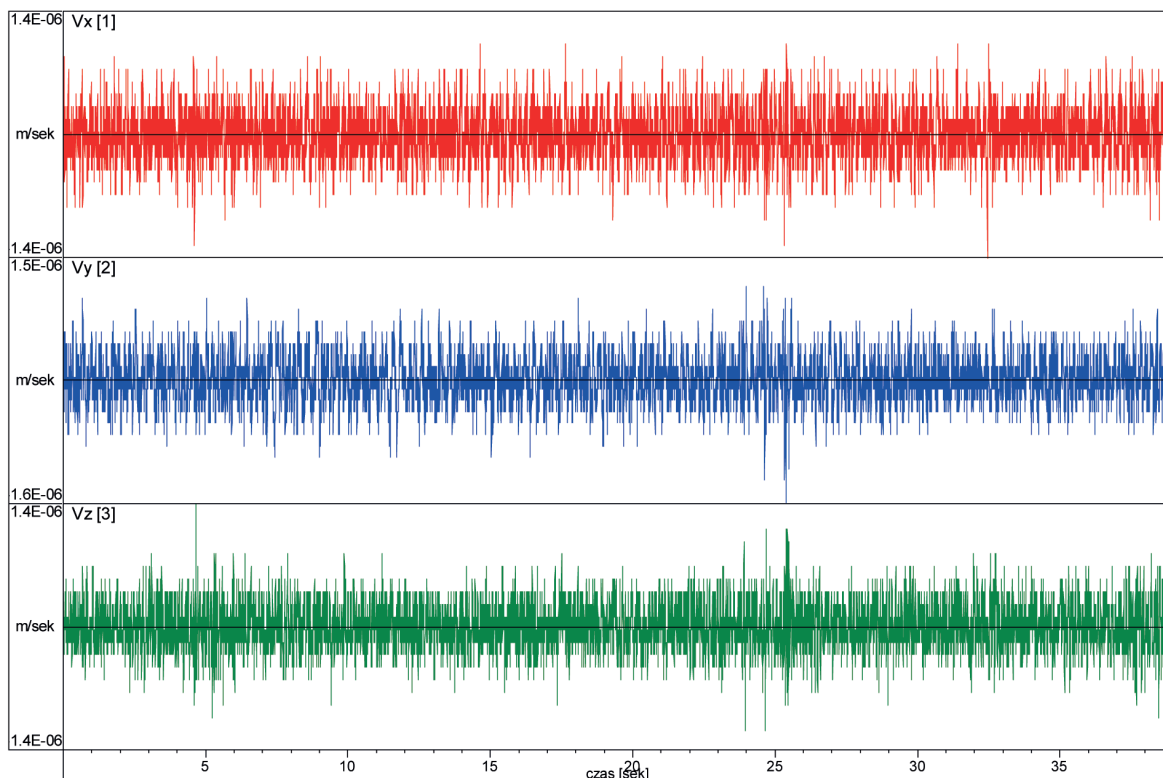




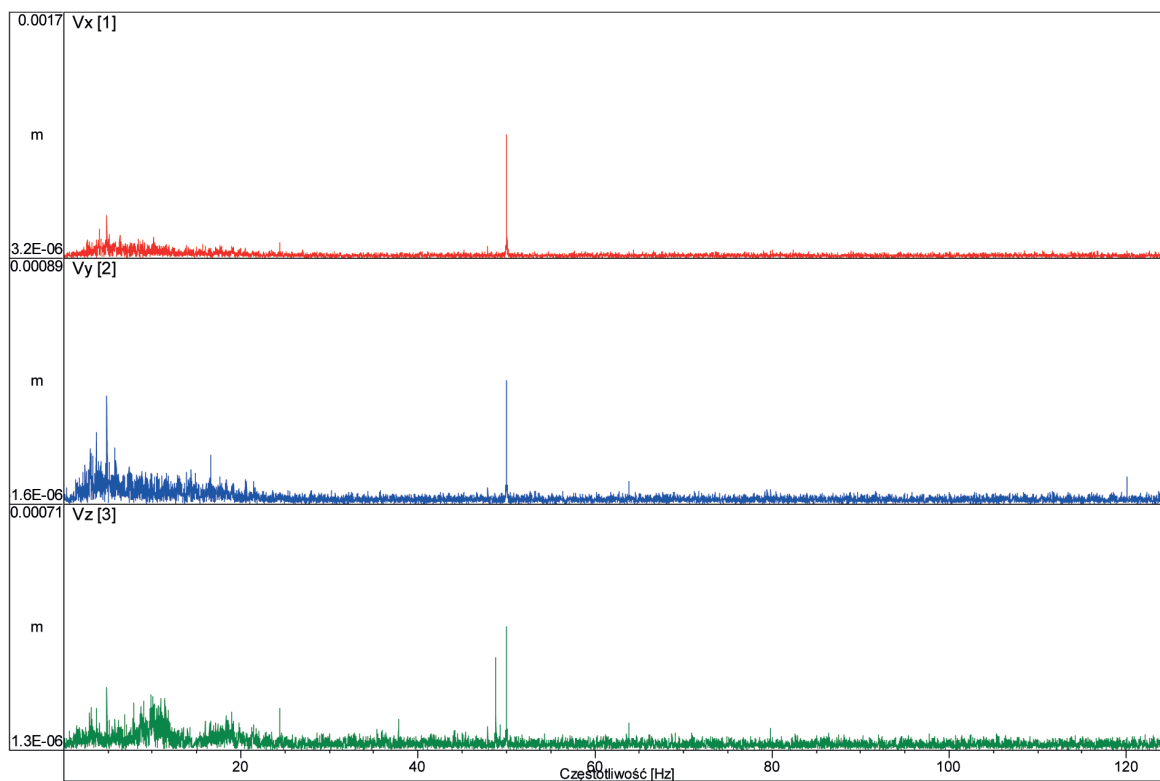
Rys. 23. Przykładowy zapis drgań zarejestrowanych na stanowisku Zawada 1



Rys. 24. Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 23



**Rys. 25.** Przykładowy zapis tła sejsmicznego zarejestrowanego na stanowisku Zawada 1



**Rys. 26.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 25

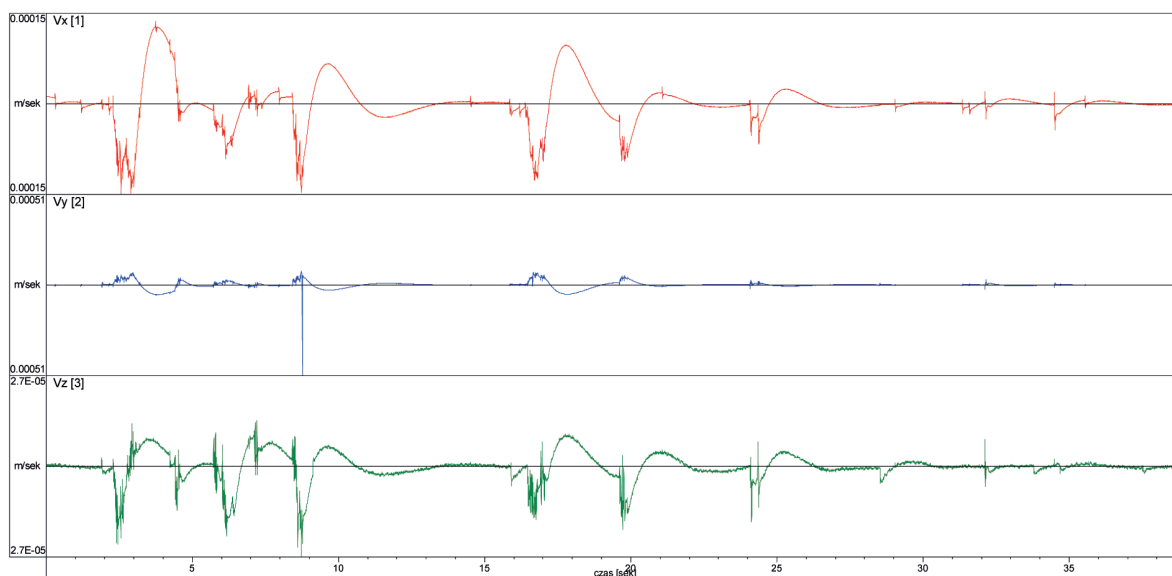
## Stanowisko Zawada 2

Stanowisko Zawada 2 zlokalizowane w miejscowości Siedliska-Kolonia podczas pracy miało szereg awarii, łącznie nie pracowało przez 21 dni. Na stanowisku tym trzykrotnie awarii uległ komputer rejestrujący. Jedna z awarii miała miejsce w dniach od 6.07.2013 r. do 12.07.2013 r., czyli w czasie prowadzenia hydroszczelinowania. Awarie spowodowane były prawdopodobnie znacznymi wahaniami napięcia w sieci zasilającej.

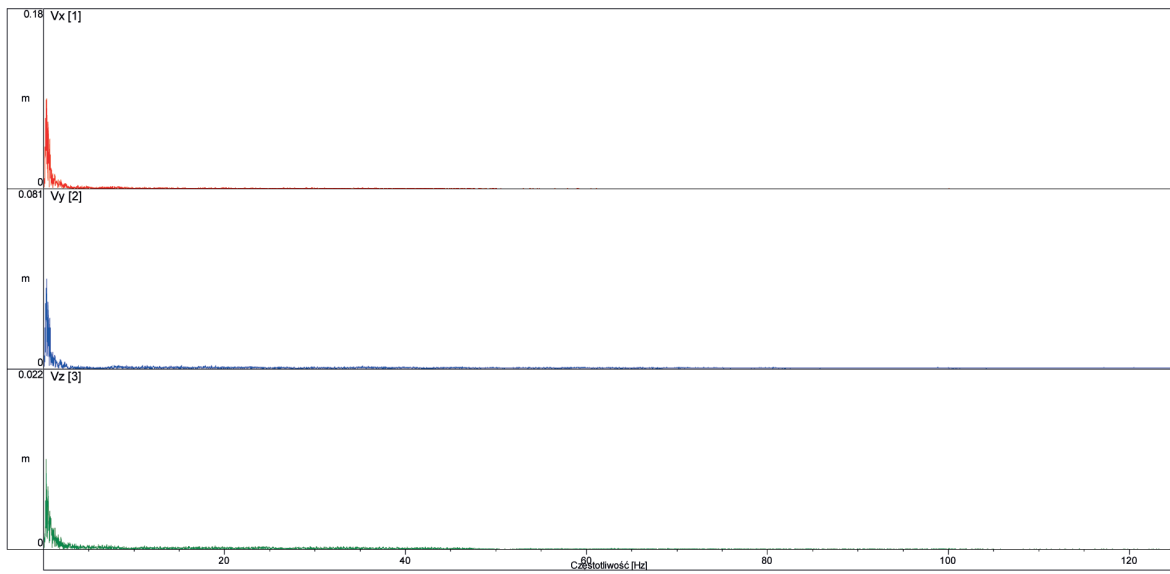
Maksymalne amplitudy prędkości drgań (m/s) dla tła w całym zakresie częstotliwości (do 125 Hz) w poszczególnych okresach obserwacji:

	<b>Przed hydroszczelinowaniem</b>	<b>W trakcie hydroszczelinowania</b>	<b>Po hydroszczelinowaniu</b>
Data i godzina	22.06.2013 r., 23.39	–	27.08.2013 r., 04.39
Wypadkowa XYZ	5,06E-04	–	9,67E-05

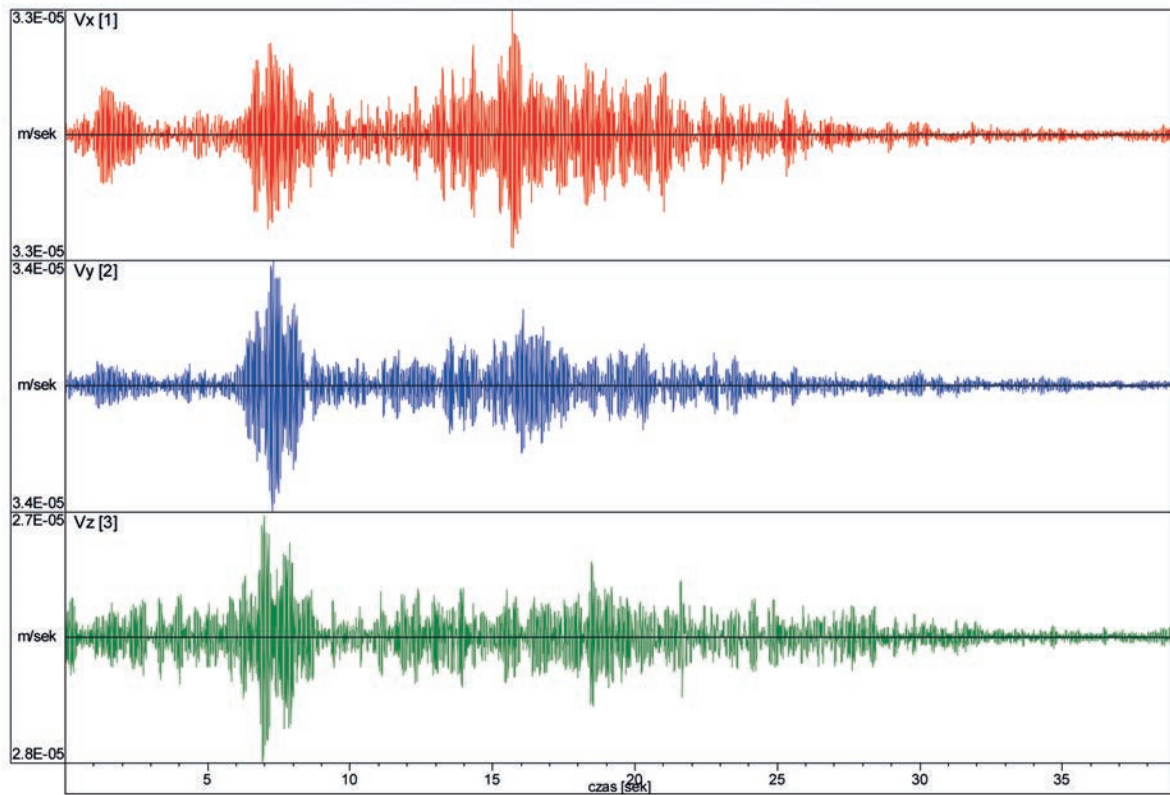
Zmienność maksymalnych amplitud w czasie przedstawiono w załączniku 9. Przykładowe zapisy drgań oraz ich widma fourierowskie przedstawiają rys. 27–30. Przykładowy zapis tła oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 31 i 33. Przedstawione na rys. 31 tło sejsmiczne obrazuje dolną granicę czułości aparatury rejestrującej, czyli minimalne wartości amplitud drgań, które mogą być odróżnione na tle szumu. Na stanowisku Zawada 2 możliwa była rejestracja drgań o amplitudzie większej od  $2,0E-6$  m/s. Przedstawione na rys. 27 i 29 sejsmogramy są przykładem zarejestrowanych drgań, których amplituda przekracza poziom tła.



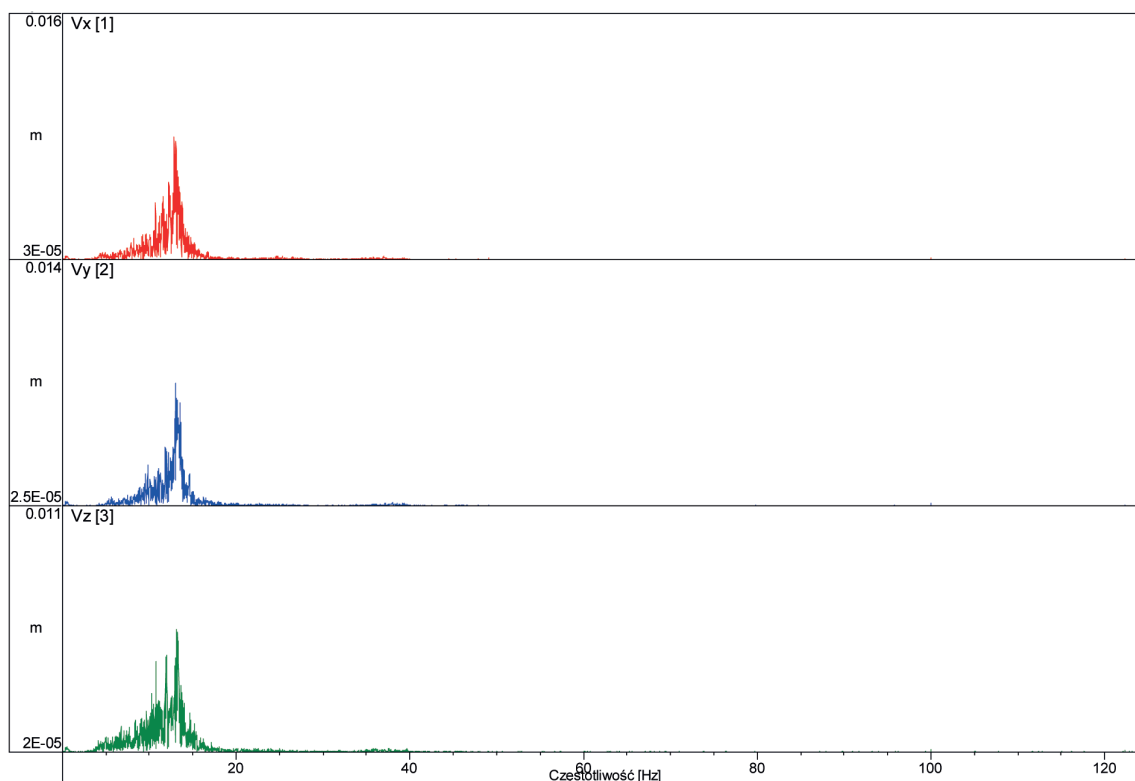
**Rys. 27.** Przykładowy zapis drgań z dnia 22.06.2013 r. godzina 23.39 o maksymalnej amplitudzie zarejestrowanych na stanowisku Zawada 2



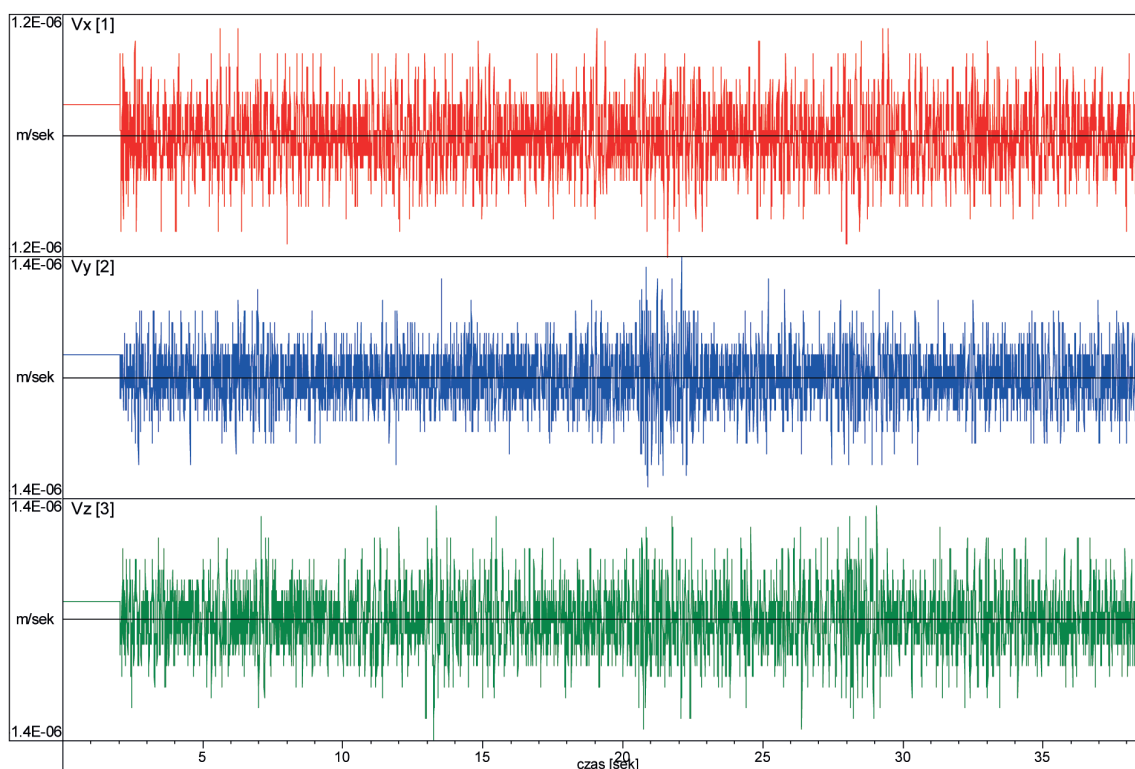
**Rys. 28.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 27



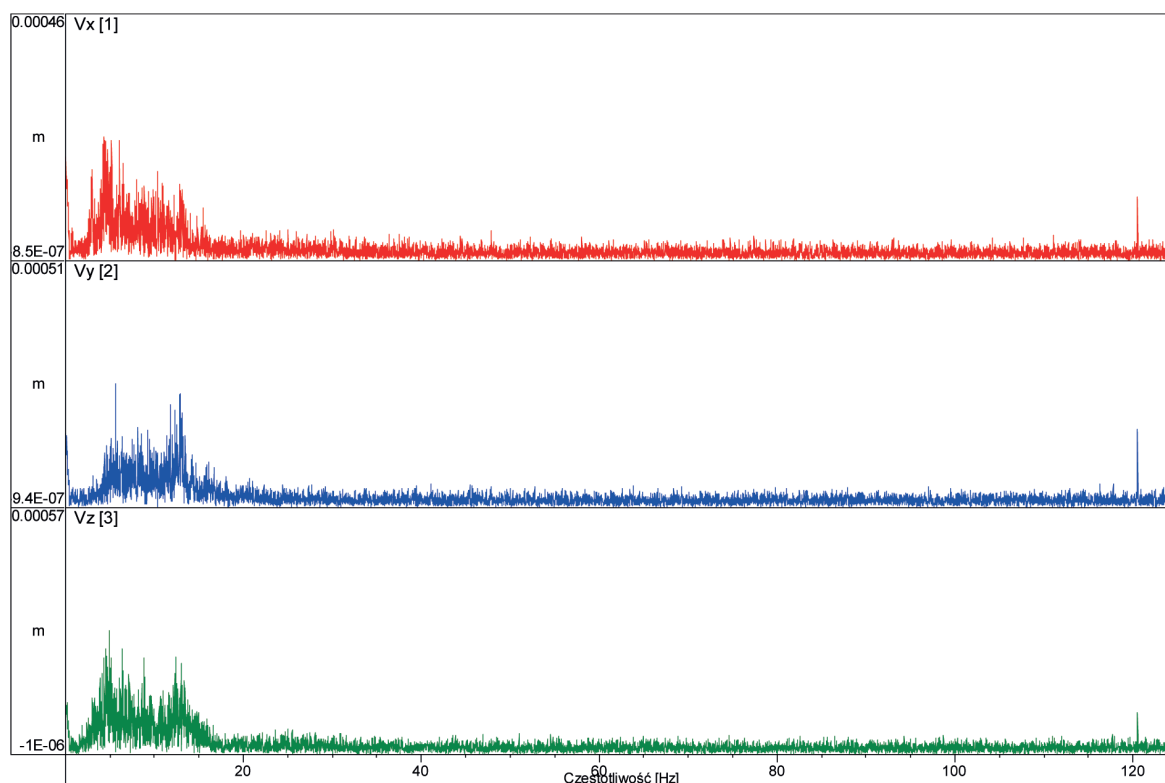
**Rys. 29.** Przykładowy zapis drgań zarejestrowanych na stanowisku Zawada 2



Rys. 30. Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 29



Rys. 31. Przykładowy zapis tła sejsmicznego zarejestrowanego na stanowisku Zawada 2



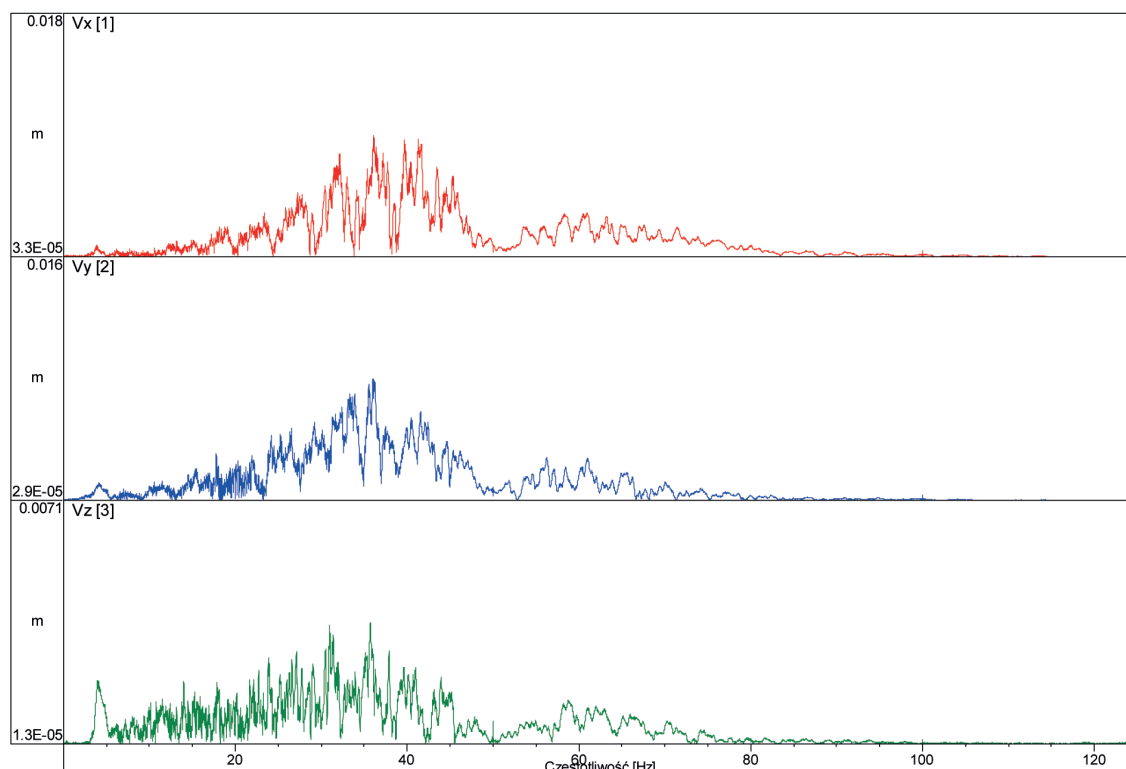
**Rys. 32.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 31

### Stanowisko Zawada 3

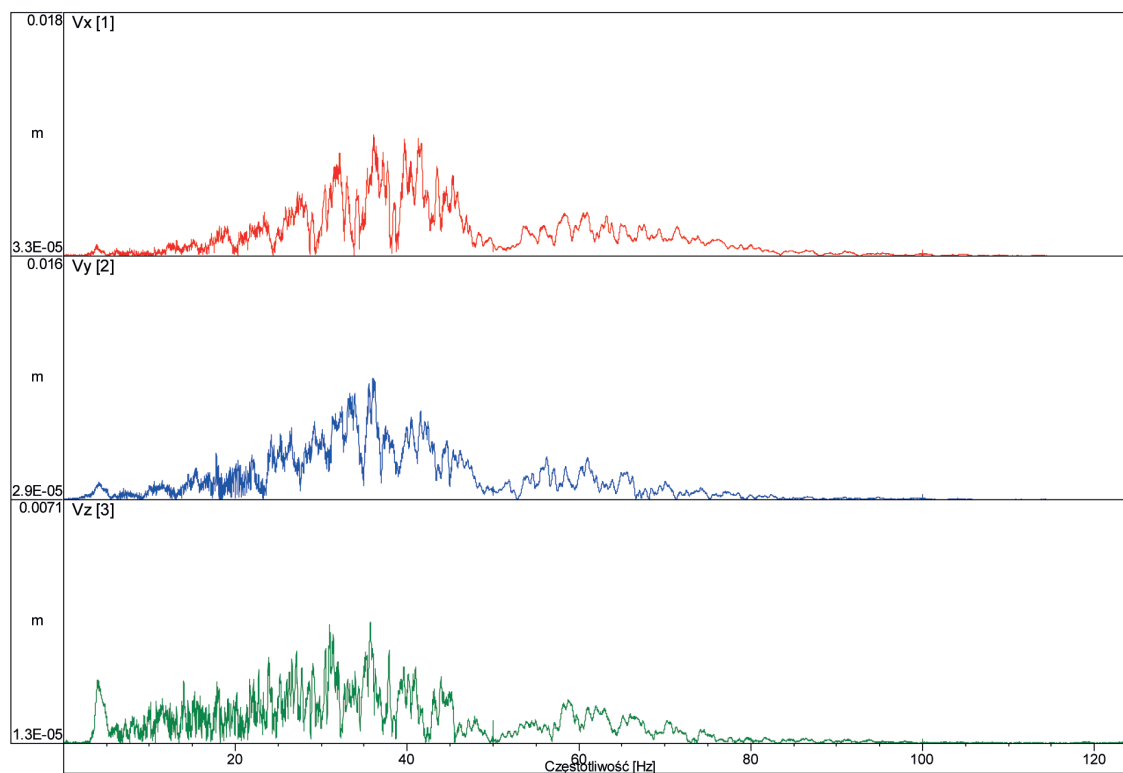
Maksymalne amplitudy prędkości drgań (m/s) dla tła w całym zakresie częstotliwości (do 125 Hz) w poszczególnych okresach obserwacji:

	<b>Przed hydroszczelinowaniem</b>	<b>W trakcie hydroszczelinowania</b>	<b>Po hydroszczelinowaniu</b>
Data i godzina	13.06.2013 r., 17.55	06.07.2013 r., 21.39	04.09.2013 r., 18.33
Wypadkowa XYZ	5,55E-04	2,28E-04	8,38E-04

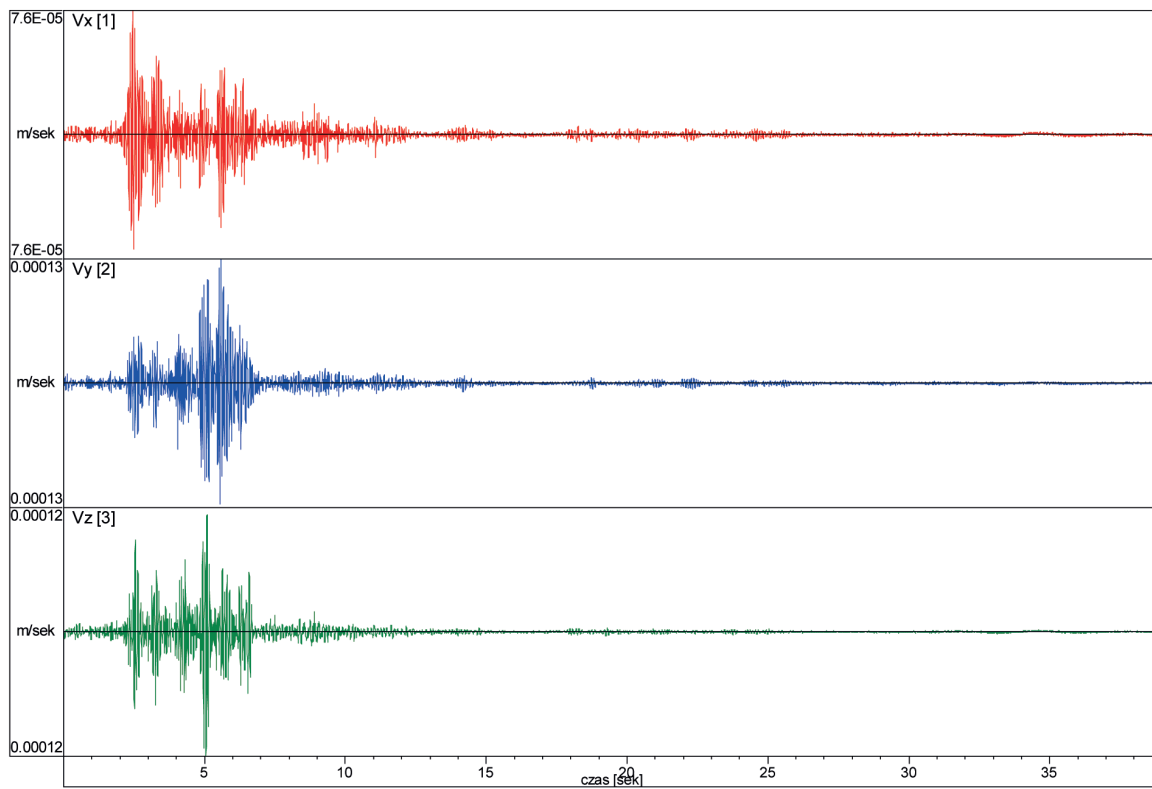
Zmienność maksymalnych amplitud w czasie przedstawiono w załączniku 10. Przykładowe zapisy drgań oraz ich widma fourierowskie przedstawiają rys. 33–36. Przykładowy zapis tła oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 37 i 38. Przedstawione na rys. 37 tło sejsmiczne obrazuje dolną granicę czułości aparatury rejestrującej, czyli minimalne wartości amplitud drgań, które mogą być odróżnione na tle szumu. Na stanowisku Zawada 3 możliwa była rejestracja drgań o amplitudzie większej od 2,0E-6 m/s. Przedstawione na rys. 33 i 35 sejsmogramy są przykładem zarejestrowanych drgań, których amplituda przekracza poziom tła. Zapis z rys. 33 pochodzi od uderzeń w pobliżu czujnika.



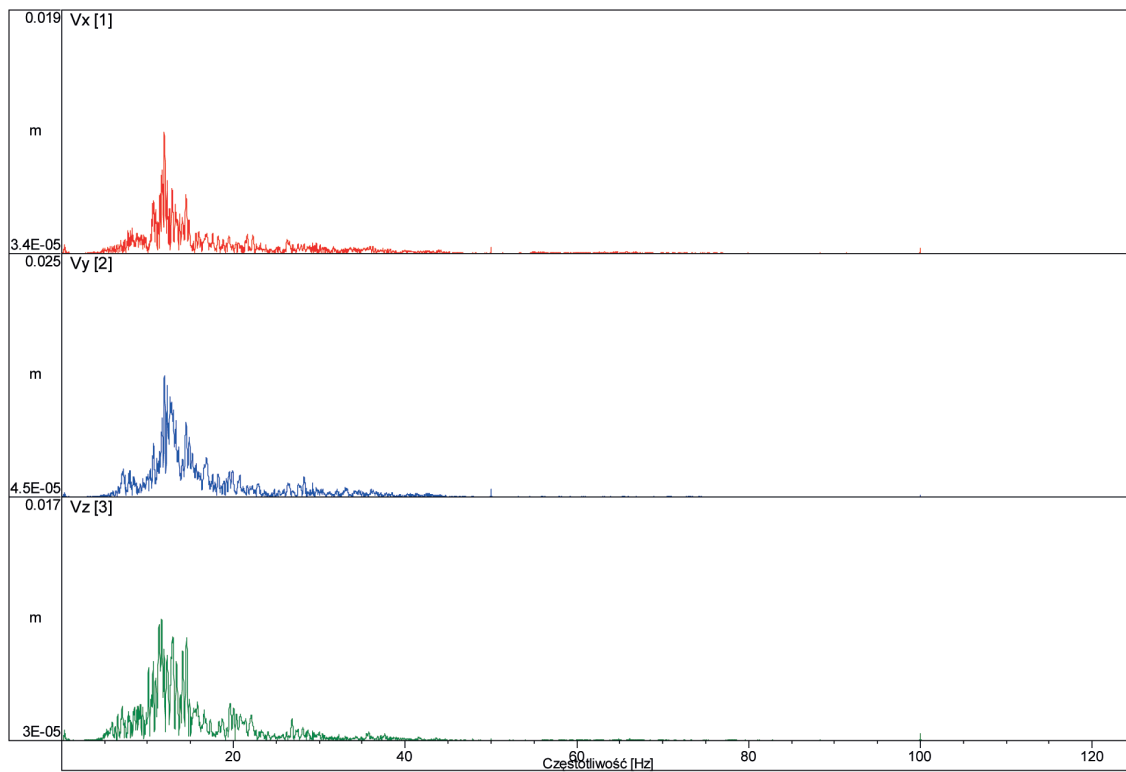
**Rys. 33.** Przykładowy zapis drgań z dnia 04.09.2013 r. godzina 18.33 o maksymalnej amplitudzie na stanowisku Zawada 3



**Rys. 34.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 33

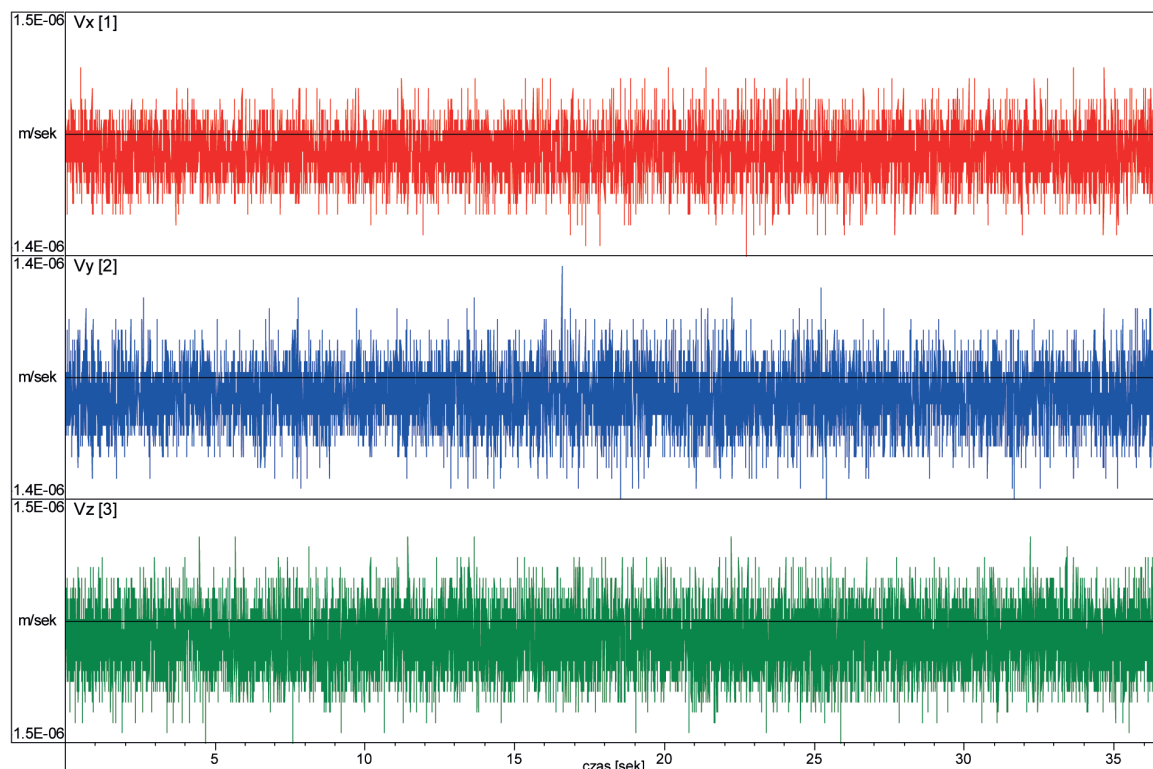


isku Zawada 3

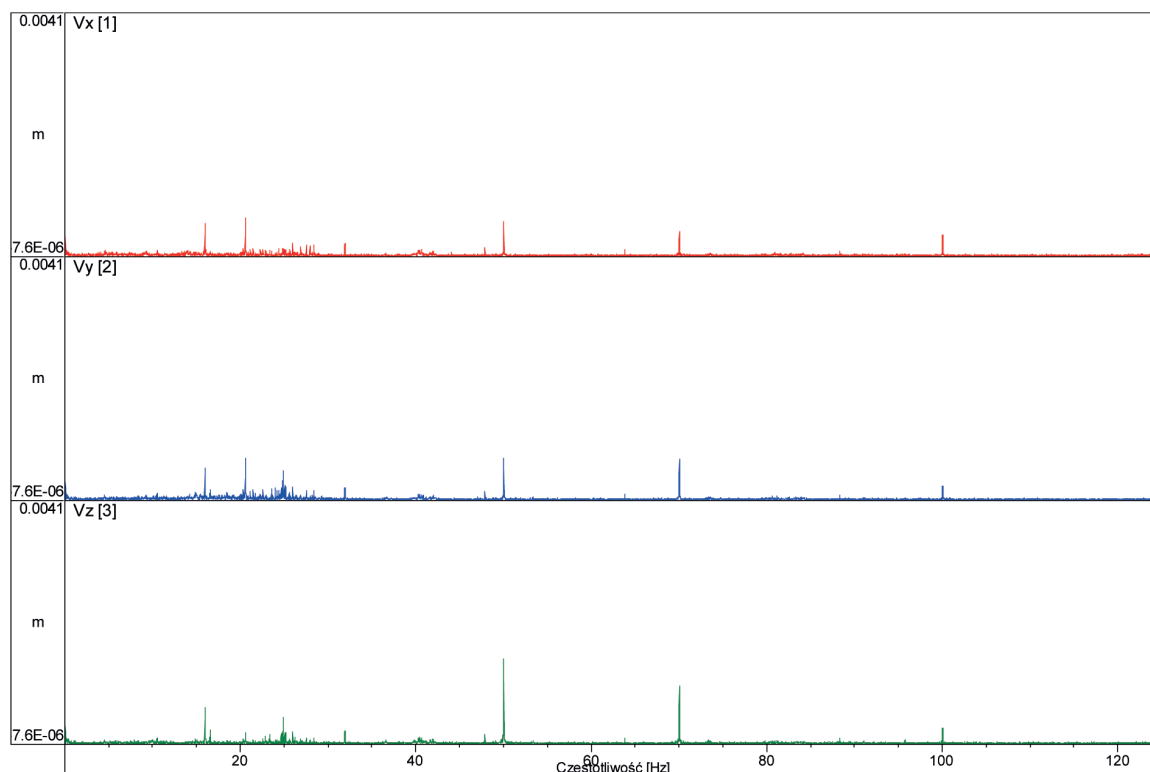


**Rys. 36.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 35





Rys. 37. Przykładowy zapis tła sejsmicznego zarejestrowanego na stanowisku Zawada 3



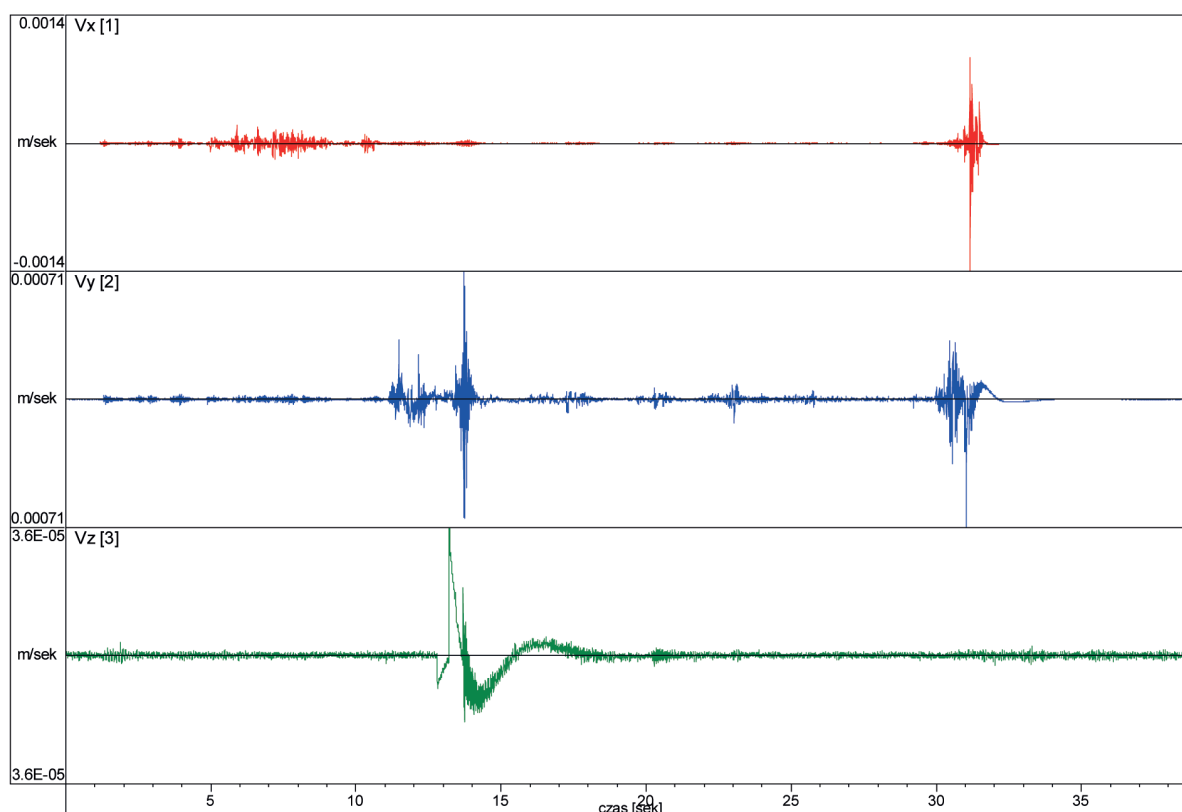
Rys. 38. Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 37

## Stanowisko Zawada 4

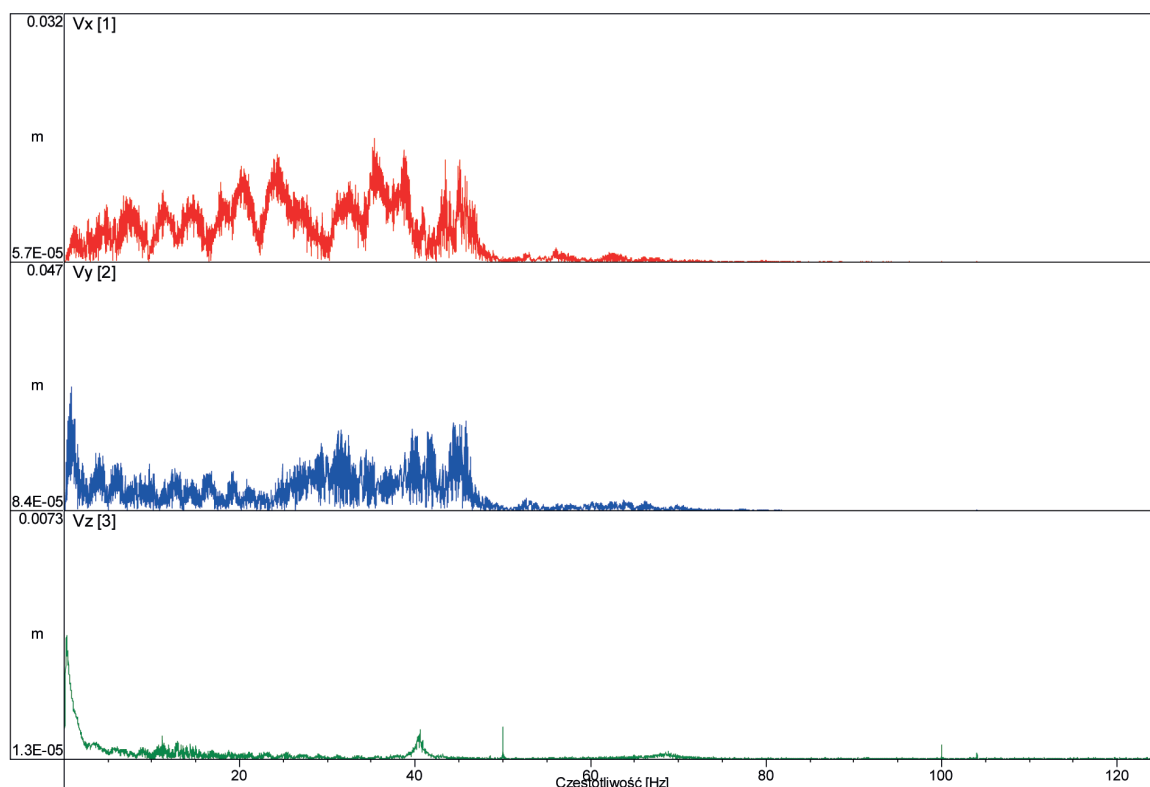
Maksymalne amplitudy prędkości drgań (m/s) dla tła w całym zakresie częstotliwości (do 125 Hz) w poszczególnych okresach obserwacji:

	<b>Przed hydroszczelinowaniem</b>	<b>W trakcie hydroszczelinowania</b>	<b>Po hydroszczelinowaniu</b>
Data i godzina	29.06.2013 r., 21.16	06.07.2013 r., 00.31	06.08.2013 r., 22:9
Wypadkowa XYZ	1,37E-03	5,64E-04	1,30E-03

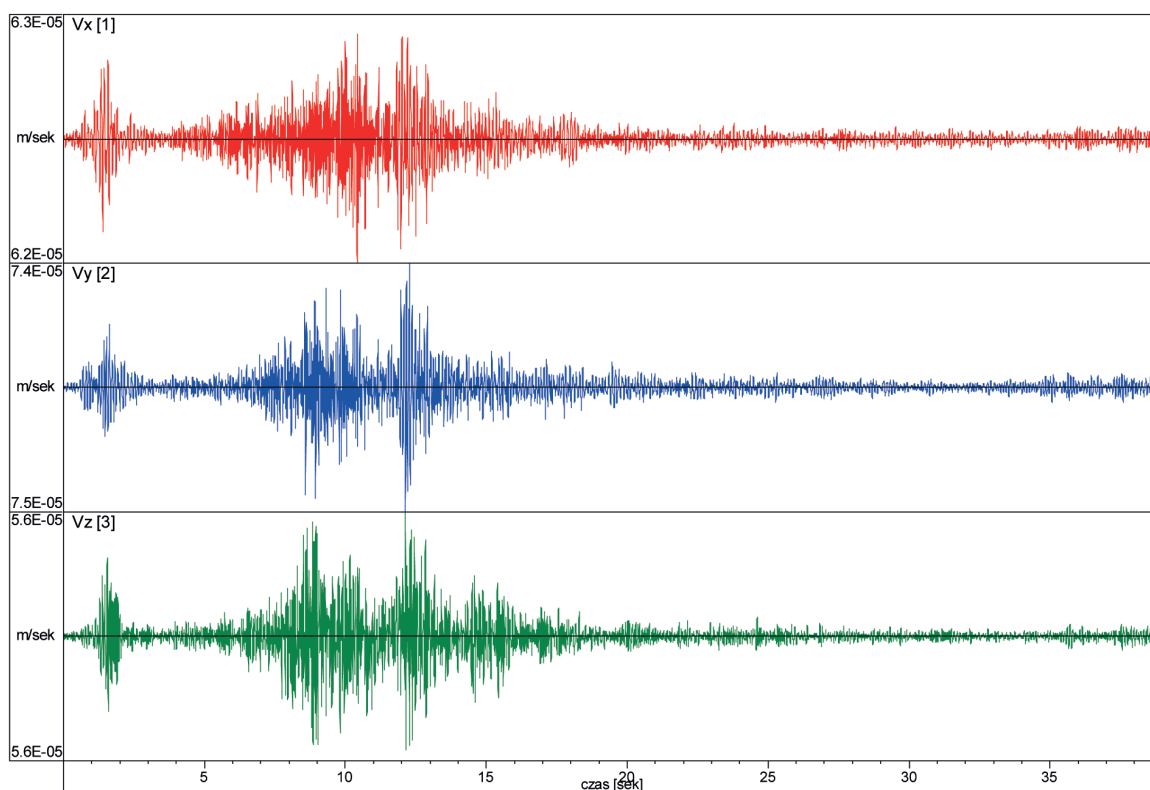
Zmienność maksymalnych amplitud w czasie przedstawiono w załączniku 11. Przykładowe zapisy drgań oraz ich widma fourierowskie przedstawiają rys. 39–42. Przykładowy zapis tła oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 43 i 44. Przedstawione na rys. 43 tło sejsmiczne obrazuje dolną granicę czułości aparatury rejestrującej, czyli minimalne wartości amplitud drgań, które mogą być odróżnione na tle szumu. Na stanowisku Zawada 4 możliwa była rejestracja drgań o amplitudzie większej od  $3,0E-6$  m/s. Przedstawione na rys. 39 i 41 sejsmogramy są przykładem zarejestrowanych drgań, których amplituda przekracza poziom tła. Zapis o maksymalnej amplitudzie przedstawiony na rys. 39 pochodzi od uderzeń w pobliżu czujnika (lub w czujnik).



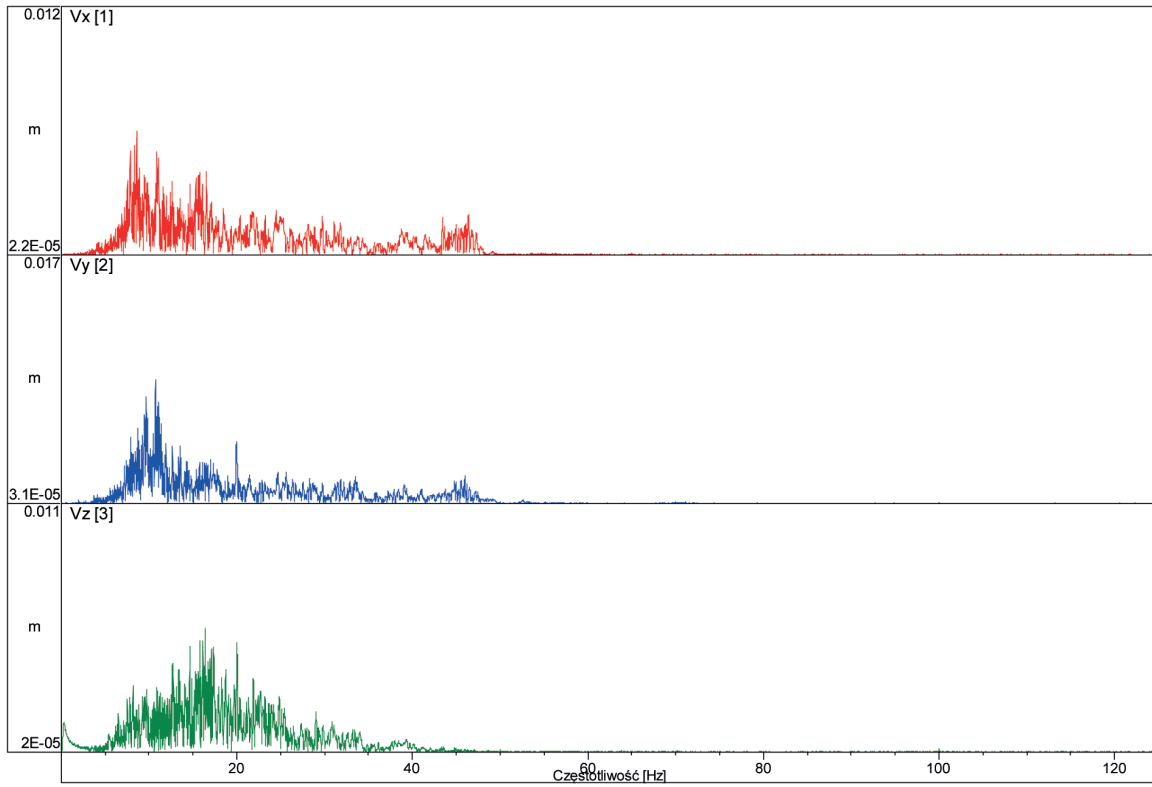
**Rys. 39.** Zapis maksymalnych drgań z dnia 29.06.2013 r. godzina 21.16 zarejestrowanych na stanowisku Zawada 4



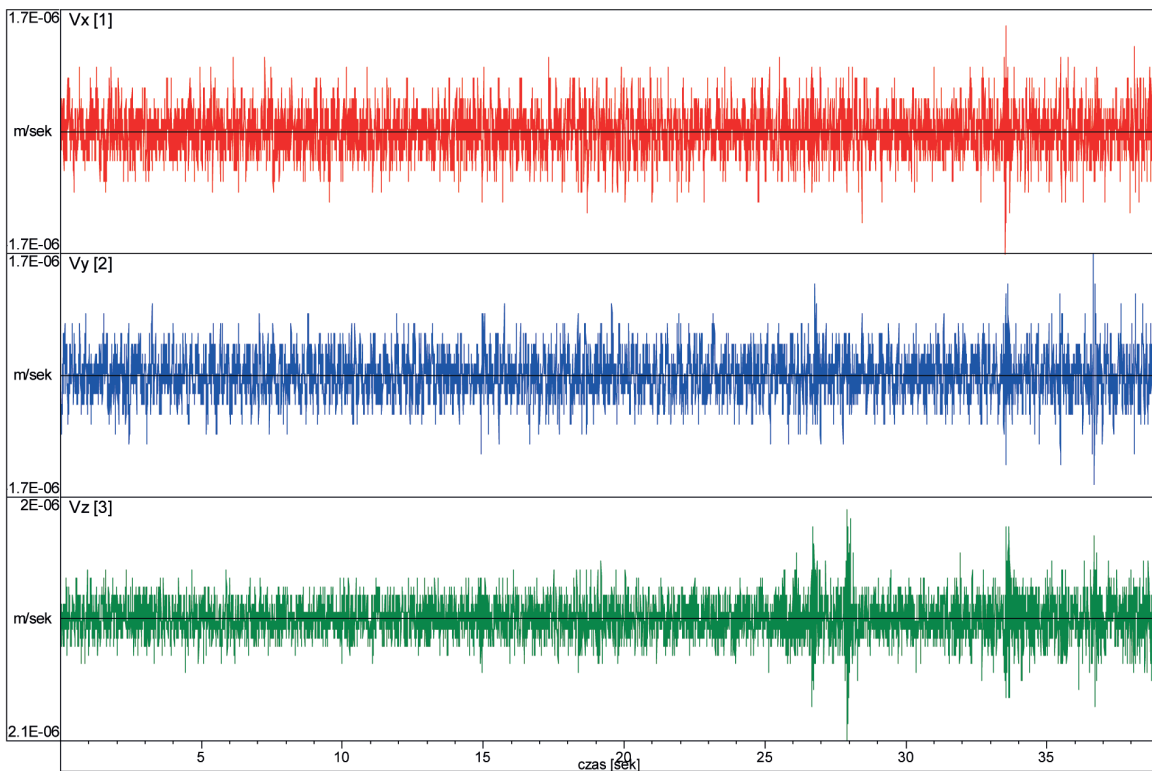
Rys. 40. Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 39



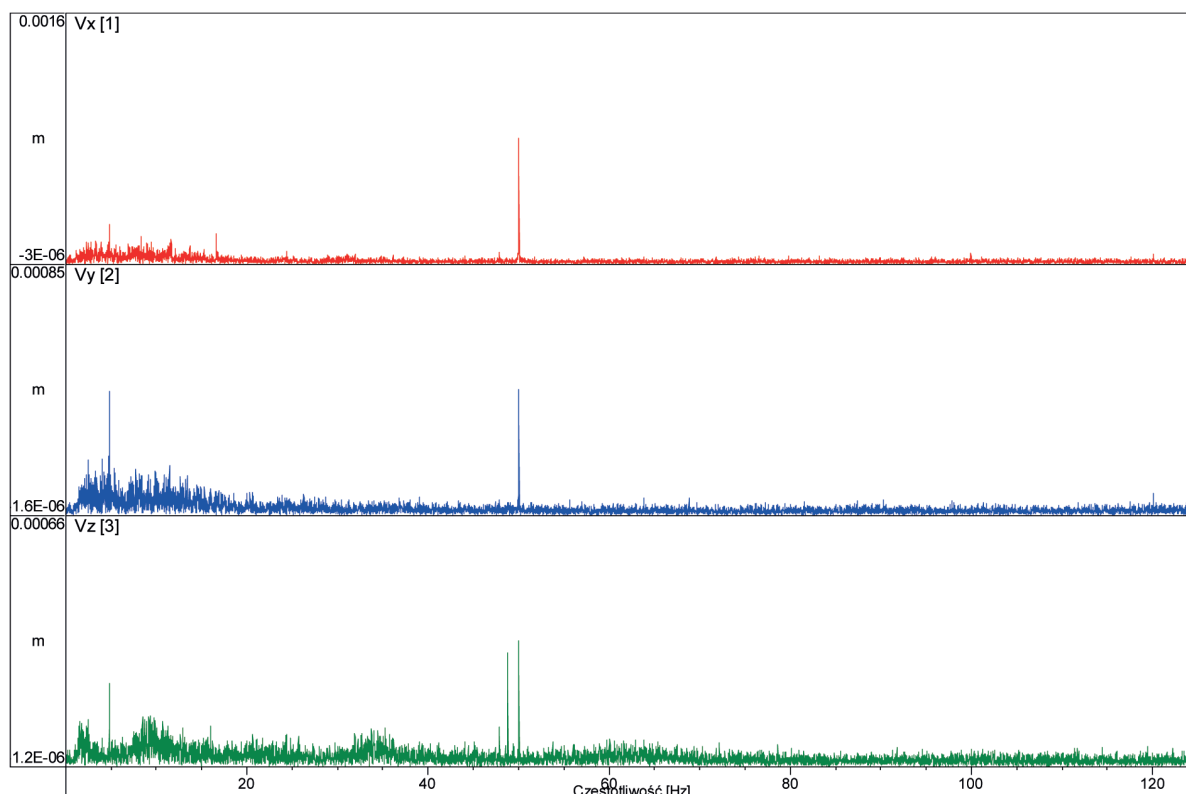
Rys. 41. Przykładowy zapis drgań zarejestrowanych na stanowisku Zawada 4



**Rys. 42.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 41



**Rys. 43.** Przykładowy zapis tła sejsmicznego zarejestrowanego na stanowisku Zawada 4



**Rys. 44.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 43

Maksymalne zarejestrowane amplitudy drgań rejestrowane wokół otworu Zwierzyniec-1 pochodziły od zdarzeń w pobliżu czujników. Prawdopodobnie były to uderzenia w grunt w pobliżu czujnika (lub w sam czujnik). Poza tym rejestrowano głównie ruch maszyn w gospodarstwach i ruch uliczny.

W trakcie prowadzenia pomiarów na powierzchni terenu w rejonie otworów Zwierzyniec-1 nie zarejestrowano drgań pochodzących od wstrząsów sejsmicznych związanych z procesem pęknięcia górotworu spowodowanego hydroszczelinowaniem.

### 4.3. Poligon w rejonie otworu Gapowo-1

Tło sejsmiczne wokół otworów Gapowo-1 mierzono w sposób ciągły na czterech stanowiskach pomiarowych w dniach od 18/19.03.2014 r. do 4.08.2014 r. Pomiary w dniach do 9.05.2014 r. wykonywane były przed hydroszczelinowaniem, w dniach od 9.05.2014 r. do 22.05.2014 r. – w trakcie hydroszczelinowania oraz w dniach od 22.05.2014 r. do 4.08.2014 r. – po hydroszczelinowaniu. Rejestrowane tło ulegało w czasie pomiarów zmianom, co prezentują rysunki rozkładów maksymalnych amplitud przedstawione w załącznikach 12–15.

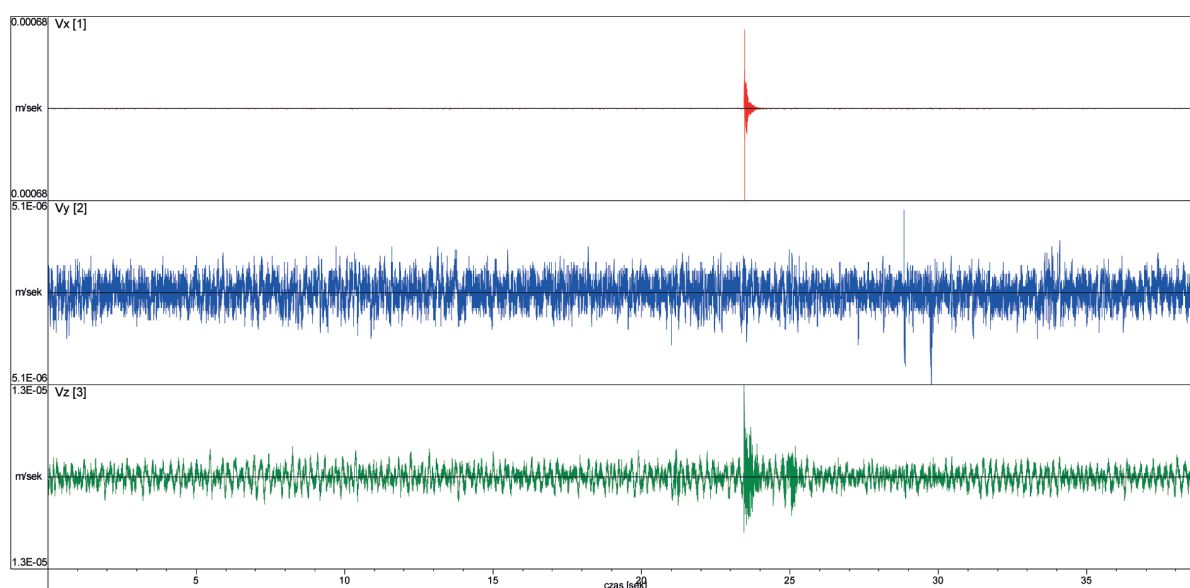
Wyniki pomiarów tła sejsmicznego w badanym okresie na poszczególnych stanowiskach pomiarowych przedstawiono w załącznikach 12–15, a ich analiza i opis są następujące:

## Stanowisko Rejestrator 1

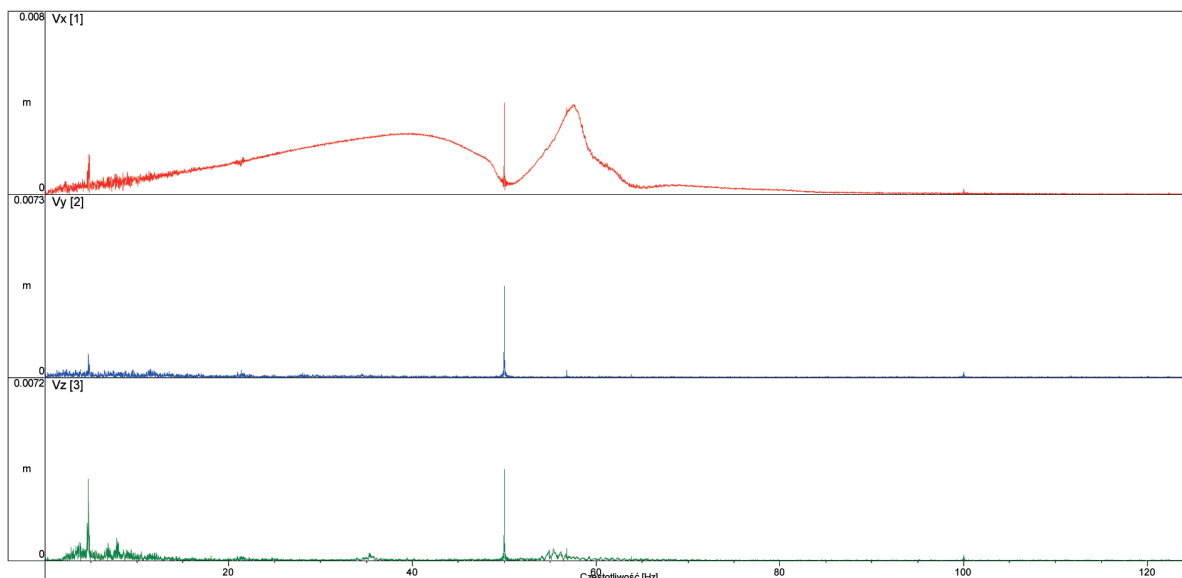
Maksymalne amplitudy prędkości drgań (m/s) dla tła w całym zakresie częstotliwości (do 125 Hz) w poszczególnych okresach obserwacji:

	<b>Przed hydroszczelinowaniem</b>	<b>W trakcie hydroszczelinowania</b>	<b>Po hydroszczelinowaniu</b>
Data i godzina	27.04.2014 r., 14.51	09.05.2014 r., 9.38	13.06.2014 r., 15.16
Wypadkowa XYZ	3,28E-04	4,69E-04	6,79E-04

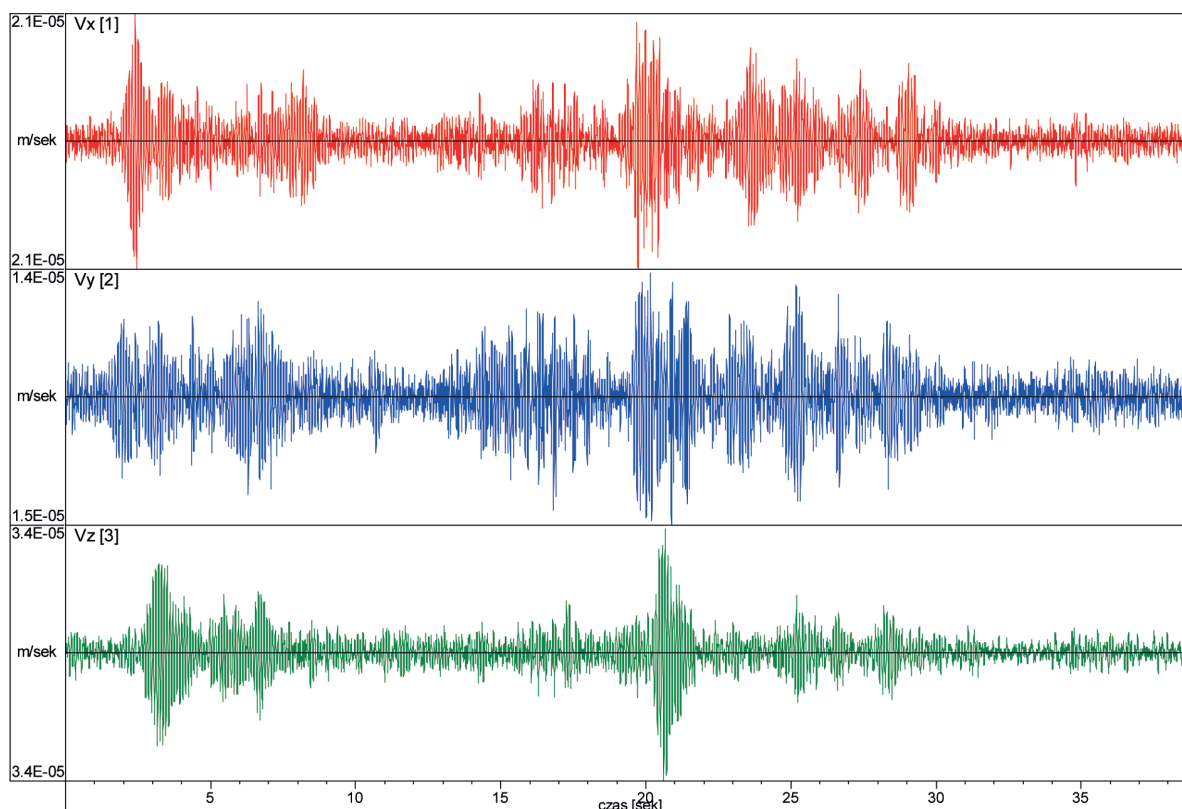
Zmienność maksymalnych amplitud w czasie przedstawiono w załączniku 12. Przykładowy zapis drgań oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 45 i 48. Przykładowy zapis tła oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 49 i 50. Przedstawione na rys. 49 tło sejsmiczne obrazuje dolną granicę czułości aparatury rejestrującej, czyli minimalne wartości amplitud drgań, które mogą być odróżnione na tle szumu. Na stanowisku Rejestrator 1 możliwa była rejestracja drgań o amplitudzie większej od  $2,0E-6$  m/s. Przedstawione na rys. 45 seismogramy są przykładem zarejestrowanych drgań, których amplituda przekracza poziom tła (pierwszy maksymalny i drugi wybrany losowo).



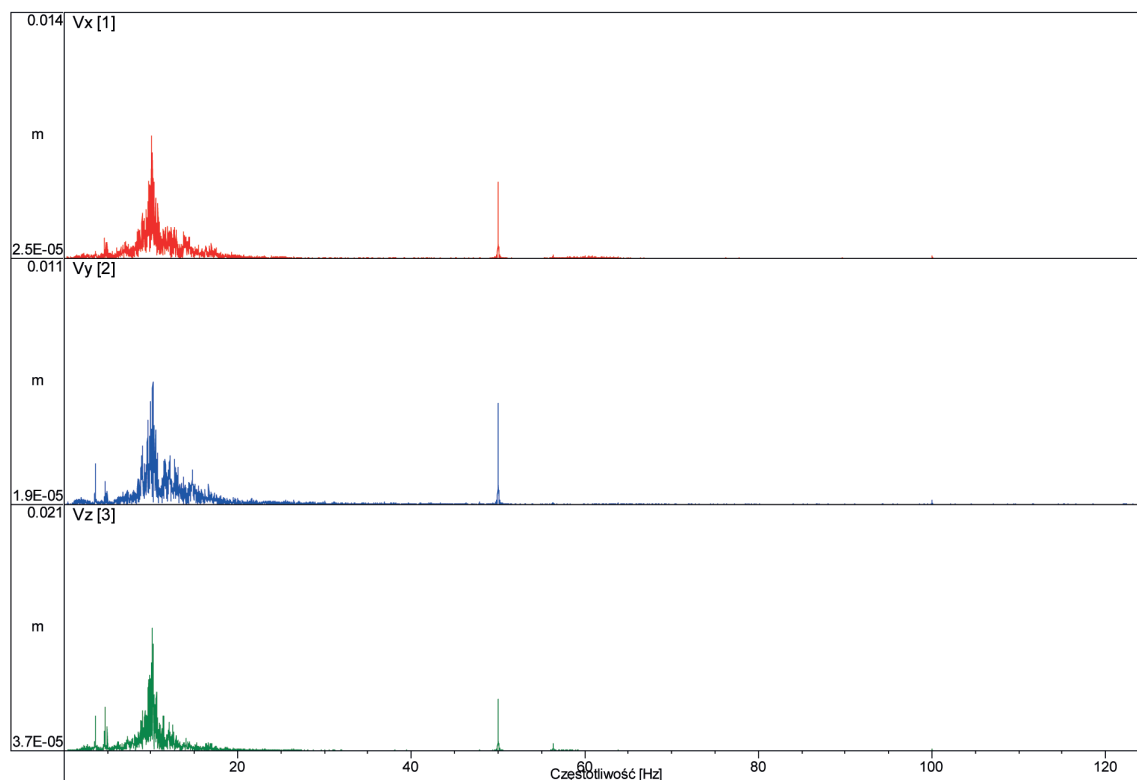
**Rys. 45.** Zapis maksymalnych drgań z dnia 13.06.2014 r. godzina 15.16 zarejestrowanych na stanowisku Rejestrator 1



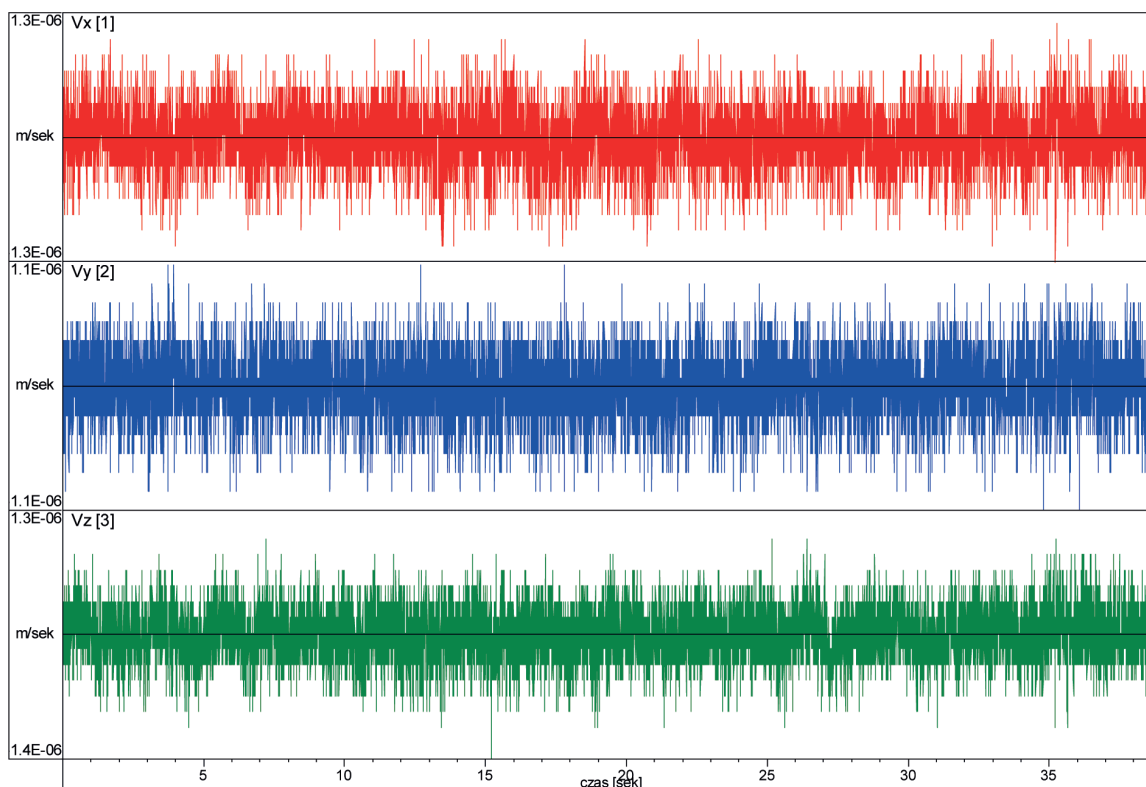
Rys. 46. Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 45



Rys. 47. Przykład drgań zarejestrowanych 01.04.2014 r. godzina 13.30 na stanowisku Rejestrator 1

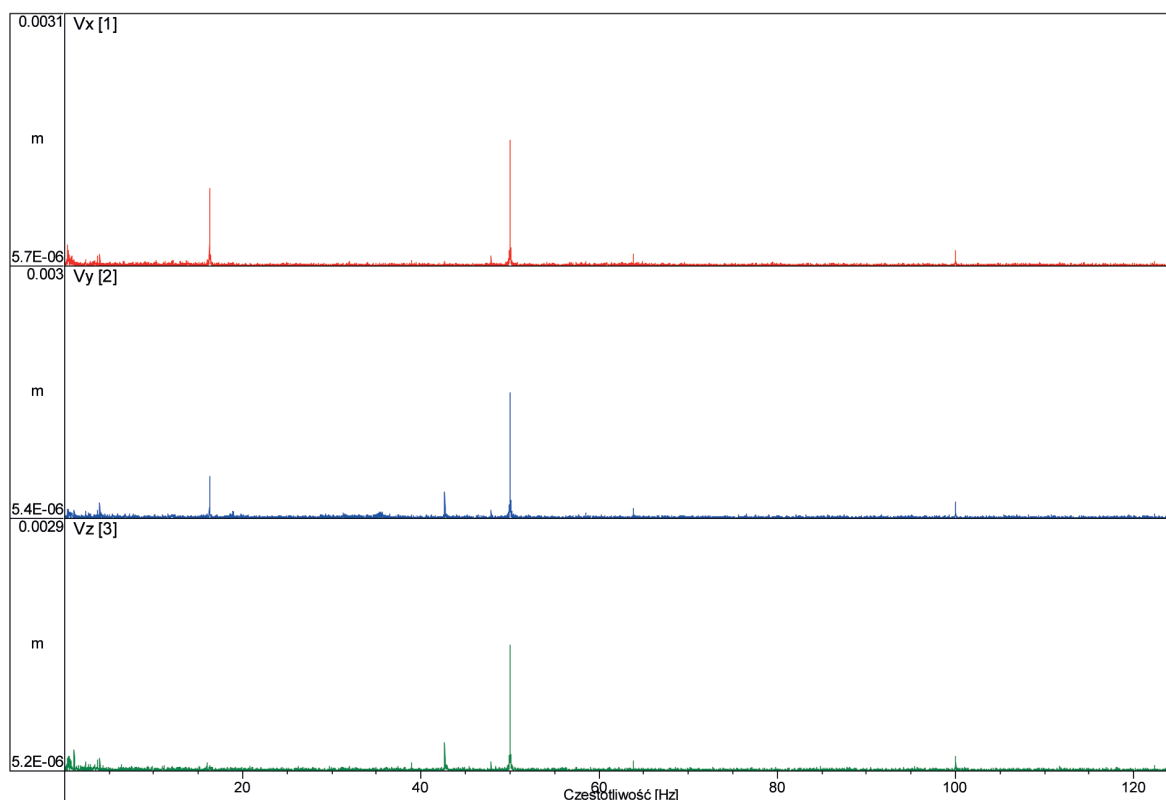


**Rys. 48.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 47



**Rys. 49.** Przykład tła sejsmicznego zarejestrowanego na stanowisku Rejestrator 1





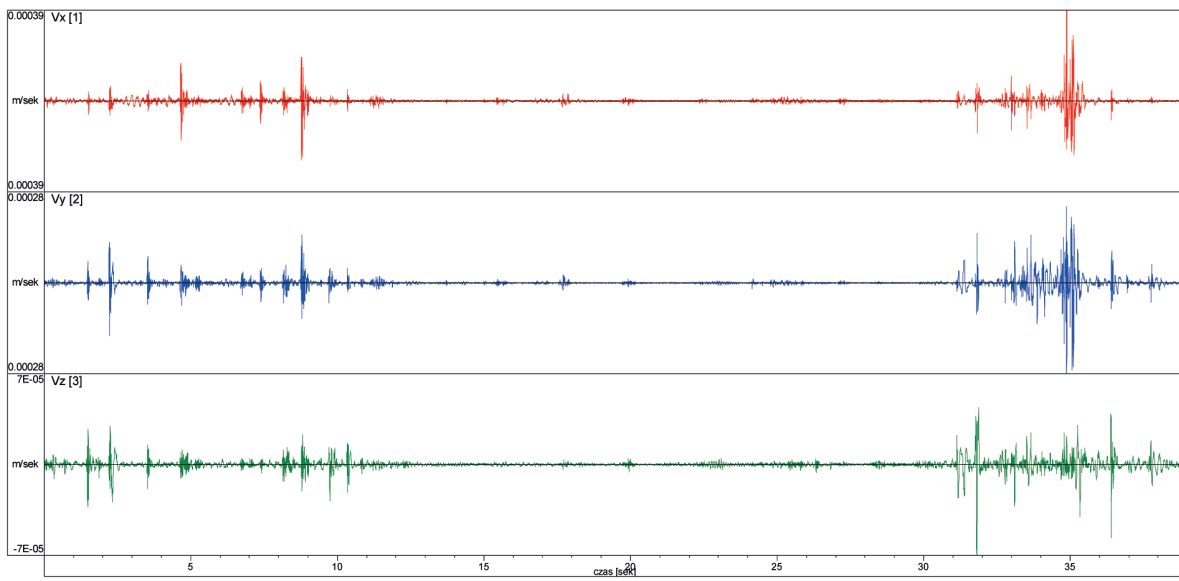
**Rys. 50.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 49

## Stanowisko Rejestrator 2

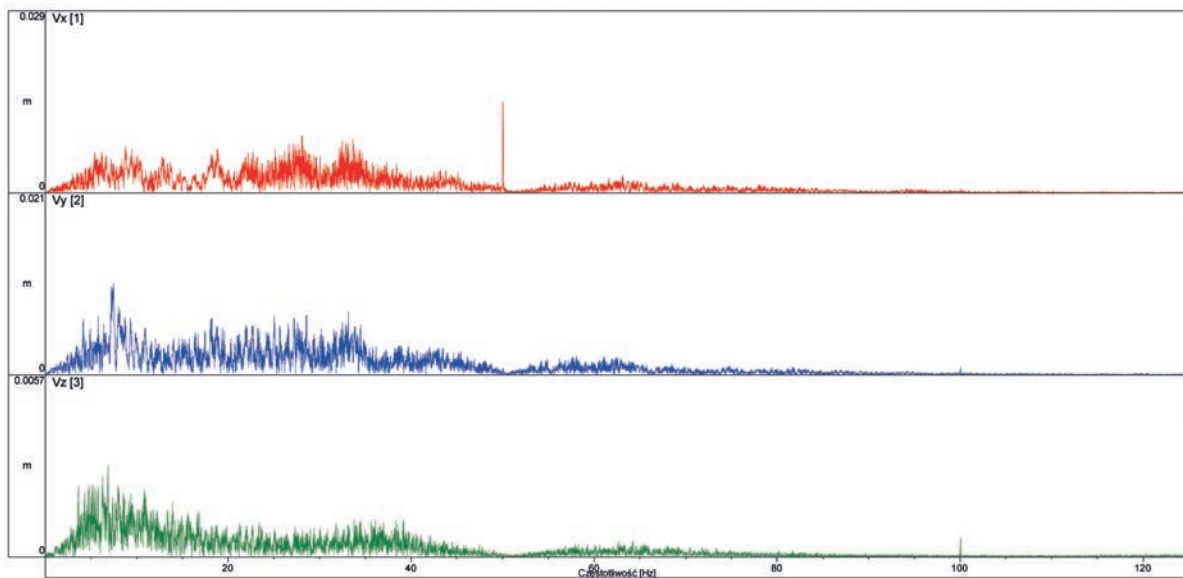
Maksymalne amplitudy prędkości drgań (m/s) dla tła w całym zakresie częstotliwości (do 125 Hz) w poszczególnych okresach obserwacji:

	<b>Przed hydroszczelinowaniem</b>	<b>W trakcie hydroszczelinowania</b>	<b>Po hydroszczelinowaniu</b>
Data i godzina	03.04.2014 r., 17.56	13.05.2014 r., 17.39	23.06.2014 r., 16.21
Wypadkowa XYZ	8,97E-04	7,75E-04	7,82E-04

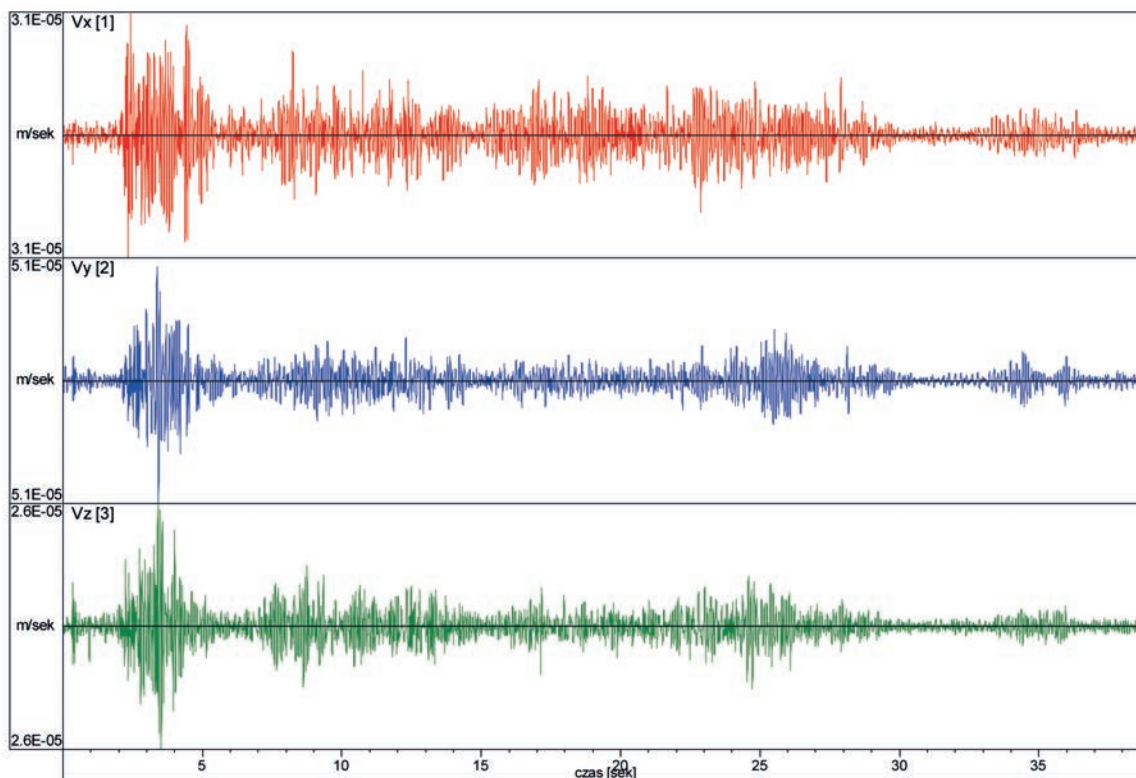
Przykładowy zapis tła oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 55 i 56. Przedstawione na rys. 55 tło sejsmiczne obrazuje dolną granicę czułości aparatury rejestrującej, czyli minimalne wartości amplitud drgań, które mogą być odróżnione na tle szumu. Na stanowisku Rejestrator 2 możliwa była rejestracja drgań o amplitudzie większej od 4,0E-6 m/s. Przedstawione na rys. 51 i 53 sejsmogramy są przykładem zarejestrowanych drgań, których amplituda przekracza poziom tła (pierwszy maksymalny i drugi wybrany losowo).



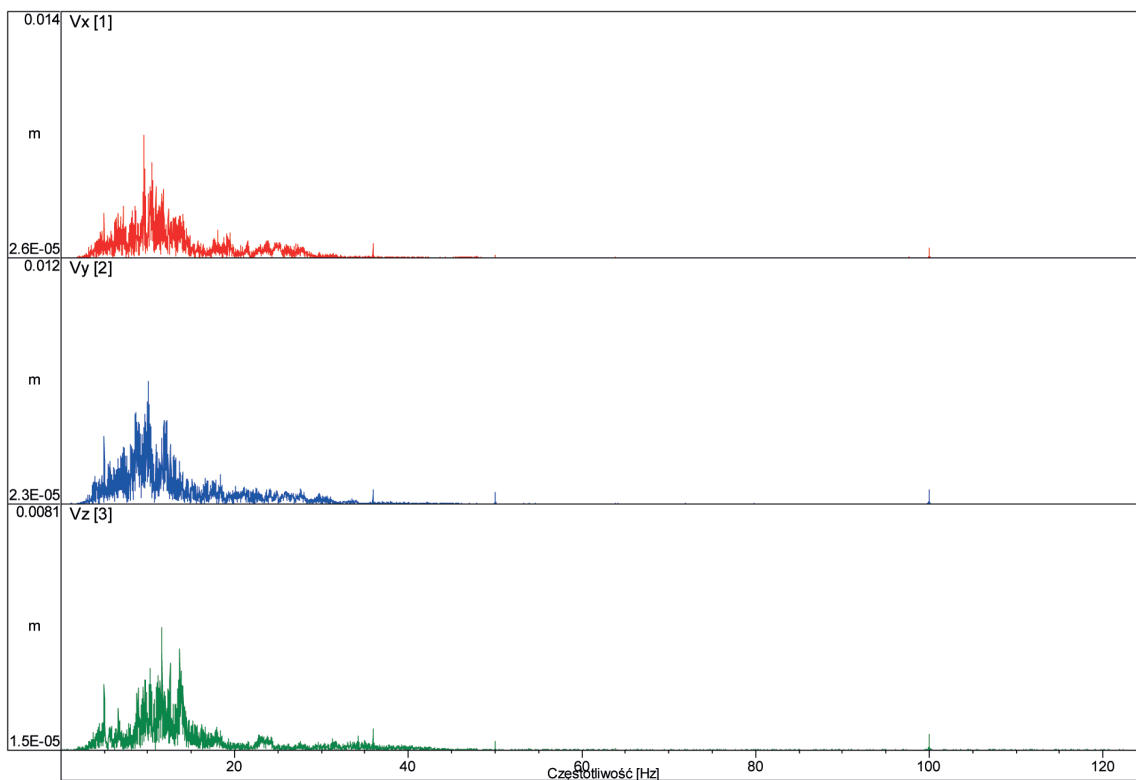
**Rys. 51.** Zapis maksymalnych drgań z dnia 03.04.2014 r. godzina 17.56 zarejestrowanych na stanowisku Rejestrator 2



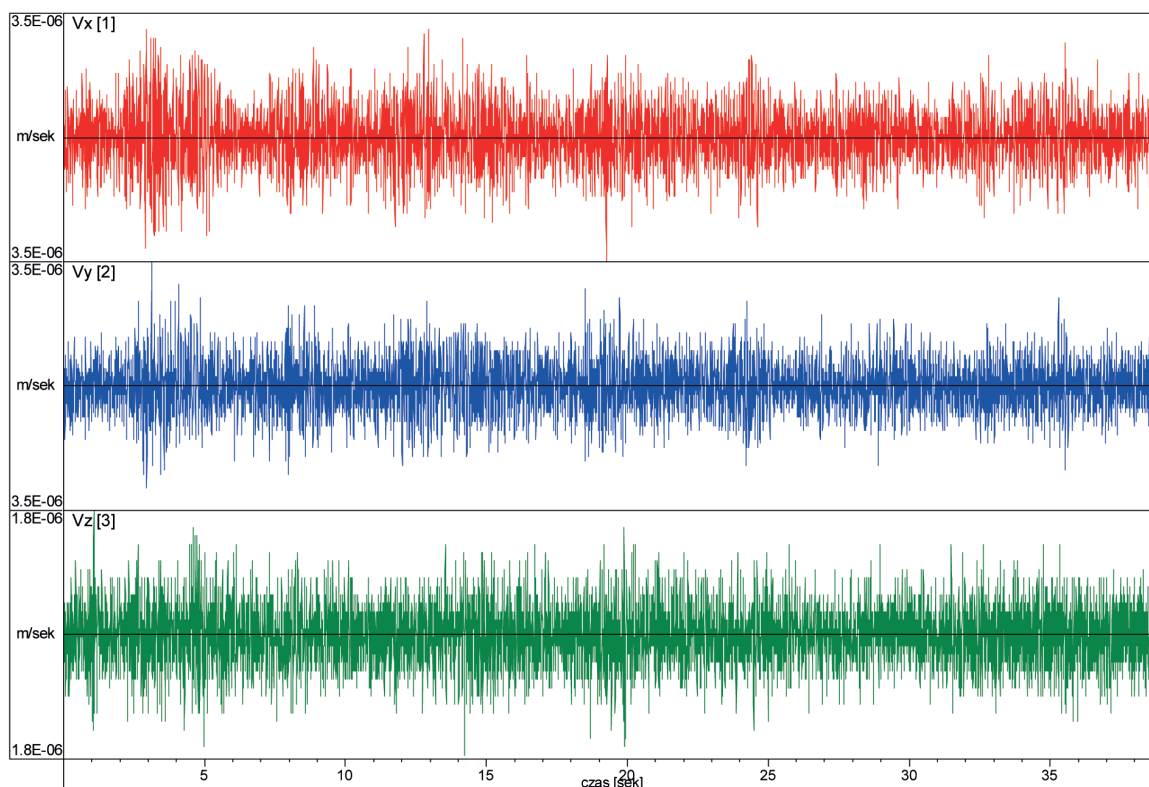
**Rys. 52.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 51



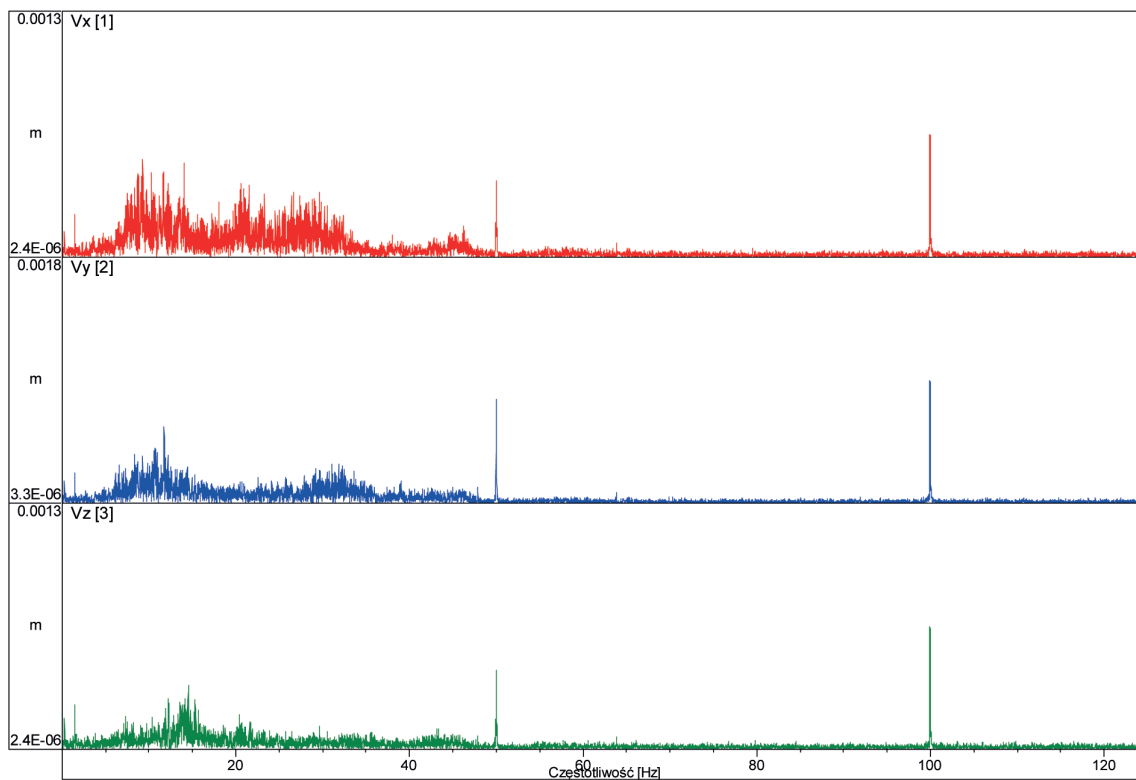
**Rys. 53.** Przykład drgań zarejestrowanych 19.03.2014 r. godzina 14.33 na stanowisku Rejestrator 2



**Rys. 54.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 53



**Rys. 55.** Przykład tła sejsmicznego zarejestrowanego na stanowisku Rejestrator 2



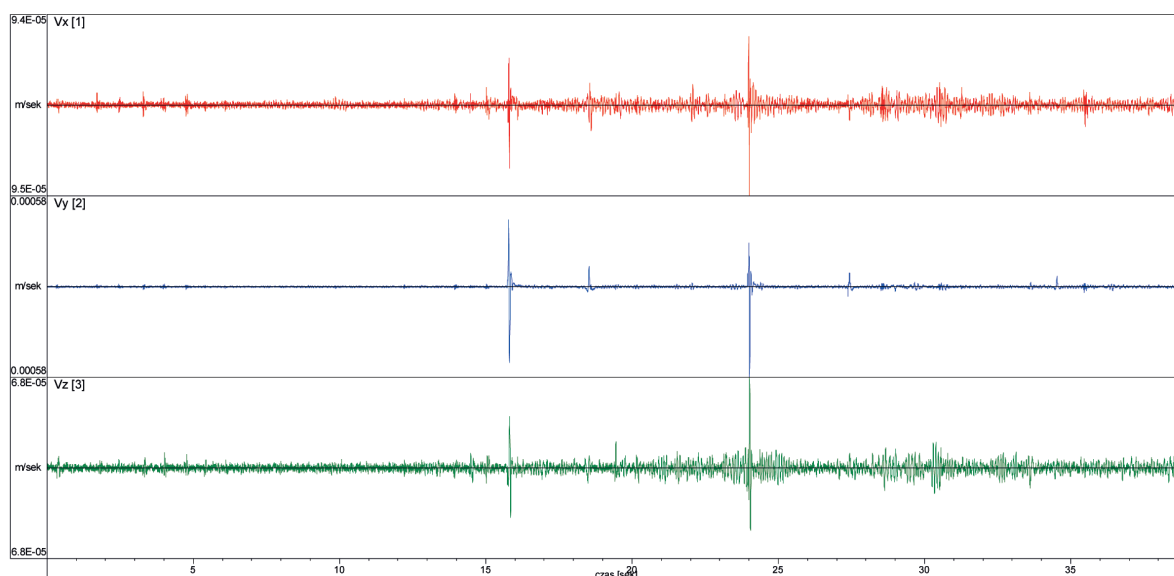
**Rys. 56.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 55

## Stanowisko Rejestrator 3

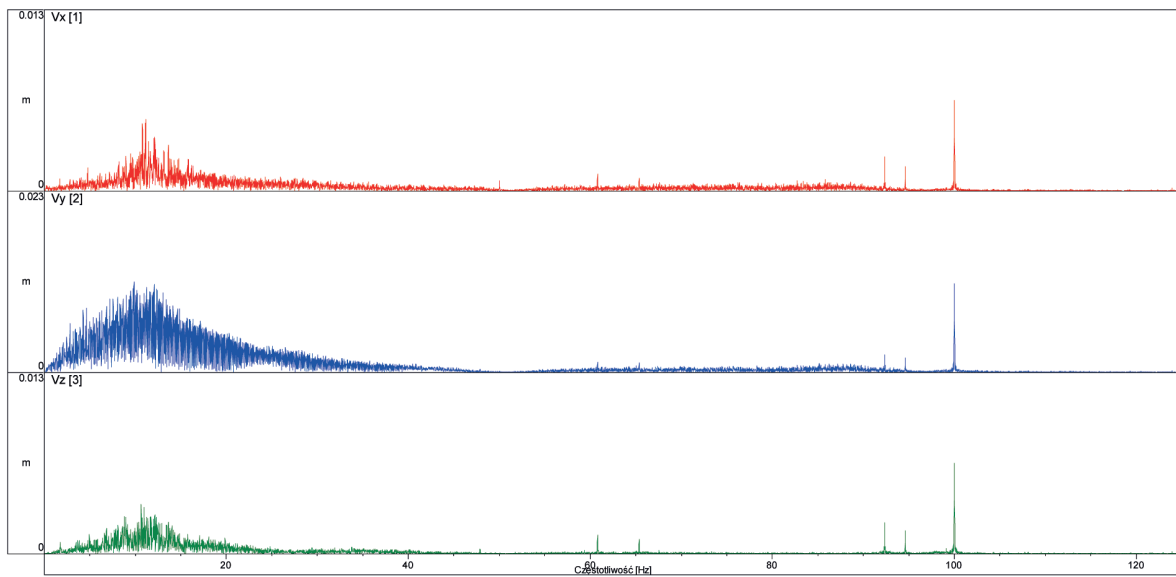
Maksymalne amplitudy prędkości drgań (m/s) dla tła w całym zakresie częstotliwości (do 125 Hz) w poszczególnych okresach obserwacji:

	<b>Przed hydroszczelinowaniem</b>	<b>W trakcie hydroszczelinowania</b>	<b>Po hydroszczelinowaniu</b>
Data i godzina	18.03.2014 r. 18.31	16.05.2014 r., 18.32	28.05.2014 r., 15.44
Wypadkowa XYZ	9,18E-04	3,76E-04	8,46E-04

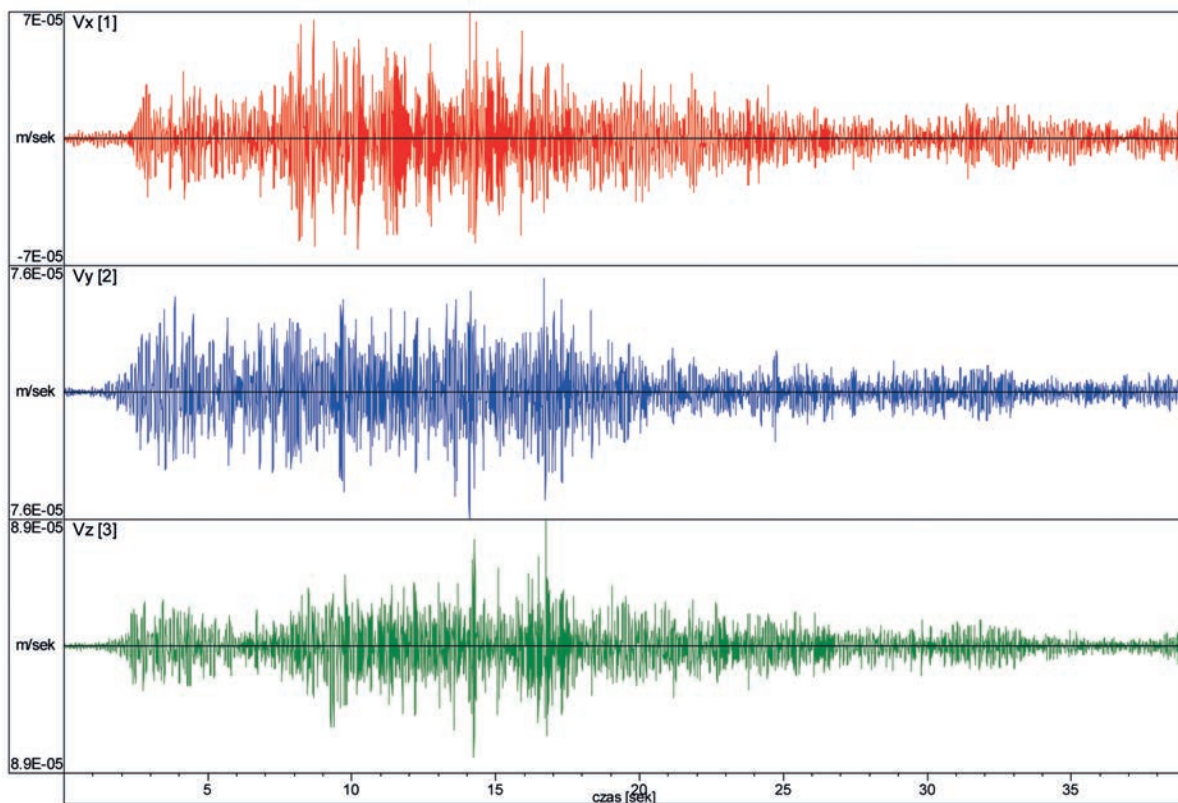
Przykładowy zapis tła oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 61 i 62. Przedstawione na rys. 61 tło sejsmiczne obrazuje dolną granicę czułości aparatury rejestrującej, czyli minimalne wartości amplitud drgań, które mogą być odróżnione na tle szumu. Na stanowisku Rejestrator 3 możliwa była rejestracja drgań o amplitudzie większej od 6,0E-6 m/s. Przedstawione na rys. 57 i 59 sejsmogramy są przykładem zarejestrowanych drgań, których amplituda przekracza poziom tła (pierwszy maksymalny i drugi wybrany losowo).



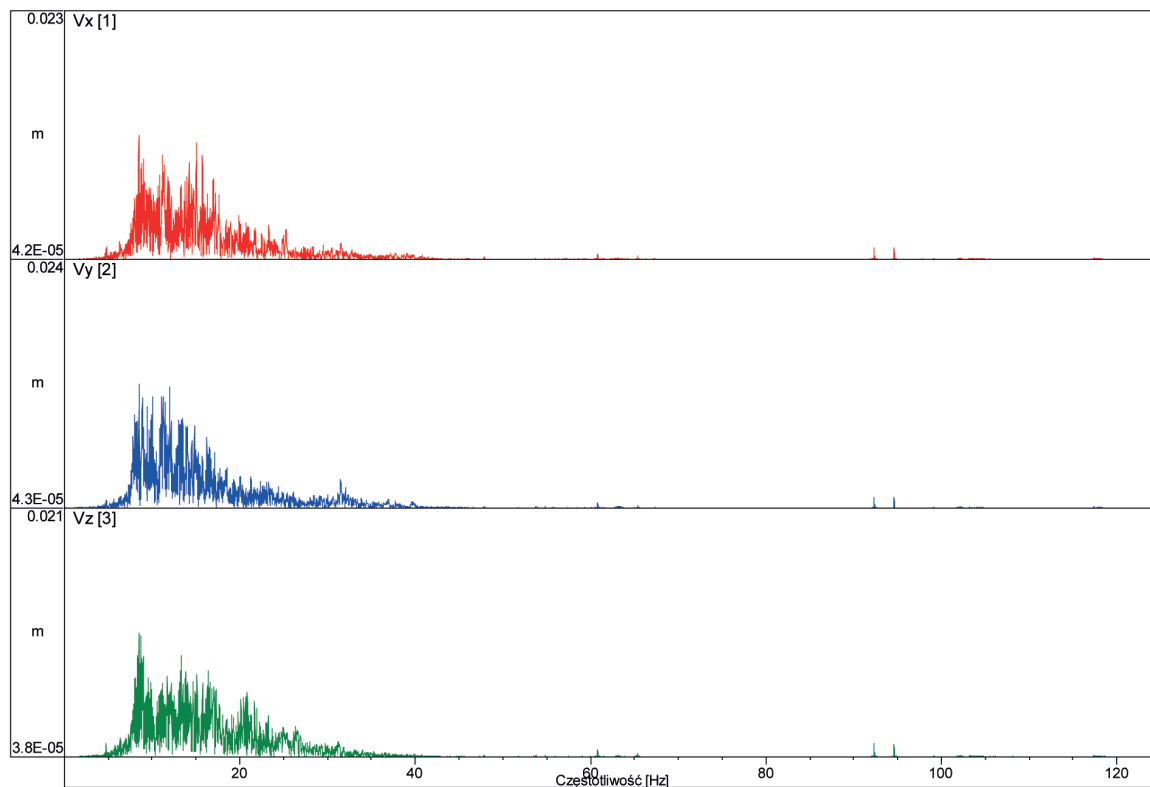
**Rys. 57.** Zapis maksymalnych drgań z dnia 18.03.2014 r. godzina 18.31 zarejestrowanych na stanowisku Rejestrator 3



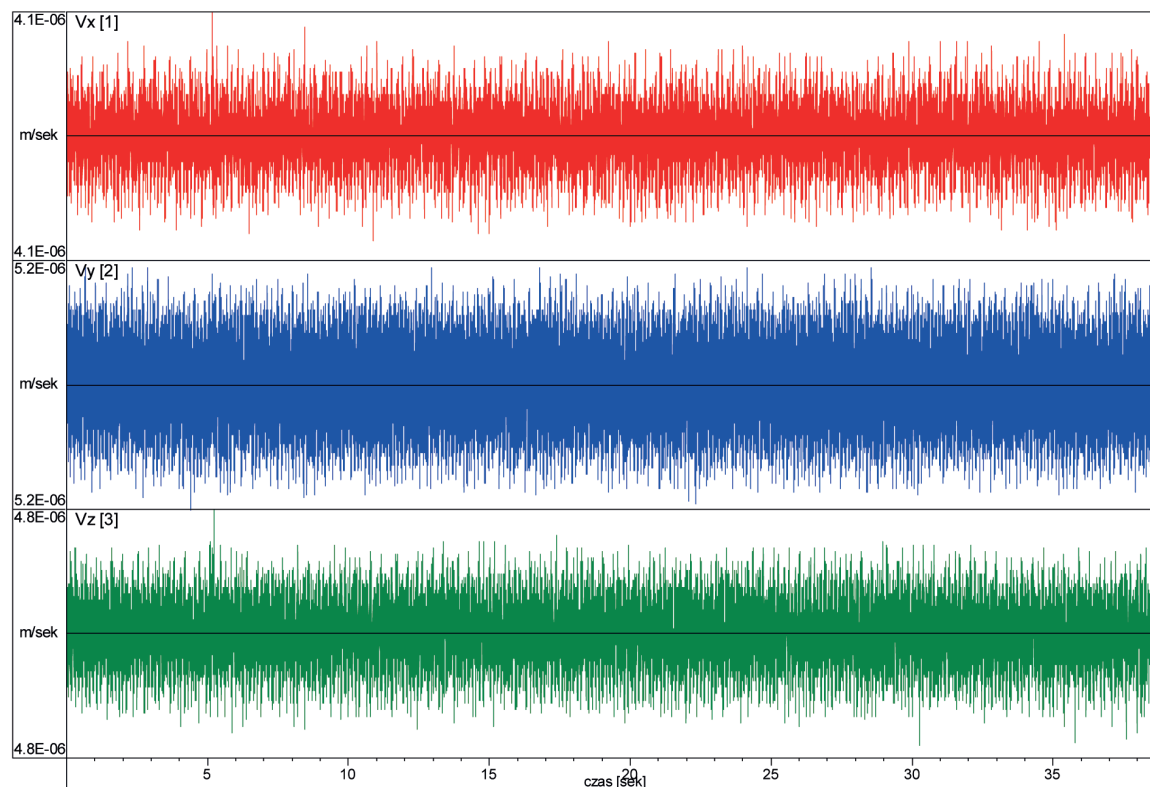
**Rys. 58.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) drgań z rys. 57



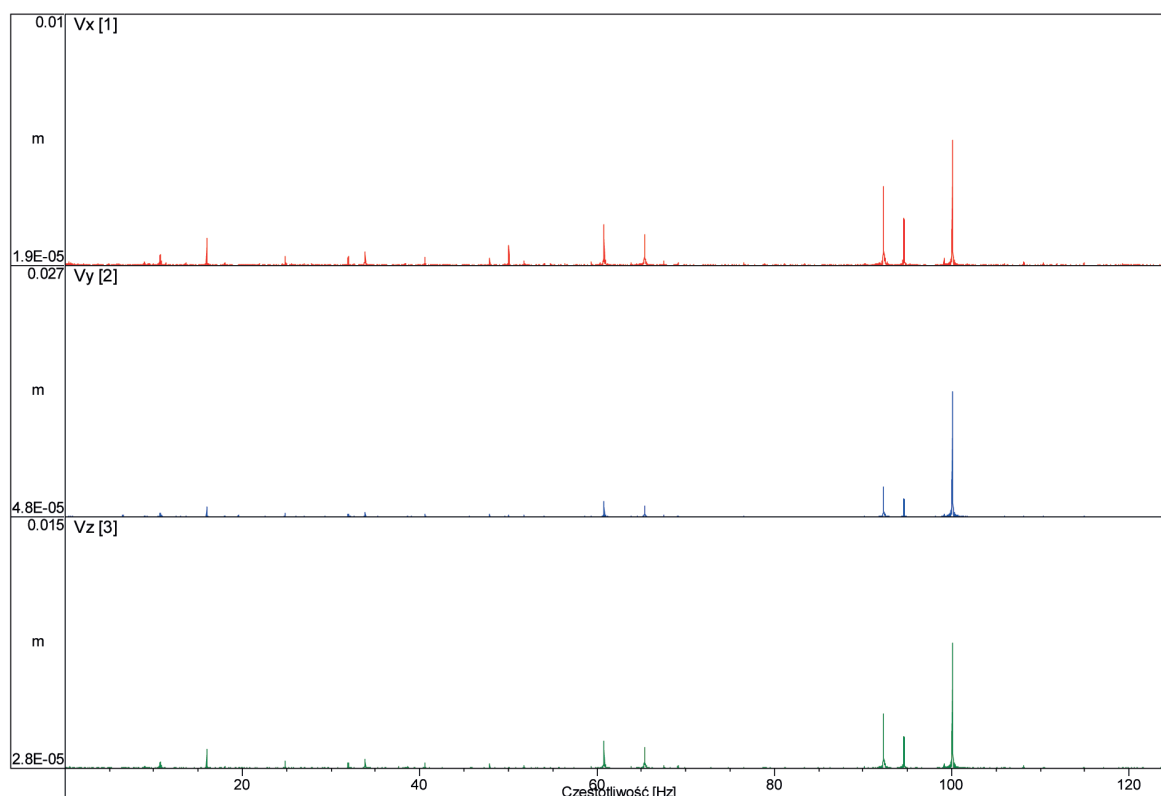
**Rys. 59.** Przykładowy zapis drgań zarejestrowanych 19.03.2014 r. godzina 17.12 na stanowisku Rejestrator 3



Rys. 60. Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) drgań z rys. 59



Rys. 61. Przykładowy zapis tła sejsmicznego na stanowisku Rejestrator 3



**Rys. 62.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) drgań z rys. 61

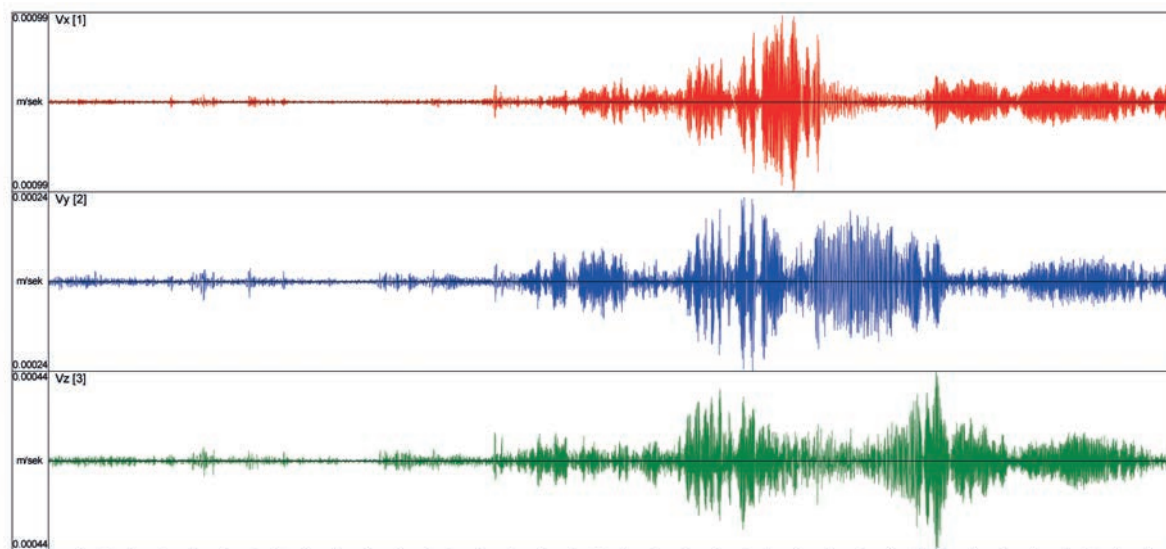
### Stanowisko Rejestrator 4

Maksymalne amplitudy prędkości drgań (m/s) dla tła w całym zakresie częstotliwości (do 125 Hz) w poszczególnych okresach obserwacji:

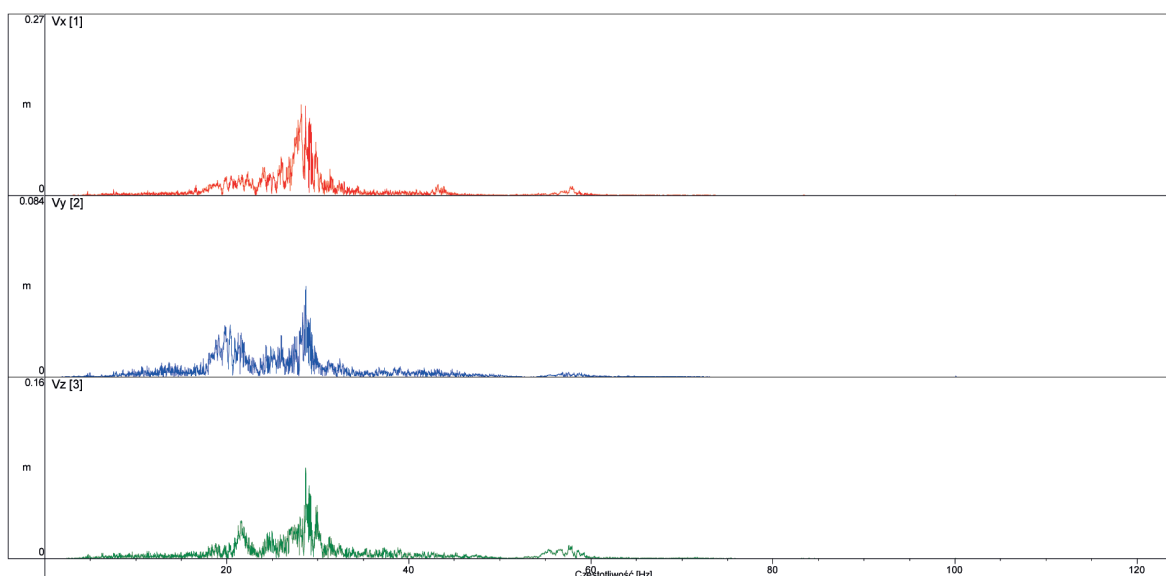
	<b>Przed hydroszczelinowaniem</b>	<b>W trakcie hydroszczelinowania</b>	<b>Po hydroszczelinowaniu</b>
Data i godzina	21.03.2014, 13.49	22.05.2014, 15.46	22.07.2014, 18.05
Wypadkowa XYZ	9,92E-04	9,01E-04	7,83E-04

Przykładowy zapis tła oraz jego widmo fourierowskie przedstawiają rys. 67 i 68. Przedstawione na rys. 67 tło sejsmiczne obrazuje dolną granicę czułości aparatury rejestrującej, czyli minimalne wartości amplitud drgań, które mogą być odróżnione na tle szumu. Na stanowisku Rejestrator 4 możliwa była rejestracja drgań o amplitudzie większej od 7,0E-6 m/s. Przedstawione na rys. 63 i 65 sejsmogramy są przykładem zarejestrowanych drgań, których amplituda przekracza poziom tła (pierwszy maksymalny i drugi wybrany losowo).

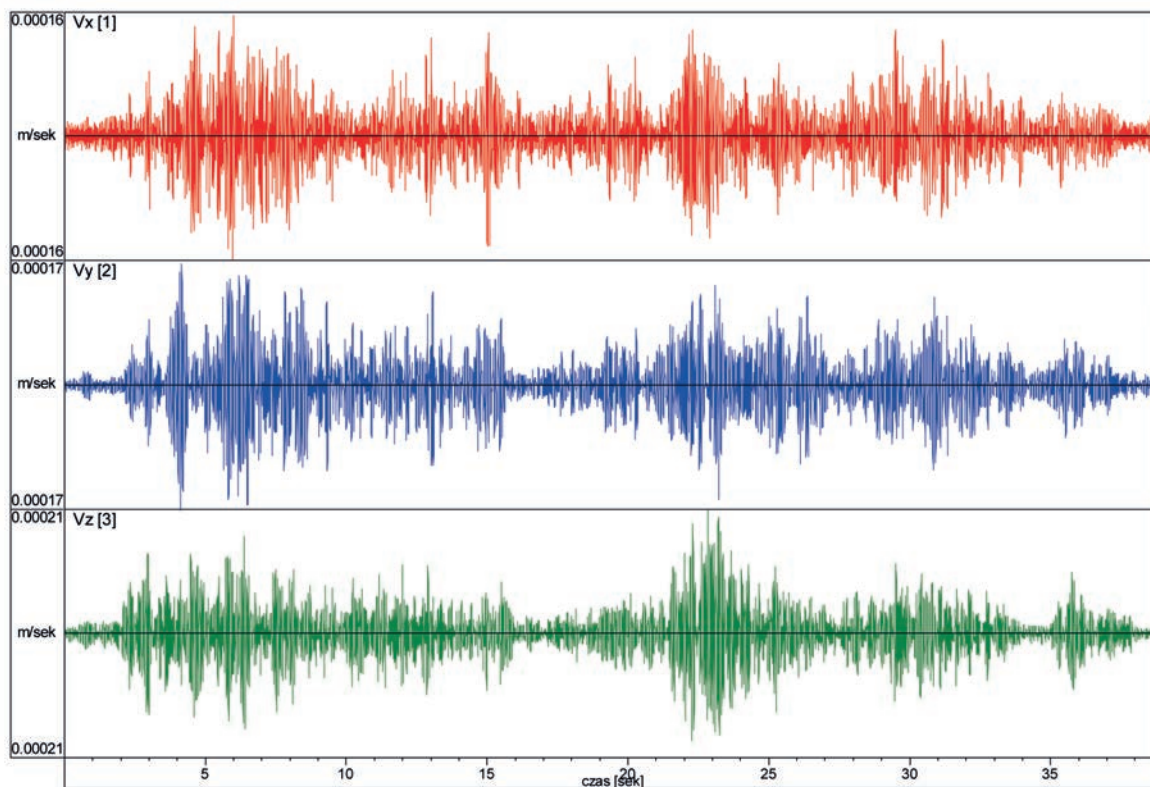




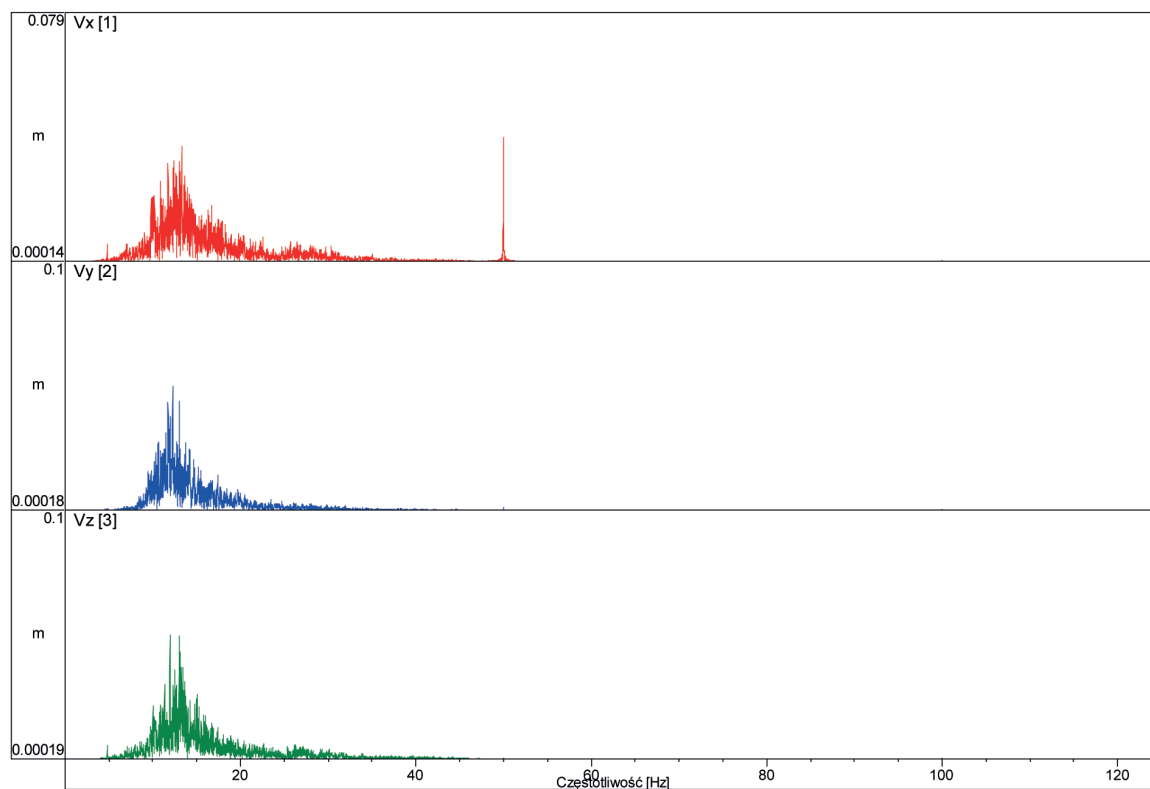
**Rys. 63.** Zapis maksymalnych drgań z dnia 21.03.2014 r. godzina 13.49 zarejestrowanych na stanowisku Rejestrator 4



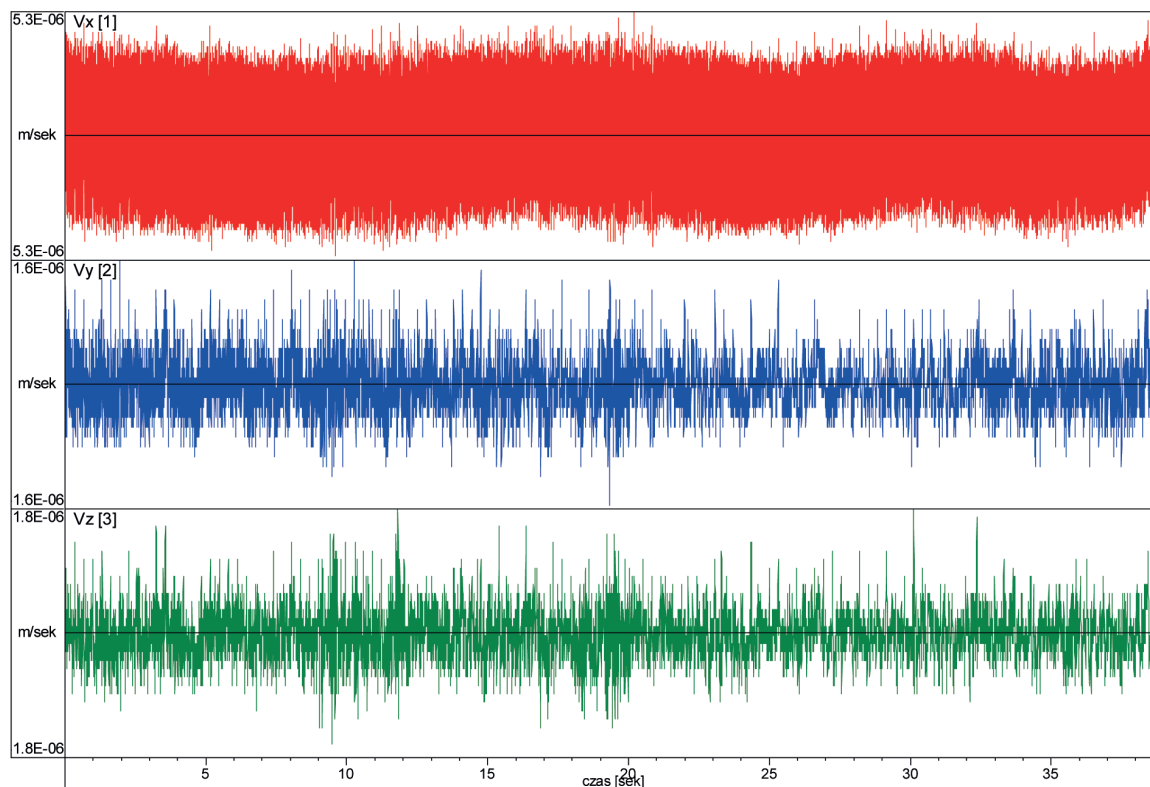
**Rys. 64.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) drgań z rys. 63



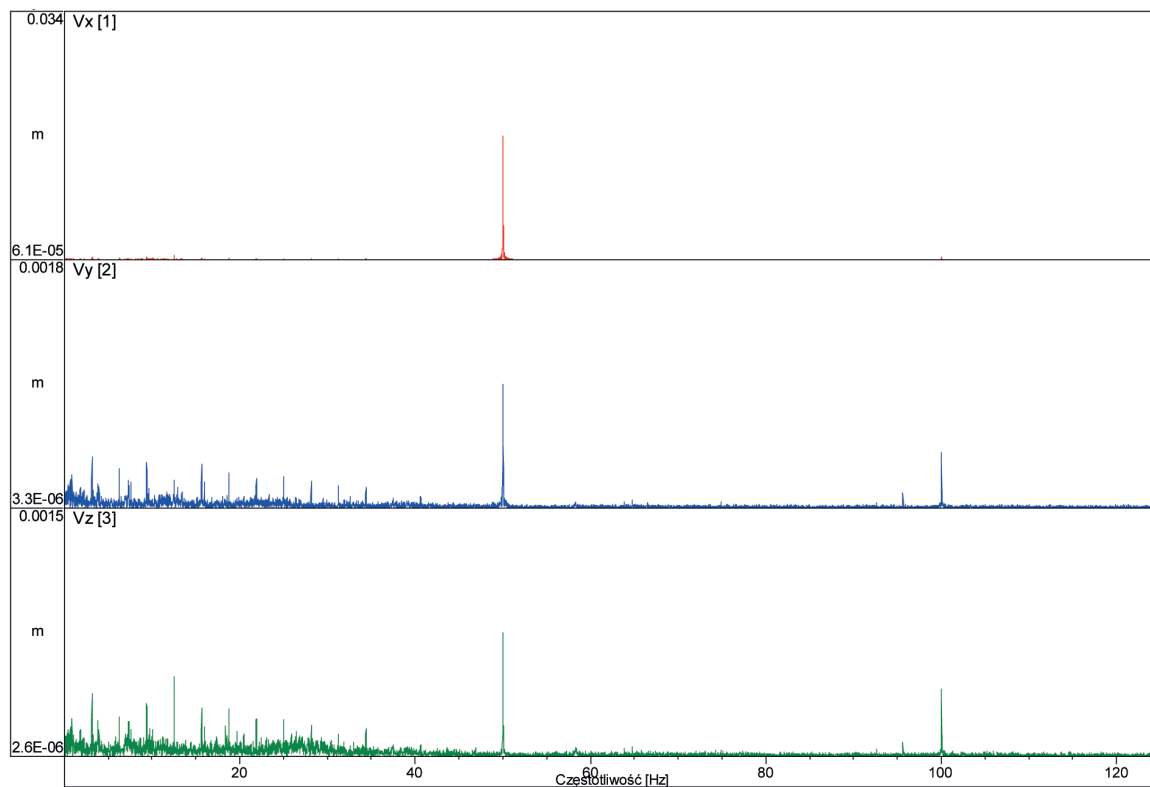
**Rys. 65.** Przykład drgań sejsmicznych zarejestrowanych 16.04.2014 r. godzina 11.34 na stanowisku Rejestrator 4



**Rys. 66.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) tła z rys. 65



Rys. 67. Przykładowy zapis tła sejsmicznego na stanowisku Rejestrator 4



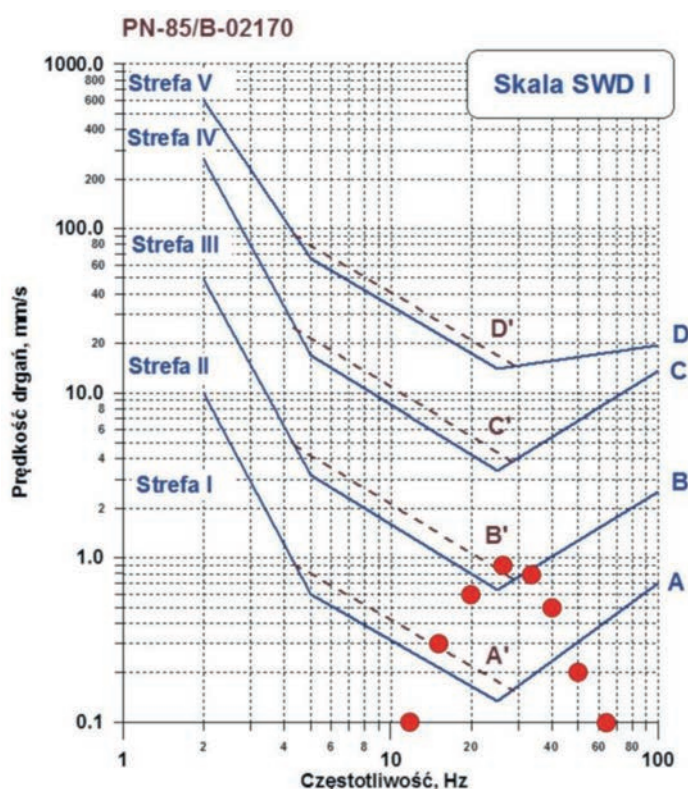
Rys. 68. Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) drgań z rys. 67

Maksymalne zarejestrowane amplitudy drgań rejestrowane wokół otworu Gapowo-1 pochodziły od zdarzeń w pobliżu czujników. Prawdopodobnie były to uderzenia w grunt podczas np. rąbania drewna w gospodarstwie. Poza tym rejestrowano głównie ruch maszyn i samochodów w gospodarstwach, ruch uliczny.

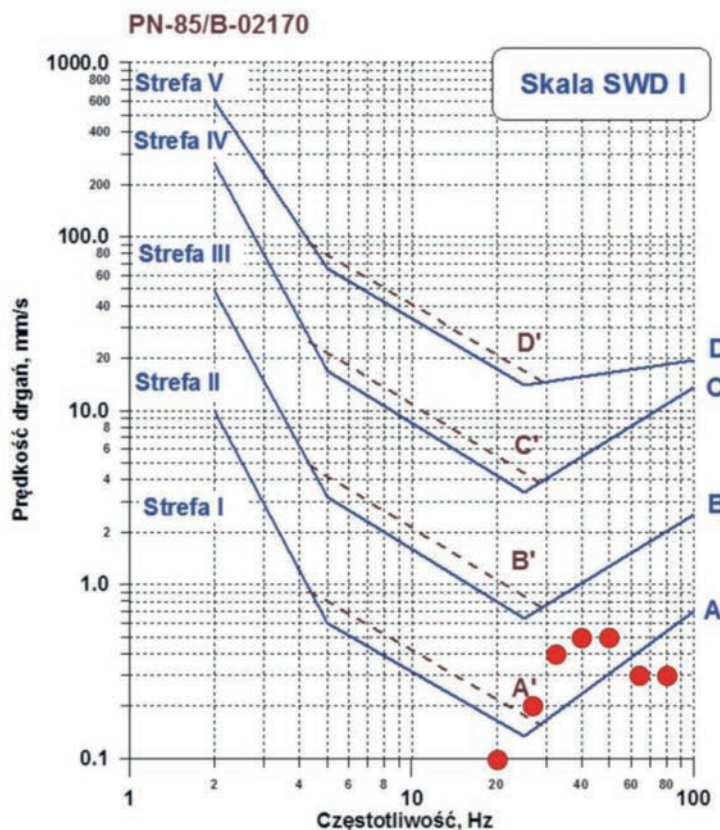
W trakcie prowadzenia pomiarów na powierzchni w rejonie otworu Gapowo-1 nie zarejestrowano drgań pochodzących od wstrząsów sejsmicznych związanych z procesem pęknięcia górotworu spowodowanego hydroszczelinowaniem.

# 5. OCENA ZAREJESTROWANYCH DRGAŃ

Zamieszczone w załącznikach 4–15 maksymalne wartości prędkości drgań nie przekroczyły wartości 2 mm/s. Zjawiska o amplitudzie drgań powyżej 0,5 mm/s były związane z drganiami wywołanymi przez aktywność ludzi w pobliżu czujnika, np. przez prace ziemne w gospodarstwie. Ich klasyfikacja i identyfikacja była możliwa na podstawie analizy charakteru zapisu (czas trwania, częstotliwości dominujące). Odróżnienie tego typu zjawisk od potencjalnych wstrząsów możliwe było również przez fakt, że zjawiska te rejestrowało tylko jedno stanowisko pomiarowe. Przykład oceny tego typu drgań przedstawiają rys. 69 i 70 (dla maksymalnych drgań zarejestrowanych na stanowisku Syczyn 4 w dniu 4.07.2013 r. o godzinie 6.38 i na stanowisku Zawada 3 zarejestrowanych w dniu 4.09.2013 r. o godzinie 18.33). Oceny te mają tylko charakter poglądowy mający na celu pokazanie sposobu interpretacji według skal SWD. Ponadto zgodnie z normą pomiary powinny być wykonywane na fundamencie budynku (na każdym poligonie jedno stanowisko montowane było na fundamencie budynku a trzy w gruncie). Punkty naniesione na nomogramy przedstawione na rysunkach 69–72 wyliczono stosując filtrację oktawową zgodnie z normą PN-85/B-02170.



**Rys. 69.** Ocena drań ze stanowiska Syczyn 4 zarejestrowanych dnia 4.07.2013 r. godzina 6.38 wg skali wpływów dynamicznych SWD-I polskiej normy PN-85/B-02170; drgania były wywołane przez ludzi pracujących w pobliżu czujnika



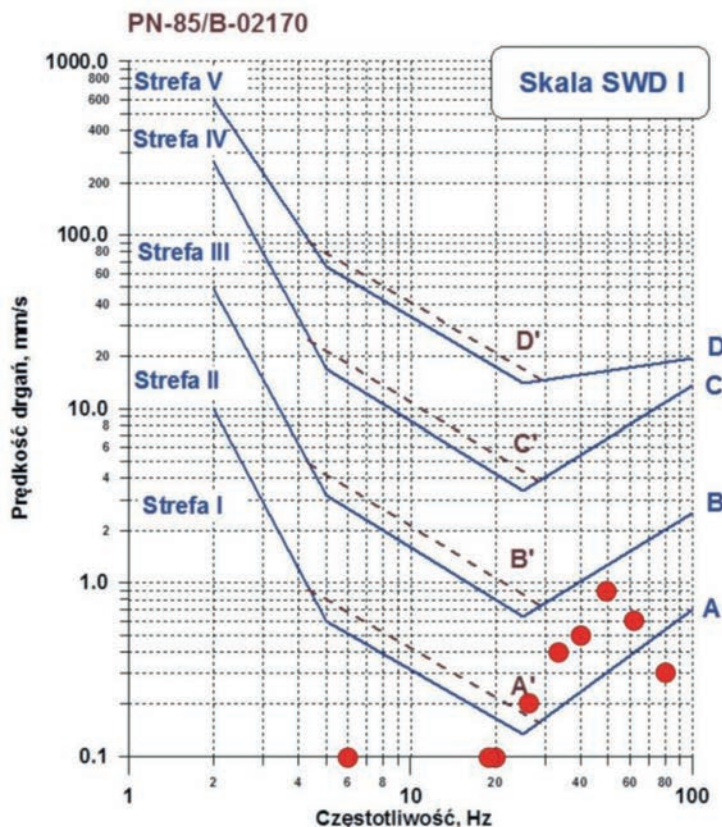
**Rys. 70.** Ocena drań ze stanowiska Zawada 3 zarejestrowanych dnia 4.09.2013 r. godzina 18.33 wg skali wpływów dynamicznych SWD-I polskiej normy PN-85/B-02170; drgania były wywołane przez ludzi pracujących w pobliżu czujnika

Drgania o największych amplitudach (na rys. 69-70 oznaczone czerwonymi kropkami) pochodzą od uderzeń w czujniki lub uderzeń wywołanych przez prace prowadzone w ich pobliżu (budowa płotu, rąbanie drewna). Wynika to z charakterystyki częstotliwościowej tych drgań. Drgania tego typu wg normy PN-85/B-02170 można zaklasyfikować do strefy II (drgania odczuwane przez budynek, ale nieszkodliwe dla konstrukcji; może nastąpić tylko przyspieszone zużycie budynku i pierwsze rysy w wyprawach i tynkach) lub nawet III (drgania szkodliwe dla budynku, mogą powodować lokalne zarysowania i spękania; może nastąpić odpadanie wypraw i tynków). Drgania te pochodzą jednak od źródeł położonych bardzo blisko czujnika, który znajdował się w gruncie, a nie na budynku, w związku z czym rzeczywisty wpływ drgań na budynek jest mniejszy..

Do zarejestrowanych drgań związanych z pracami prowadzonymi w otworach zaliczyć można:

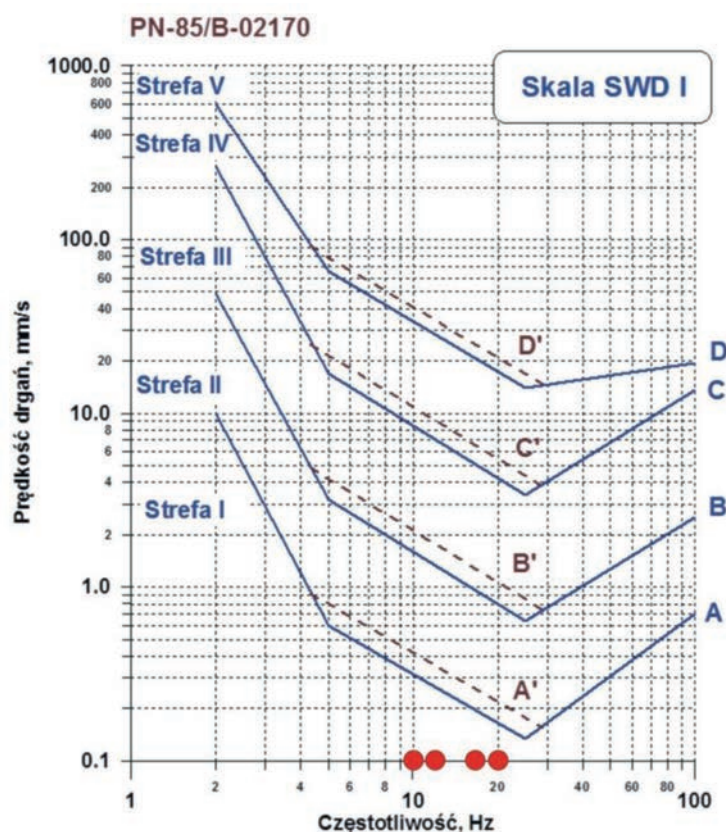
- drgania zarejestrowane na stanowisku Syczyn 2 od 22.05.2013 r. do 11.07.2013 r., czyli podczas pracy urządzeń do hydroszczelinowania przy otworze Syczyn-OU2K. Ocenę tych drgań w odniesieniu do skali SWD I przedstawia rys. 71,
- drgania od przejeżdżających samochodów dostarczających materiały niezbędne do hydroszczelinowania. Ocenę tych drgań w odniesieniu do skali SWD I przedstawia rys. 72.





**Rys. 71.** Ocena drgań ze stanowiska Syczyn 2 zarejestrowanych dnia 27.05.2013 r. wg skali wpływów dynamicznych SWD-I polskiej normy PN-85/B-02170; drgania były wywołane przez urządzenia do hydroszczelinowania pracujące w pobliżu otworu Syczyn-OU2K

Drgania zarejestrowane podczas hydroszczelinowania w rejonie otworu Syczyn-OU2K wg normy PN-85/B-02170 można zaklasyfikować do strefy II (drgania odczuwane przez budynek, ale nieszkodliwe dla konstrukcji; może nastąpić tylko przyspieszone zużycie budynku i pierwsze rysy w wyprawach i tynkach). Pokazuje to rys. 71, na którym czerwone kropki oznaczają parametry drgań w poszczególnych przedziałach częstotliwościowych.



**Rys. 72.** Ocena drań ze stanowiska Gapowo 4 zarejestrowanych dnia 2.05.2014 r. godzina 9.50 wg skali wpływów dynamicznych SWD-I polskiej normy PN-85/B-02170; drgania spowodowane były ruchem ulicznym związanym z hydroszczelinowaniem (dostawy materiałów)

Drgania od ruchu ulicznego zarejestrowane podczas pomiarów na wszystkich otworach wg normy PN-85/B-02170 można zaklasyfikować do strefy I (drgania nieodczuwalne przez budynek). Przykład oceny przedstawiono na rys. 72.

Pomierzone wartości drgań są poniżej wartości progowych, jeśli uwzględni się do oceny wpływu drgań normę DIN 4150/3 (patrz tabela 4), która jest powszechnie stosowana przy ocenie wpływu drgań sejsmicznych w Europie. W załącznikach 4-15 poziomą czerwoną linią naniesiono progową wartość 5 mm/s, począwszy od której należy ewentualnie rozpatrywać wpływ drgań parasejsmicznych według normy niemieckiej DIN 4150/3. Drgania parasejsmiczne są to drgania pochodzące od takich zdarzeń, jak: eksplozje materiałów wybuchowych, ruch uliczny, praca maszyn itp. Pojęcie to powstało, aby odróżnić takie drgania od drgań sejsmicznych pochodzących od trzęsień ziemi.

Powyższa analiza drgań według skali SWD-I zamieszczona na rysunkach 69-72 przeprowadzona po zastosowaniu filtrów 1/3 oktaowych może zostać także odniesiona do skali PN-88/B-02171 do oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach. W tym celu należy określić skorygowane wartości dopuszczalne prędkości drgań oddzielnie dla składowej z oraz x-y. Skorygowane wartości dopuszczalne prędkości drgań określono dla obiektów mieszkalnych dla składowej pionowej drgań z równą 3.2mm/s oraz dla składowych poziomych x-y równą 9.28mm/s. Z rysunków 69-72 widać wyraźnie, że rejestrowane drgania nie osiągnęły tego poziomu, co oznacza, że nie miały one wpływu na ludzi znajdujących się w budynkach.

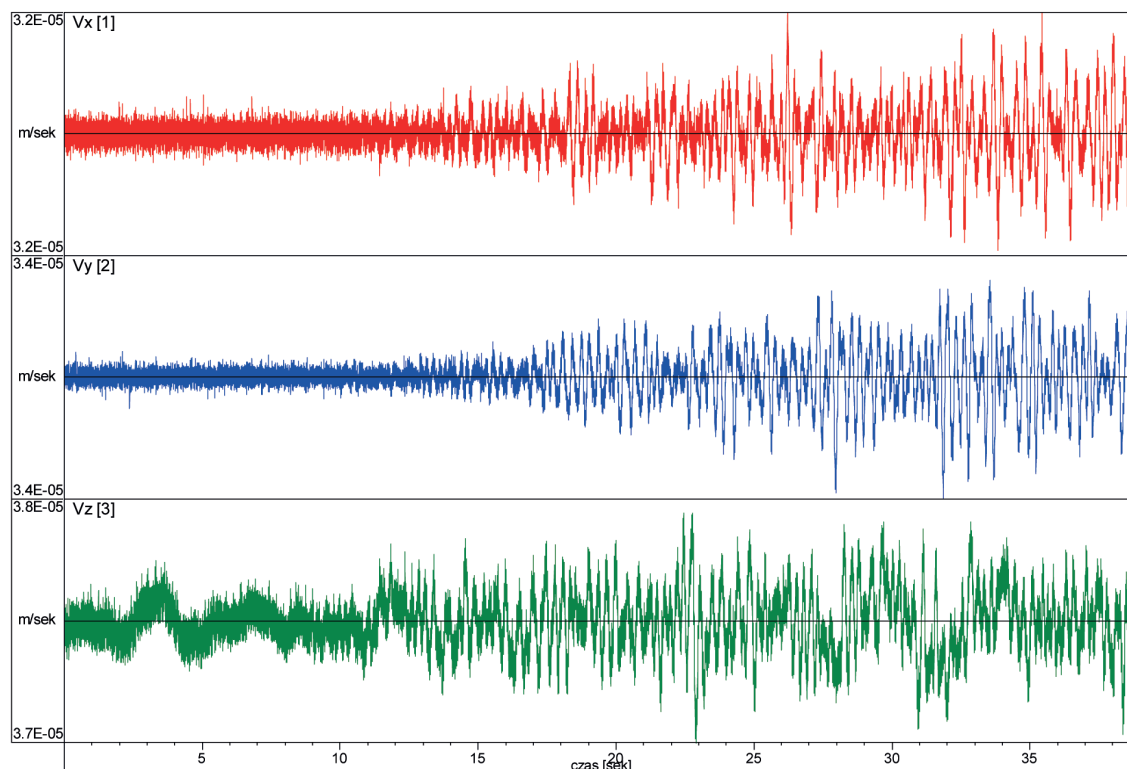


# 6. ZJAWISKA TELESEJSMICZNE

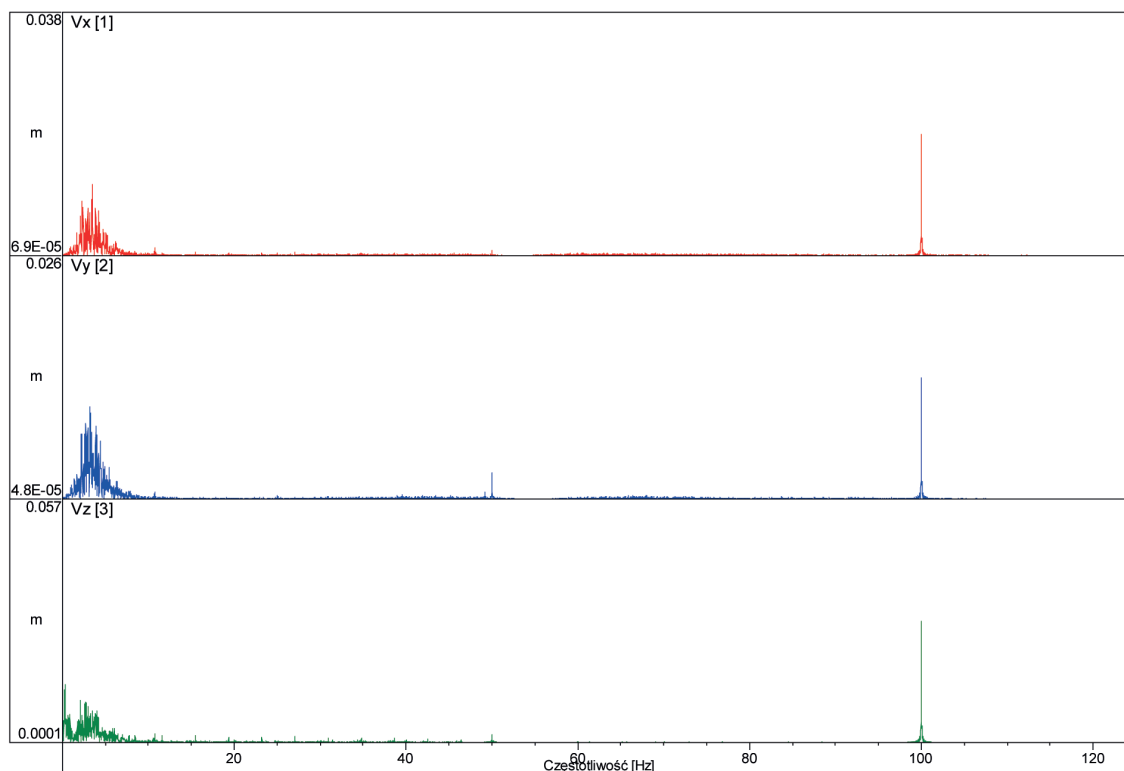
W okresie prowadzenia pomiarów zarejestrowano także szereg zjawisk telesejsmicznych, czyli dalekich trzęsień ziemi. Poniżej przedstawiono zarejestrowane sejsmogramy kilku z nich. Przedstawione rysunki są poglądowe, a zapisy całego trzęsienia trwają dłużej, zazwyczaj kilka-kilkanaście minut.

Trzęsienie ziemi z dnia 24.05.2013 r. zlokalizowane na Morzu Ochockim (patrz rys. 73–80). Charakterystyka tego wstrząsu jest następująca:

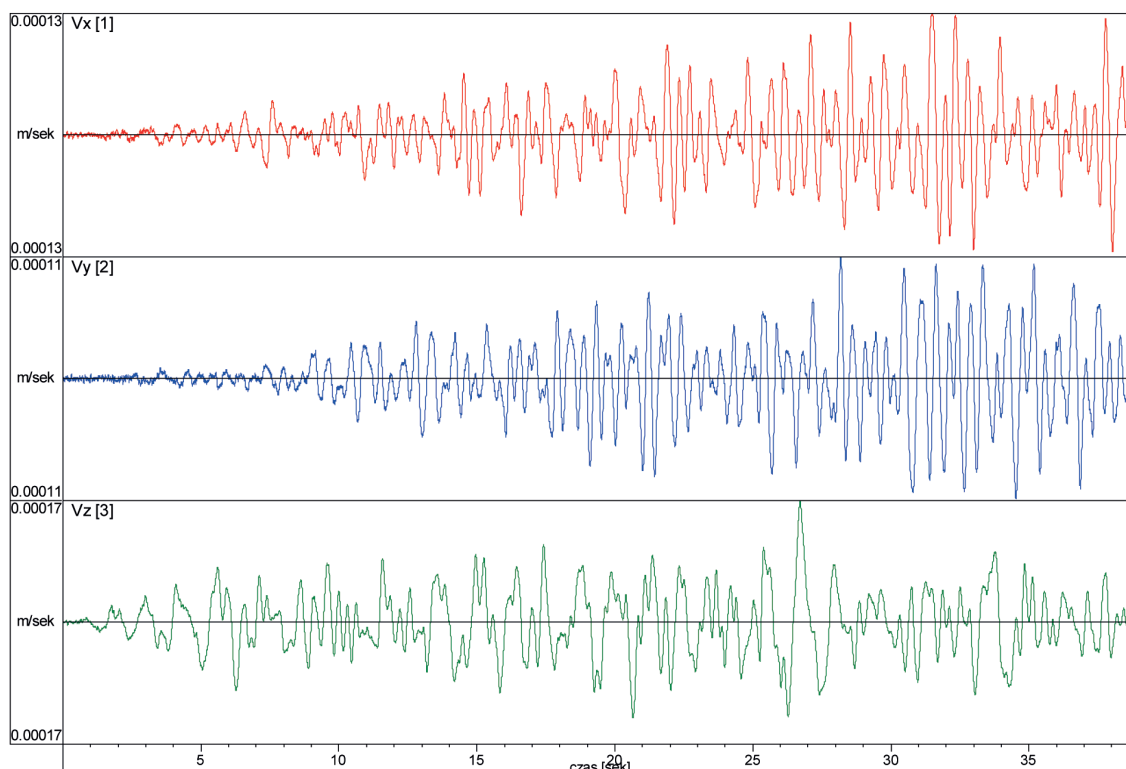
Magnituda	M = 8,3
Region	Morze Ochockie
Czas	24.05.2013 r. 05.44 UTC
Lokalizacja	54,91 N; 153,34 E
Głębokość	598 km



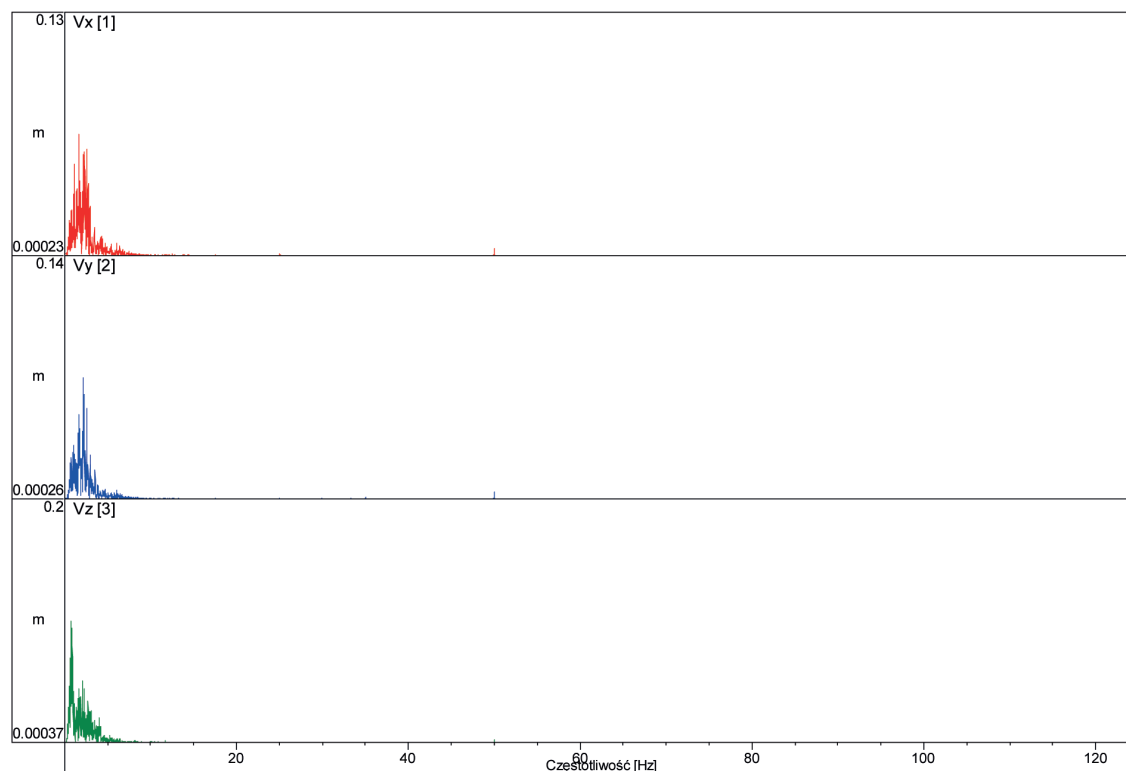
**Rys. 73.** Zapis trzęsienia ziemi na Morzu Ochockim z dnia 24.05.2013 r. na stanowisku Syczyn 1 w Bekiszy (rejon otworu Syczyn-OU2K). Początek zapisu 7:54:27.127 czasu lokalnego



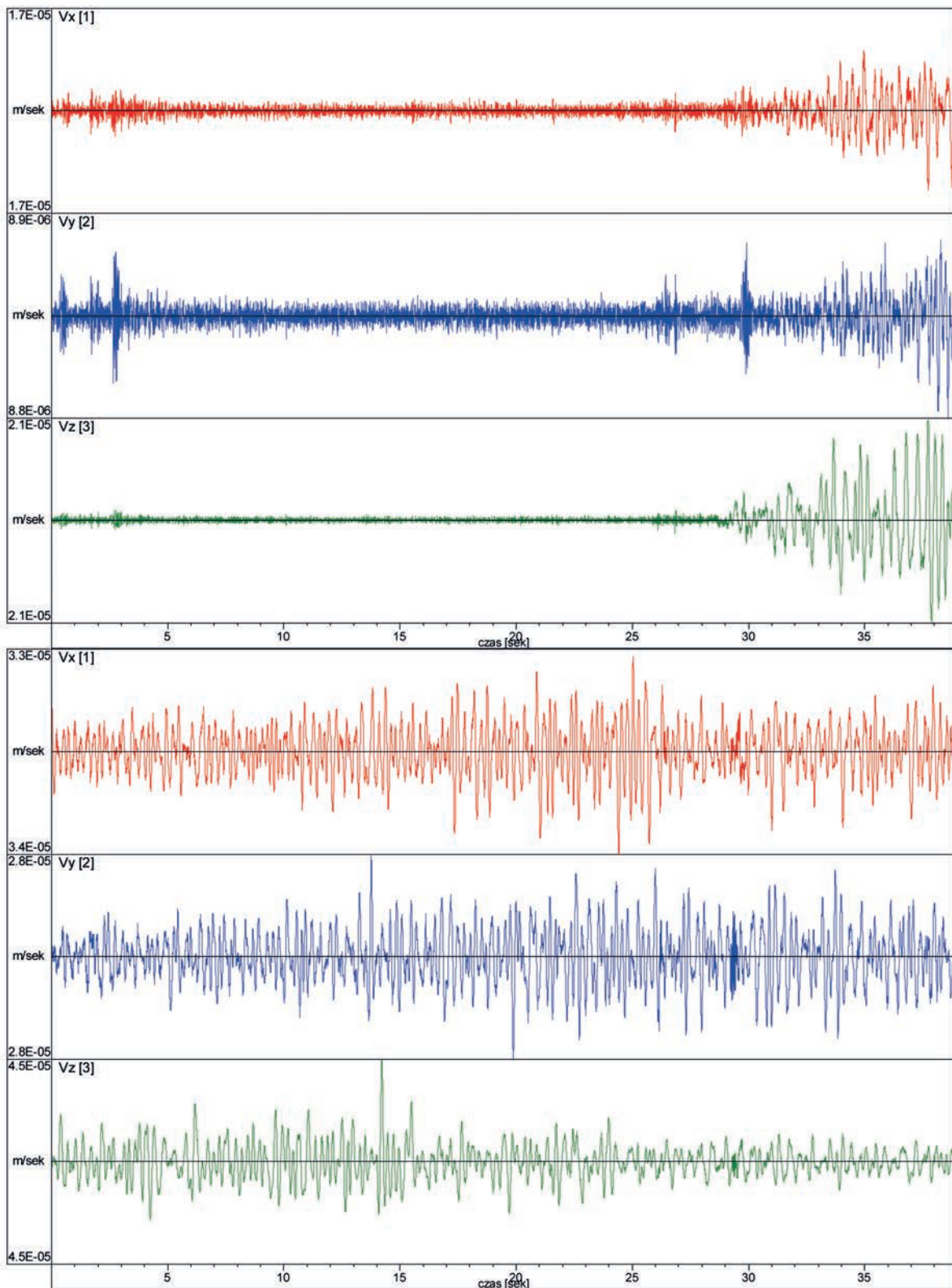
**Rys. 74.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) drgań z rys. 73



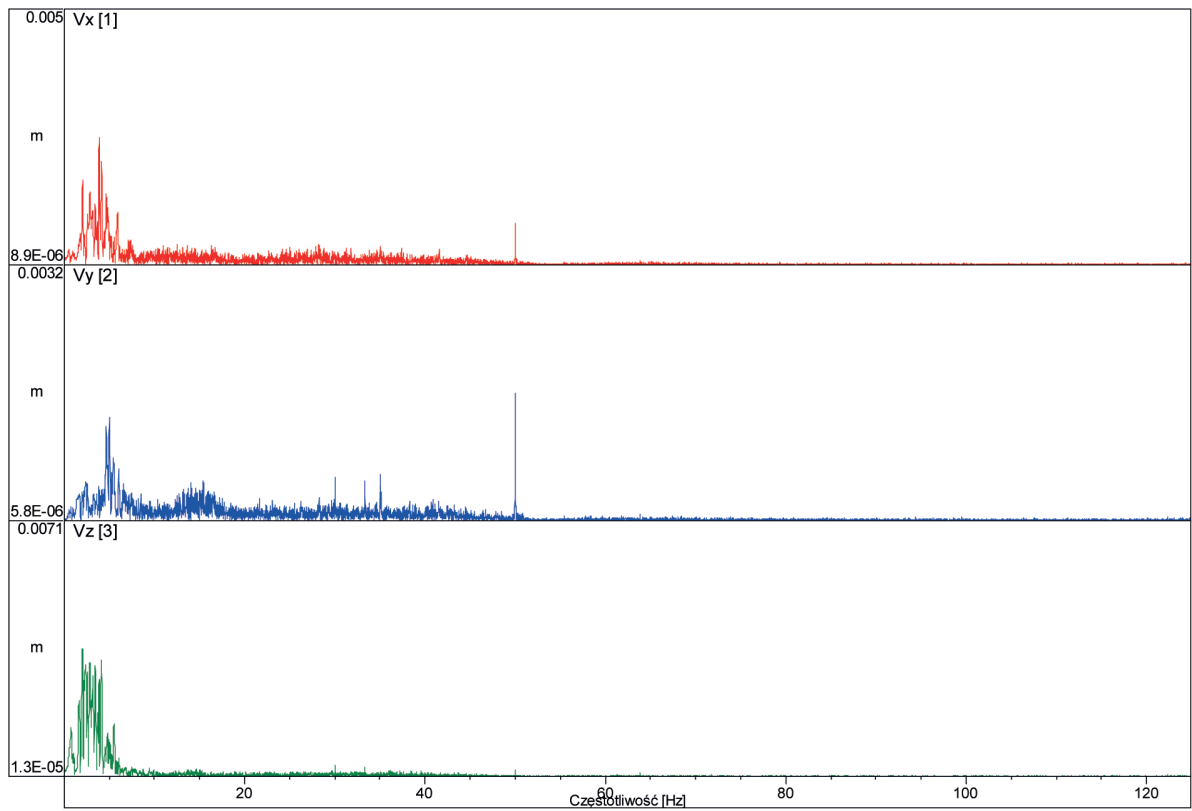
**Rys. 75.** Zapis trzęsienia ziemi na Morzu Ochockim z dnia 24.05.2013 r. na stanowisku Syczyn 2 w Syczynie (rejon otworu Syczyn-OU2K). Początek zapisu 7:54:33.478 czasu lokalnego



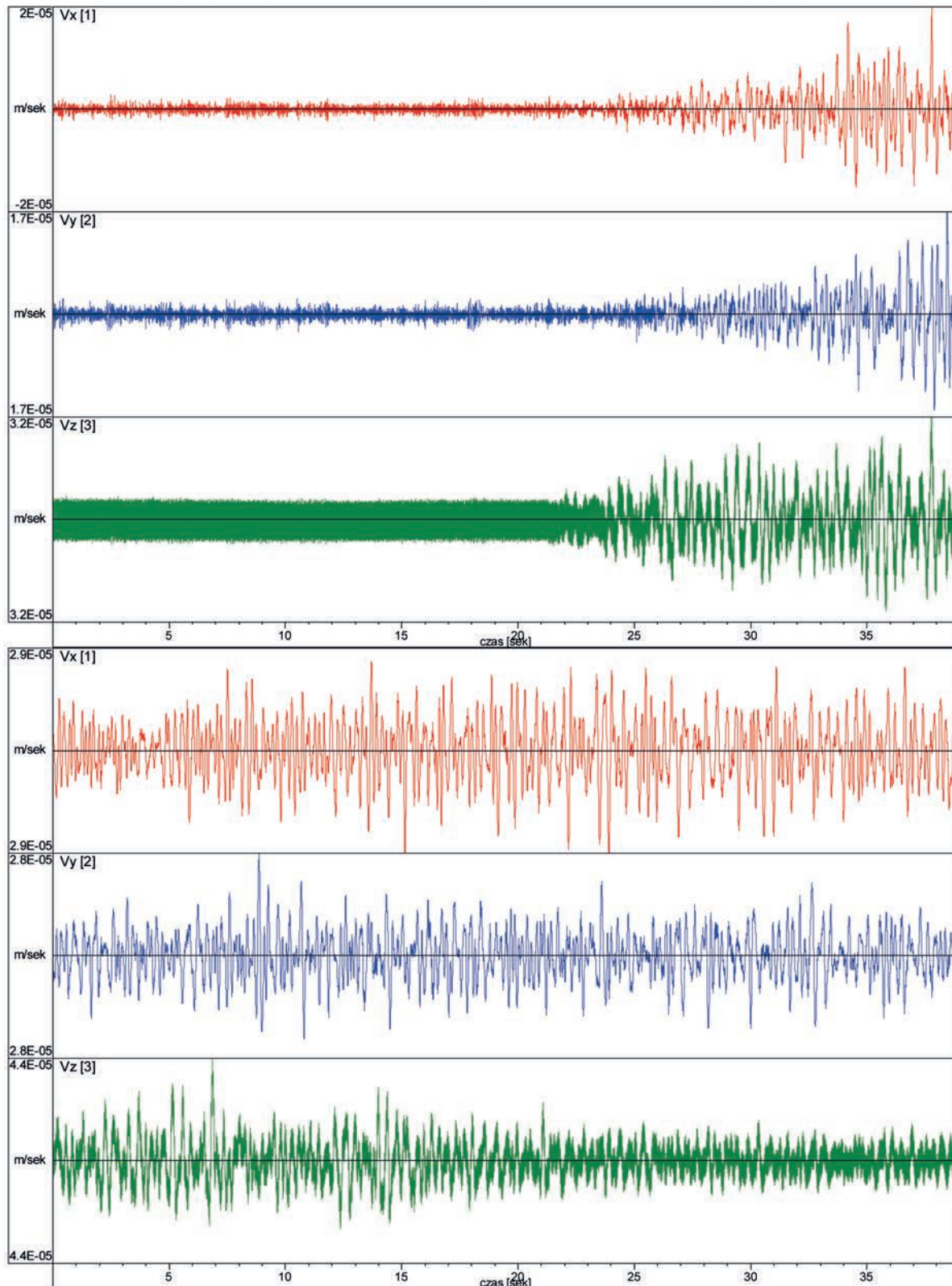
**Rys. 76.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) drgań z rys. 75



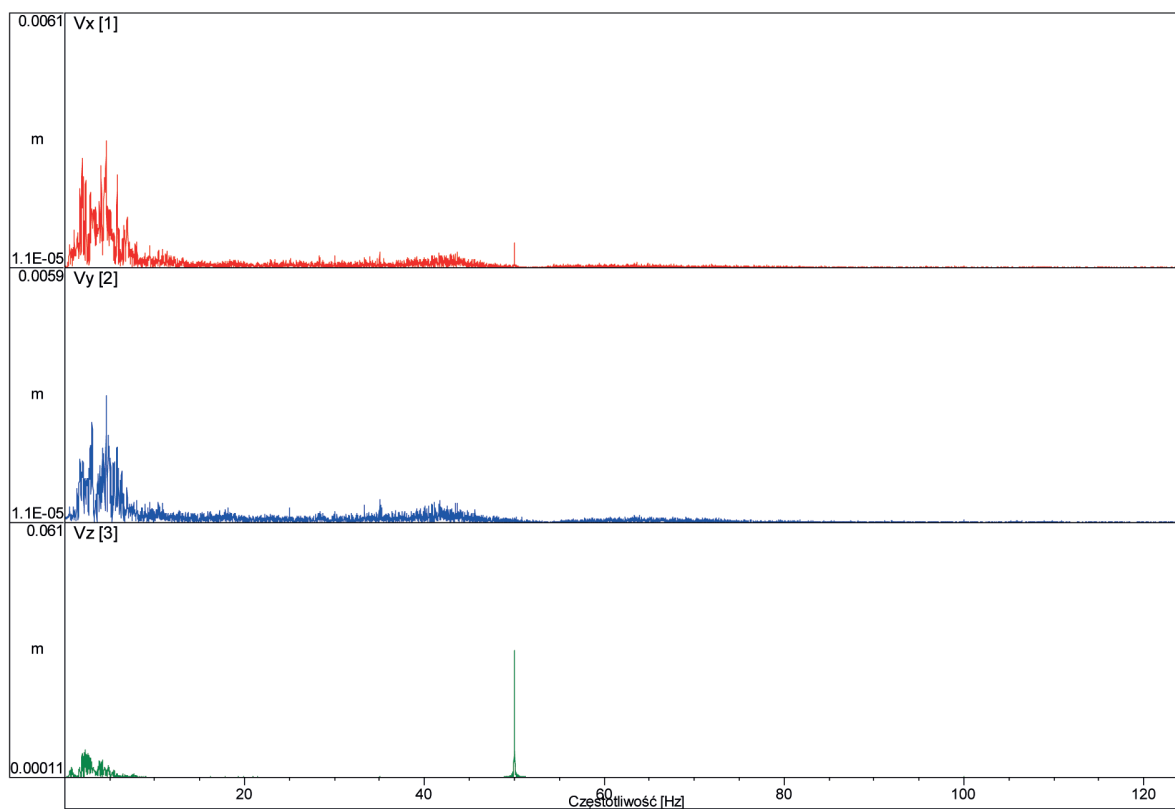
**Rys. 77.** Zapis trzęsienia ziemi na Morzu Ochockim z dnia 24.05.2013 r. na stanowisku Syczyn 3 w Syczynie (rejon otworu Syczyn-OU2K), dwa kolejne okna o długości 40 s. Początek zapisu 7:54:02.586 czasu lokalnego



**Rys. 78.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) drgań z rys. 77



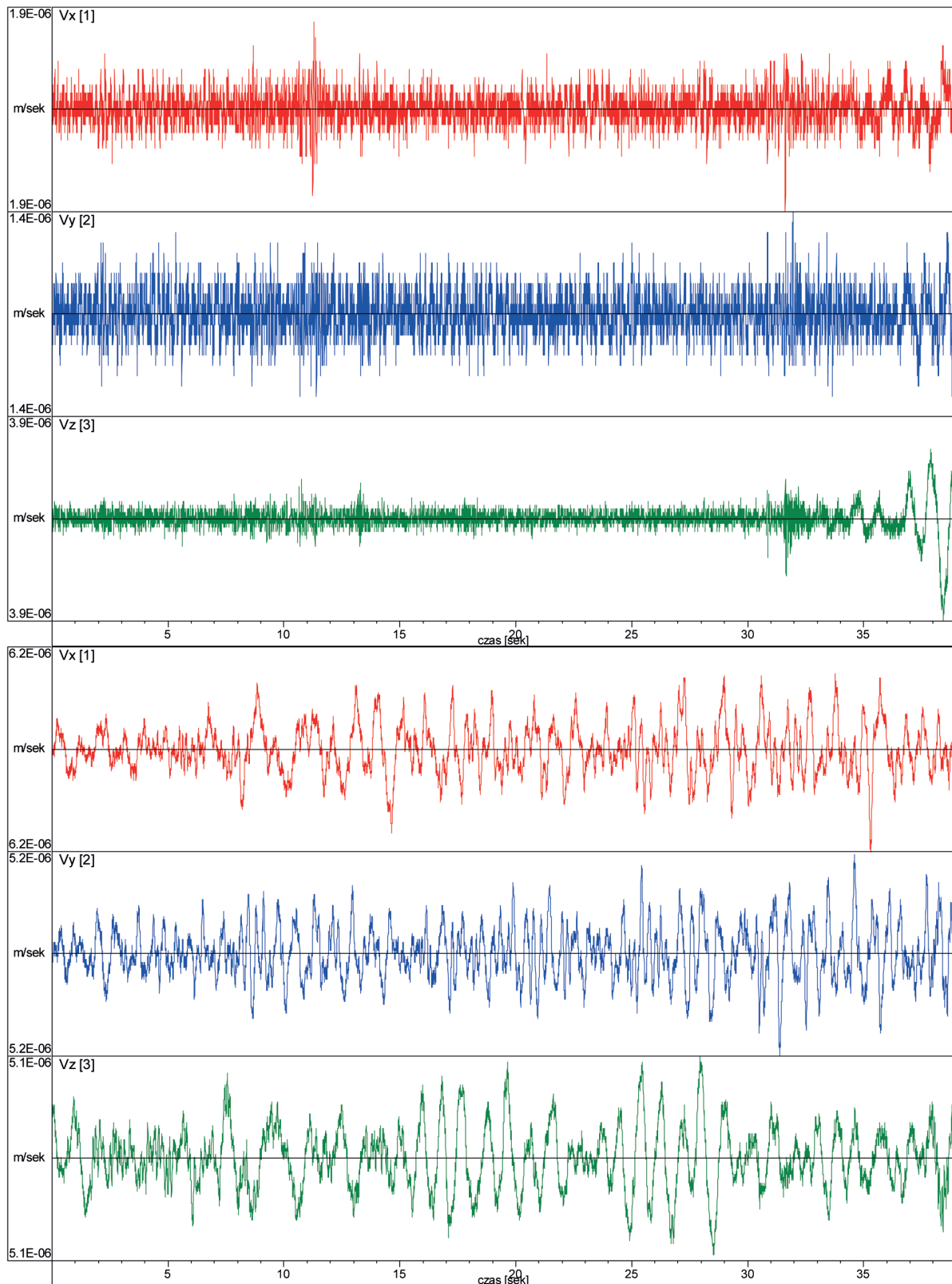
**Rys. 79.** Zapis trzęsienia ziemi na Morzu Ochockim z dnia 24.05.2013 r. na stanowisku Syczyn 4 w Syczynie (rejon otworu Syczyn-OU2K), dwa kolejne okna o długości 40 s. Początek zapisu 7:54:11.325 czasu lokalnego



**Rys. 80.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) drgań z rys. 79

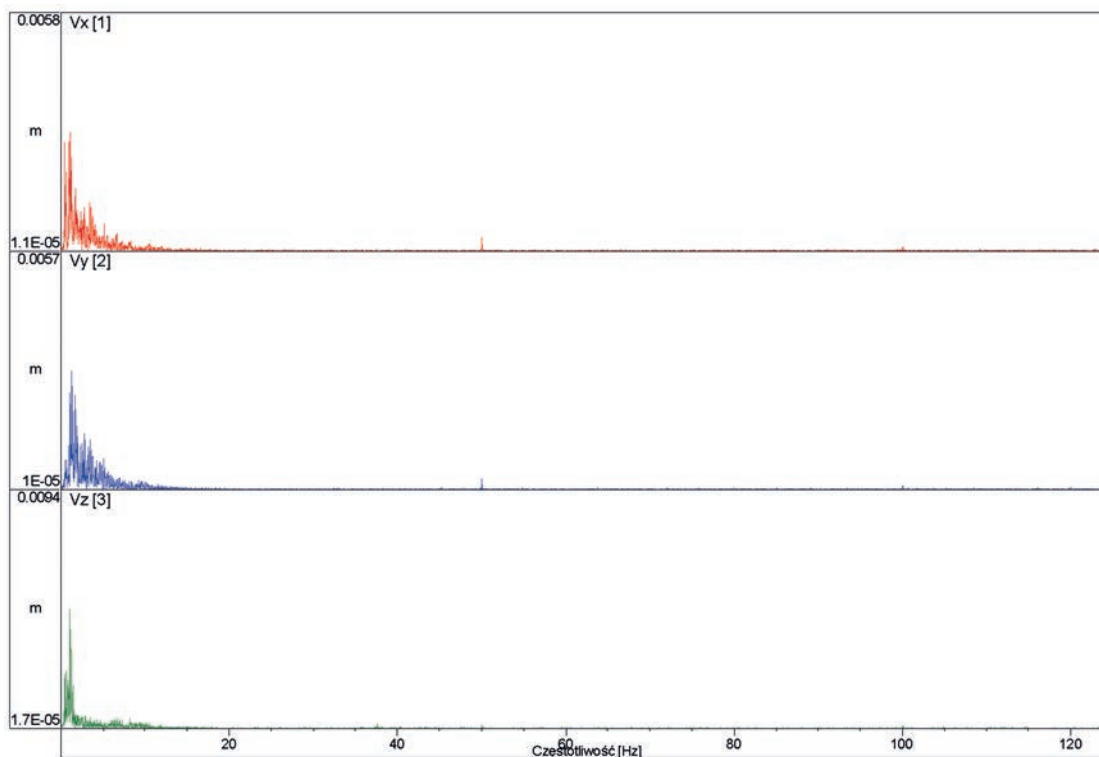
Trzęsienie ziemi z dnia 15.06.2013 r., zlokalizowane na Krecie (patrz rys. 81-84).  
Charakterystyka tego wstrząsu jest następująca:

Magnituda	M = 6,2
Region	Kreta, Grecja
Czas	15.06.2013 16.10 UTC
Lokalizacja	34,23 N; 25,00 E
Głębokość	10 km

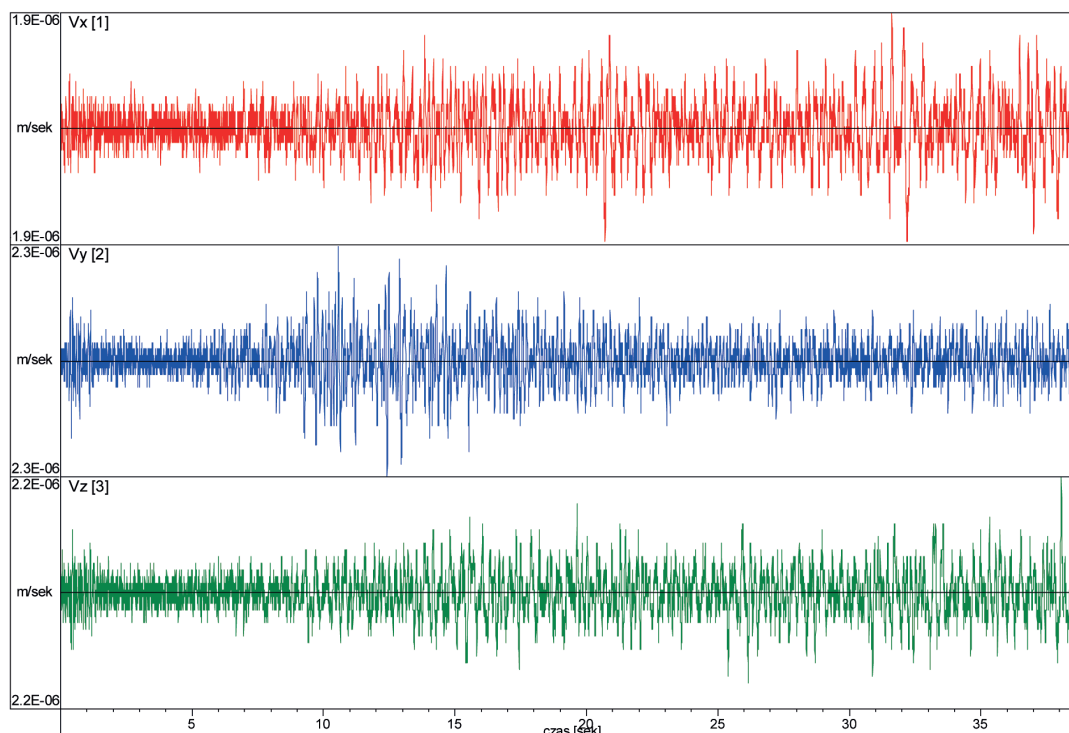


**Rys. 81.** Zapis trzęsienia ziemi na Krecie z dnia 15.06.2013 r. na stanowisku Zawada 1 w Wielączy Kolonia (rejon otworu Zwierzyniec-1), dwa kolejne okna o długości 40 s. Początek zapisu 18:14:15.117 czasu lokalnego

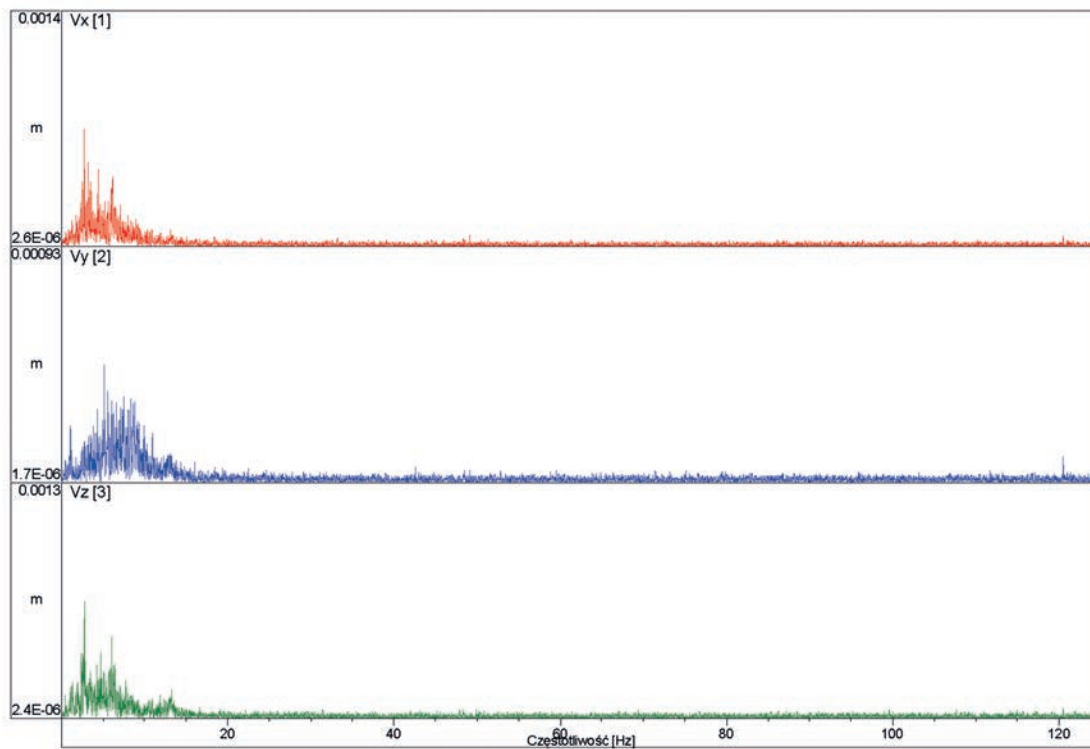




**Rys. 82.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 81



**Rys. 83.** Zapis trzęsienia ziemi na Krecie z dnia 15.06.2013 r. na stanowisku Zawada 2 w miejscowości Siedliska Kolonia (rejon otworu Zwierzyniec-1) . Początek zapisu 18:14:45.067 czasu lokalnego



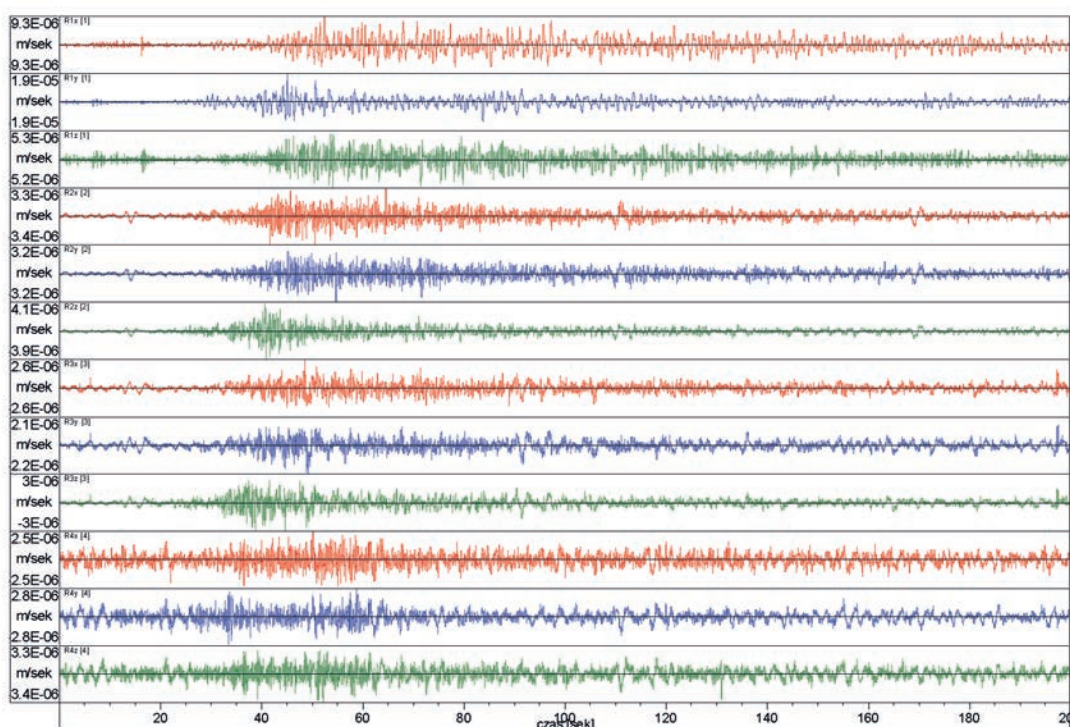
**Rys. 84.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) zapisu z rys. 83

Trzęsienie ziemi z dnia 23.06.2014 r., zlokalizowane na Morzu Beringa (Wyspy Szczurze) (patrz rys. 85–86).

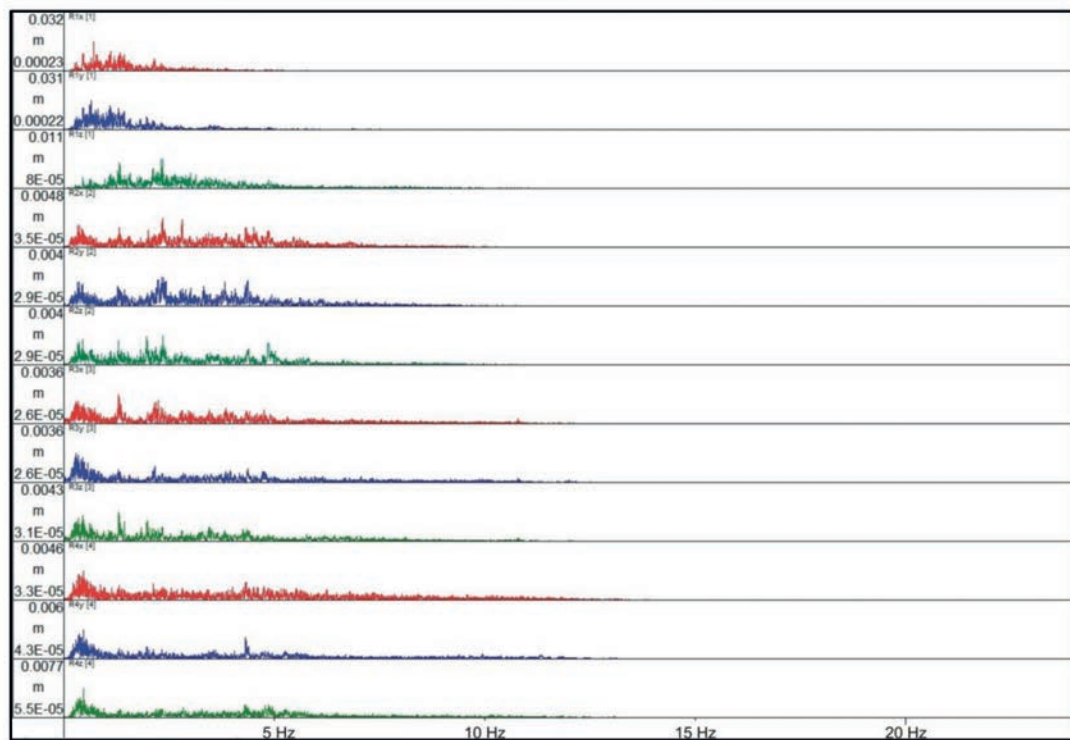
Charakterystyka tego wstrząsu jest następująca:

Magnituda	$M = 7,9$
Region	Grupa Wysp Szczurzych w archipelagu Aleutów
Czas	23.06.2014 20.53 UTC
Lokalizacja	51,85 N; 178,76 E
Głębokość	106 km

Sejsmogramy dla tego trzęsienia przedstawiono zbiorczo dla wszystkich stanowisk w rejonie otworu Gapowo-1 na rysunku 85 (zastosowano filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości odcięcia 10 Hz w celu eliminacji części zakłóceń).



**Rys. 85.** Zapis trzęsienia ziemi na Morzu Beringa z dnia 23.06.2014 r. na stanowiskach w rejonie otworu Gapowo-1. Rejestrator 1 (kanał 1–3), Rejestrator 2 (kanał 4–6), Rejestrator 3 (kanał 7–9), Rejestrator 4 (kanał 10–12). Początek zapisu 23:04:30.702 czasu lokalnego



**Rys. 86.** Analiza fourierowska (widmo amplitudowe) drgań z rys. 85

# 7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. W ramach przeprowadzonych badań wykonano ciągły pomiar drgań sejsmicznych w trzech rejonach:

- w okresie od 10.04.2013 r. do 13.08.2013 r. na 4 stanowiskach pomiarowych wokół otworu Syczyn-OU2K,
- w okresie od 12.06.2013 r. do 5.09.2013 r. na 4 stanowiskach pomiarowych wokół otworu Zwierzyniec-1,
- w okresie od 18.03.2014 r. do 4.08.2014 r. na 4 stanowiskach pomiarowych wokół otworu Gapowo-1.

2. W trakcie prowadzenia pomiarów na powierzchni terenu w rejonie otworów Syczyn-OU2K, Zwierzyniec-1 i Gapowo-1 nie zarejestrowano drgań pochodzących od wstrząsów sejsmicznych związanych z procesem pękania górotworu spowodowanego hydroszczelinowaniem.

3. W rejonie otworu Syczyn-OU2K stwierdzono drgania parasejsmiczne na powierzchni terenu wywołane pracą urządzeń służących do hydroszczelinowania (prace pomp). Drgania te zarejestrowane zostały tylko na stanowisku najbliższym otworowi (stanowisko Syczyn 2 w Syczynie), a maksymalne amplitudy osiągnęły wartość 1 mm/s. Zarejestrowane drgania nie przekroczyły dopuszczalnych wartości drgań według polskiej normy PN-85/B-02170 oraz normy niemieckiej DIN 4150/3 i nie miały wpływu na infrastrukturę budowlaną w miejscu pomiaru.

4. Rejestrowane drgania parasejsmiczne nie przekroczyły dopuszczalnych wartości drgań według polskiej normy PN-88/B-02171 i nie miały wpływu na ludzi w budynkach.

5. W trakcie prowadzenia pomiarów stwierdzono występowanie drgań parasejsmicznych związanych głównie z ruchem ulicznym. Ich poziom nie przekroczył wartości 2 mm/s.

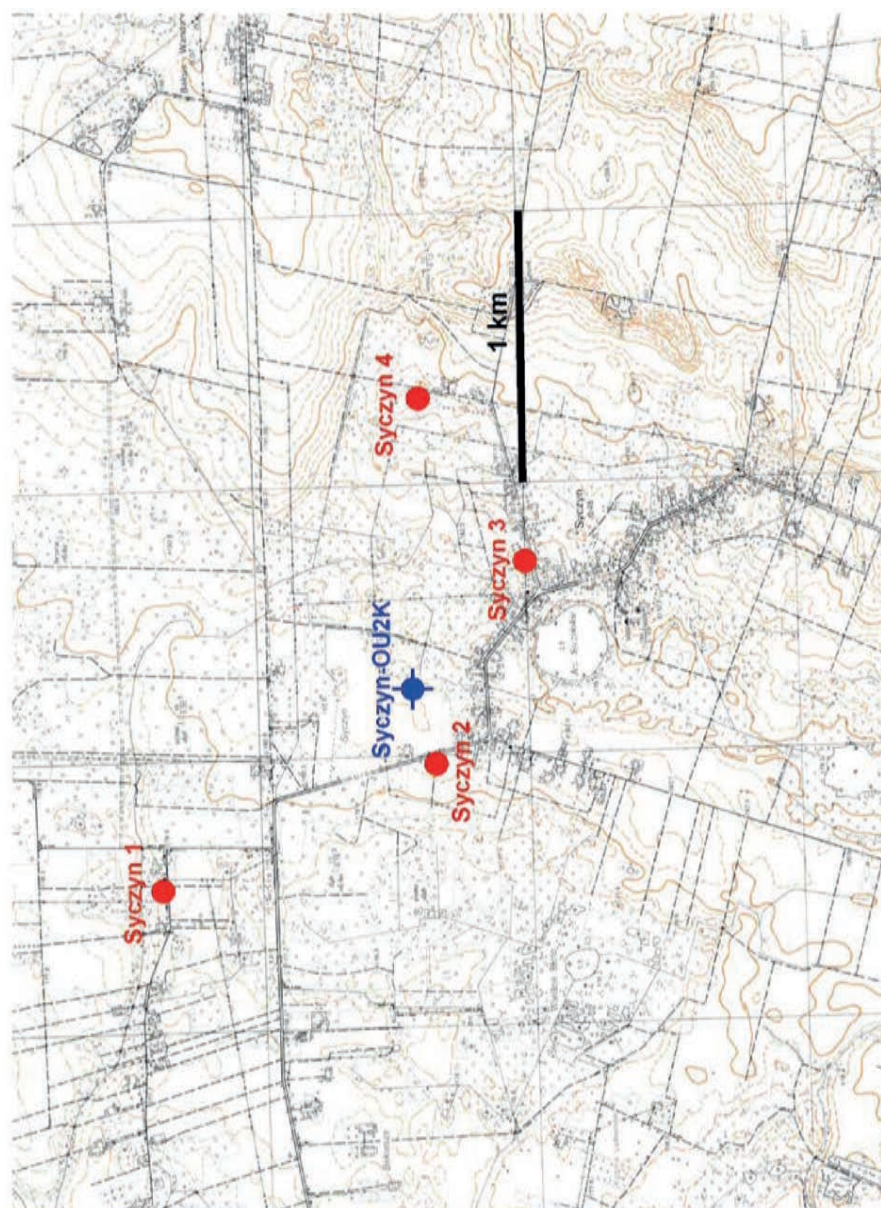
6. Przeprowadzone pomiary umożliwiły także rejestrację zjawisk telesejsmicznych, czyli rejestrację drgań pochodzących od dalekich trzęsień ziemi, które nie miały wpływu na infrastrukturę budowlaną w badanym obszarze.

# 8. WYKAZ ZAŁĄCZNIKÓW

- Załącznik nr 1.** Mapa lokalizacji poligonu pomiarowego – Syczyn-OU2K
- Załącznik nr 2.** Mapa lokalizacji poligonu pomiarowego – Zwierzyniec-1
- Załącznik nr 3.** Mapa lokalizacji poligonu pomiarowego – Gapowo-1
- Załącznik nr 4.** Rejon otworu Syczyn-OU2K. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 10.04.2013 r. do 13.08.2013 r. dla stanowiska Syczyn 1. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ
- Załącznik nr 5.** Rejon otworu Syczyn-OU2K. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 10.04.2013 r. do 13.08.2013 r. dla stanowiska Syczyn 2. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ
- Załącznik nr 6.** Rejon otworu Syczyn-OU2K. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 10.04.2013 r. do 13.08.2013 r. dla stanowiska Syczyn 3. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ
- Załącznik nr 7.** Rejon otworu Syczyn-OU2K. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 11.04.2013 r. do 12.08.2013 r. dla stanowiska Syczyn 4. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ
- Załącznik nr 8.** Rejon otworu Zwierzyniec-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 12.06.2013 r. do 6.09.2013 r. dla stanowiska Zawada 1. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ
- Załącznik nr 9.** Rejon otworu Zwierzyniec-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 12.06.2013 r. do 6.09.2013 r. dla stanowiska Zawada 2. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ
- Załącznik nr 10.** Rejon otworu Zwierzyniec-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 12.06.2013 r. do 6.09.2013 r. dla stanowiska Zawada 3. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ
- Załącznik nr 11.** Rejon otworu Zwierzyniec-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 12.06.2013 r. do 6.09.2013 r. dla stanowiska Zawada 4. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ
- Załącznik nr 12.** Rejon otworu Gapowo-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 19.03.2014 r. do 4.08.2014 r. dla stanowiska Rejestrator 1. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ
- Załącznik nr 13.** Rejon otworu Gapowo-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 19.03.2014 r. do 4.08.2014 r. dla stanowiska Rejestrator 2. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ
- Załącznik nr 14.** Rejon otworu Gapowo-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 18.03.2014 r. do 4.08.2014 r. dla stanowiska Rejestrator 3. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ
- Załącznik nr 15.** Rejon otworu Gapowo-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 18.03.2014 r. do 4.08.2014 r. dla stanowiska Rejestrator 4. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ



Załącznik nr 1. Mapa lokalizacji poligonu pomiarowego – Syczyn-OU2K

**Opis stanowisk pomiarowych:**

**Syczyn 1** – zlokalizowane w miejscowości Bekisza, współrzędne geograficzne: szer. 51o18,046', dł. 23o13,573'. Stanowisko w gruncie, sondy DLM3D.

**Syczyn 2** – zlokalizowane w miejscowości Syczyn, współrzędne geograficzne: szer. 51o17,504', dł. 23o13,936'. Stanowisko na fundamencie budynku, sejsmometry Kinematics.

**Syczyn 3** – zlokalizowane w miejscowości Syczyn, współrzędne geograficzne: szer. 51o17,286', dł. 23o14,540'. Stanowisko w gruncie, sondy DLM3D.

**Syczyn 4** – zlokalizowane w miejscowości Syczyn, współrzędne geograficzne: szer. 51o17,495', dł. 23o15,069'. Stanowisko w gruncie, sondy DLM3D.

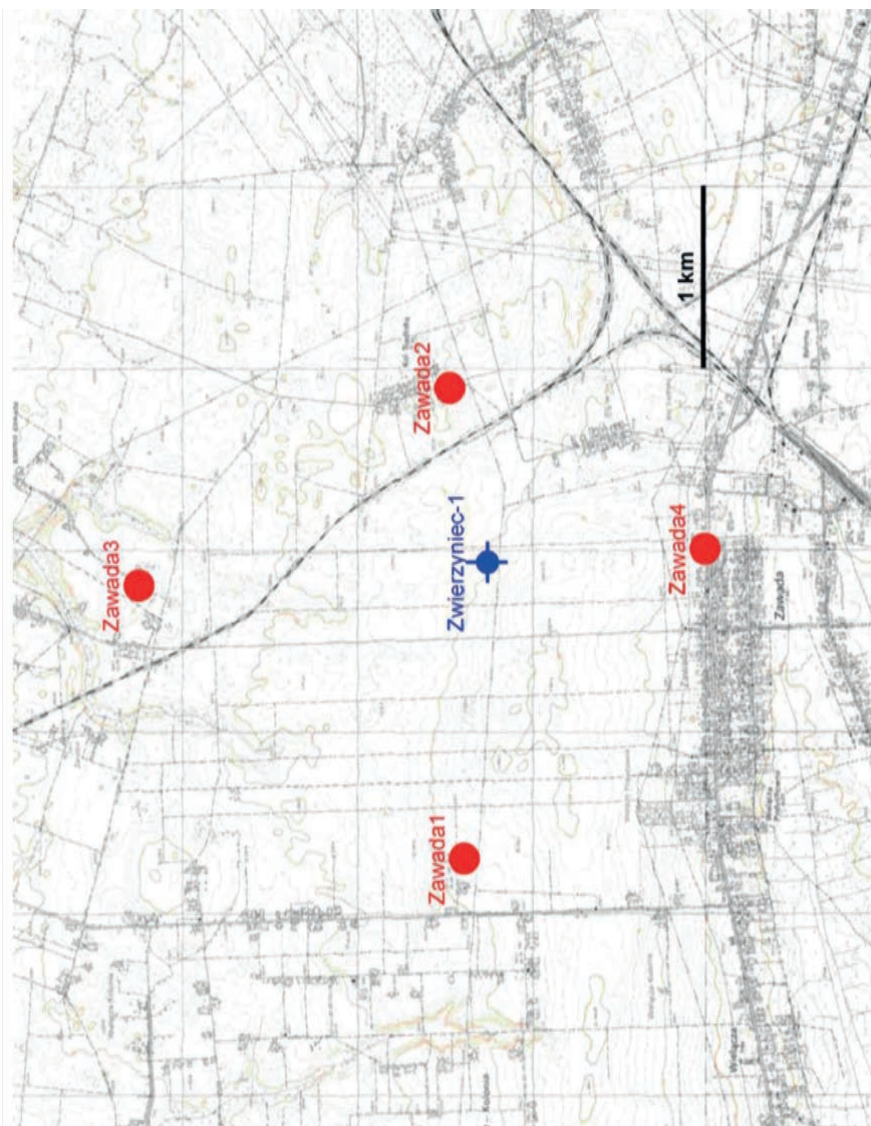
Poszczególne geofony mocowane w następującym układzie:

X – składowa pozioma, NS

Y – składowa pozioma, EW

Z – składowa pionowa

Załącznik nr 2. Mapa lokalizacji poligonu pomiarowego – Zwierzyniec-1



### Opis stanowisk pomiarowych:

**Zawada 1** – zlokalizowane w miejscowości Wielka Kolonia, współrzędne geograficzne: szer. 50o44,203', dł. 23o05,868'. Stanowisko w gruncie, sondy DLM3D.

**Zawada 2** – zlokalizowane w miejscowości Siedliska Kolonia, współrzędne geograficzne: szer. 50o44,185', dł. 23o08,089'. Stanowisko w gruncie, sondy DLM3D.

**Zawada 3** – zlokalizowane w miejscowości Zawada (północ), współrzędne geograficzne: szer. 50o45,197', dł. 23o07,183'. Stanowisko w gruncie, sondy DLM3D.

**Zawada 4** – zlokalizowane w miejscowości Zawada (południe), współrzędne geograficzne: szer. 50o43,469', dł. 23o07,350'. Stanowisko na fundamencie budynku, sejsmometri Kinemetrics.

Poszczególne geofony mocowane w następującym układzie:

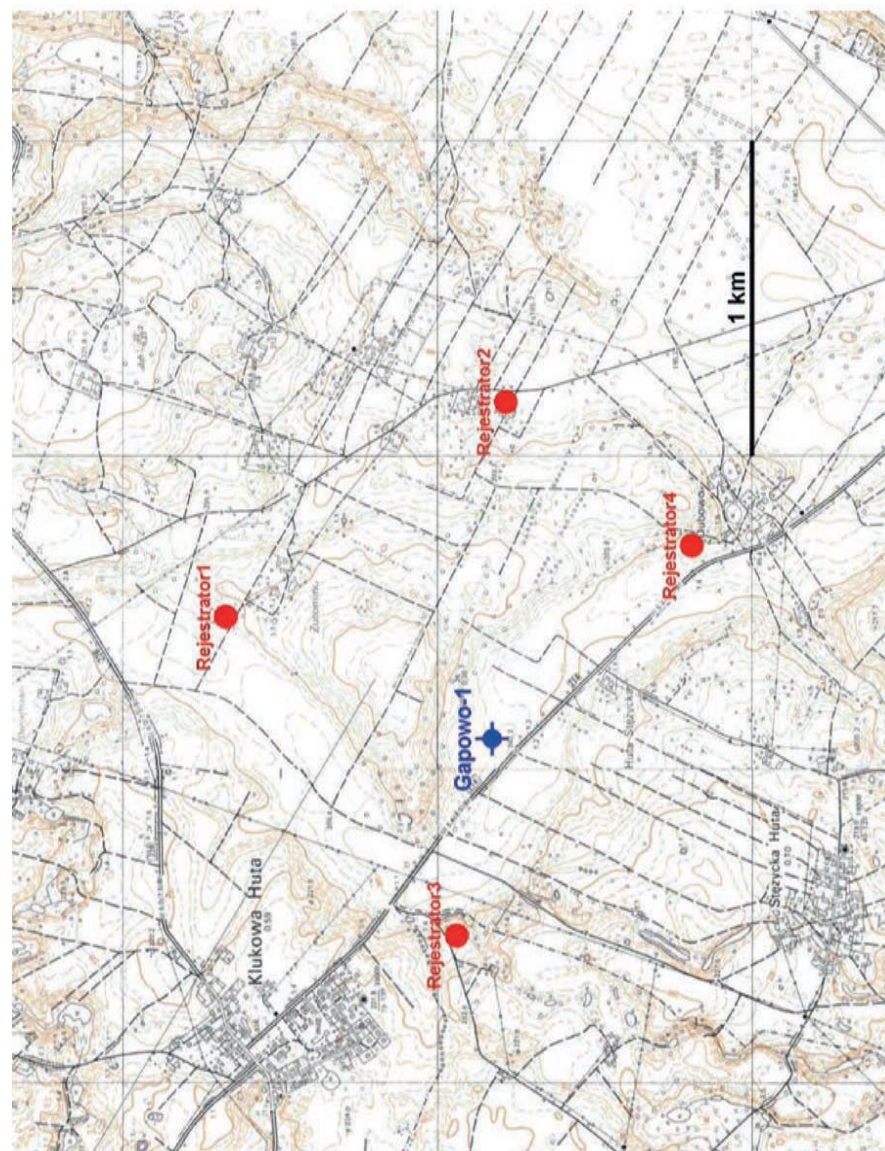
X – składowa pozioma, NS (EW Zawada 2)

Y – składowa pozioma, EW (NS Zawada 2)

Z – składowa pionowa



Załącznik nr 3. Mapa lokalizacji poligonu pomiarowego – Gapowo-1

**Opis stanowisk pomiarowych:**

**Rejestrator 1** – zlokalizowane w miejscowości Żuromino, współrzędne geograficzne: szer. 54°14,494', dł. 17°55,141'. Stanowisko na fundamencie budynku, sejsmometri Kinematics.

**Rejestrator 2** – zlokalizowane w miejscowości Żuromino, współrzędne geograficzne: szer. 54°14,013', dł. 17°55,758'. Stanowisko w gruncie, sondy DLM3D.

**Rejestrator 3** – zlokalizowane w miejscowości Borowiec, współrzędne geograficzne: szer. 54°14,107', dł. 17°54,193'. Stanowisko w gruncie, sondy DLM3D.

**Rejestrator 4** – zlokalizowane w miejscowości Dubowo, współrzędne geograficzne: szer. 54°13,707', dł. 17°55,321'. Stanowisko w gruncie, sondy DLM3D.

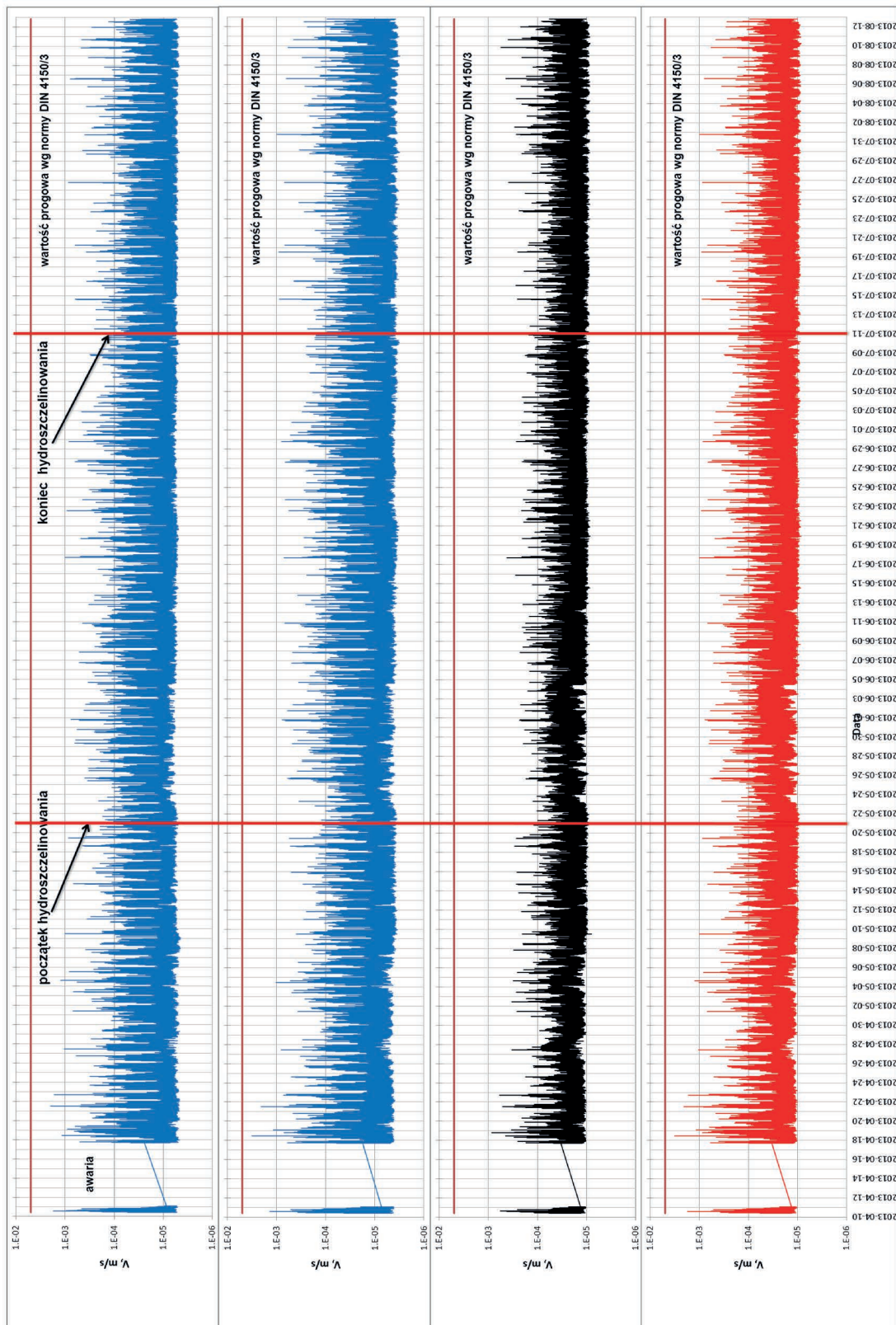
Poszczególne geofony mocowane w następującym układzie:

X – składowa pozioma, NS

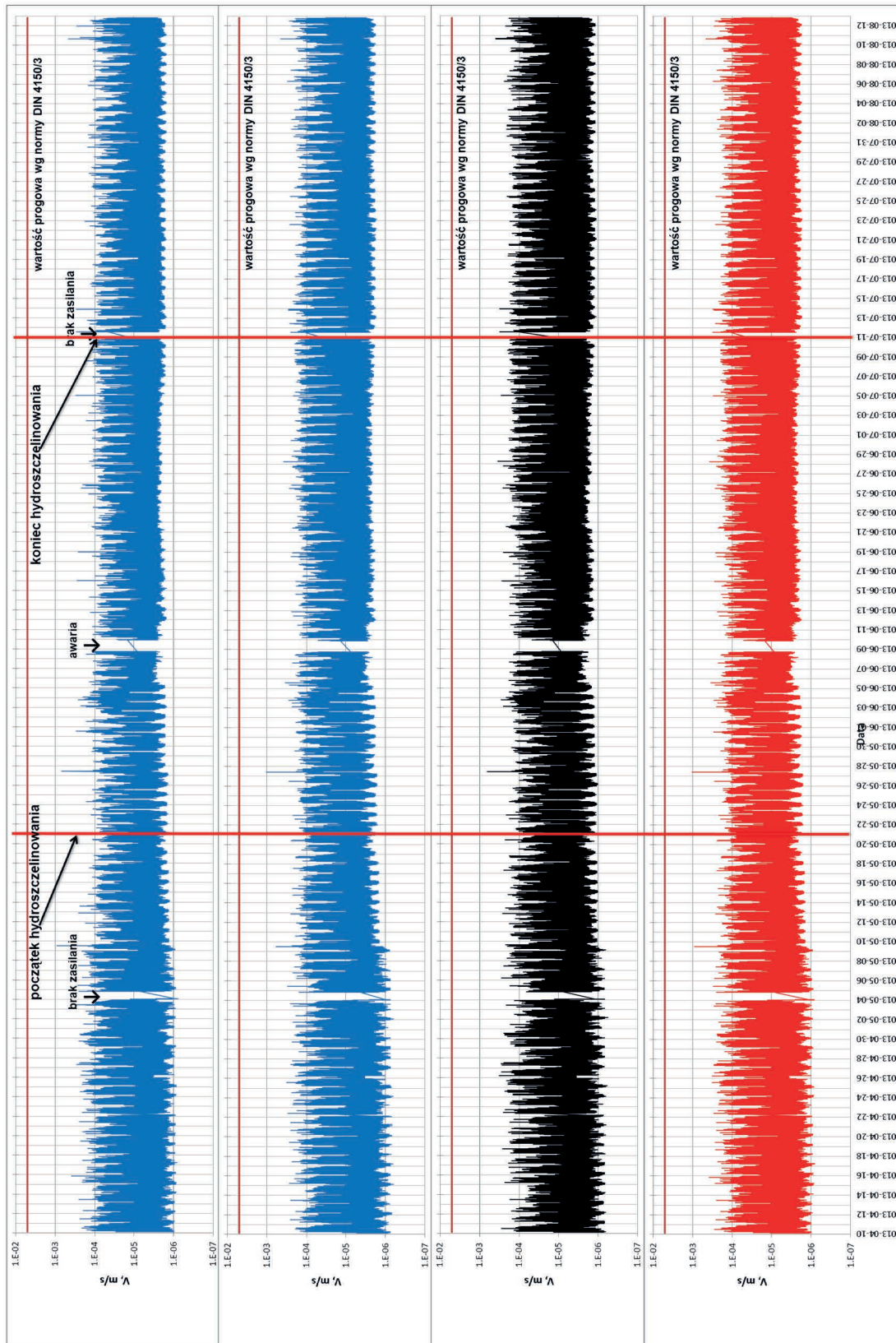
Y – składowa pozioma, EW

Z – składowa pionowa



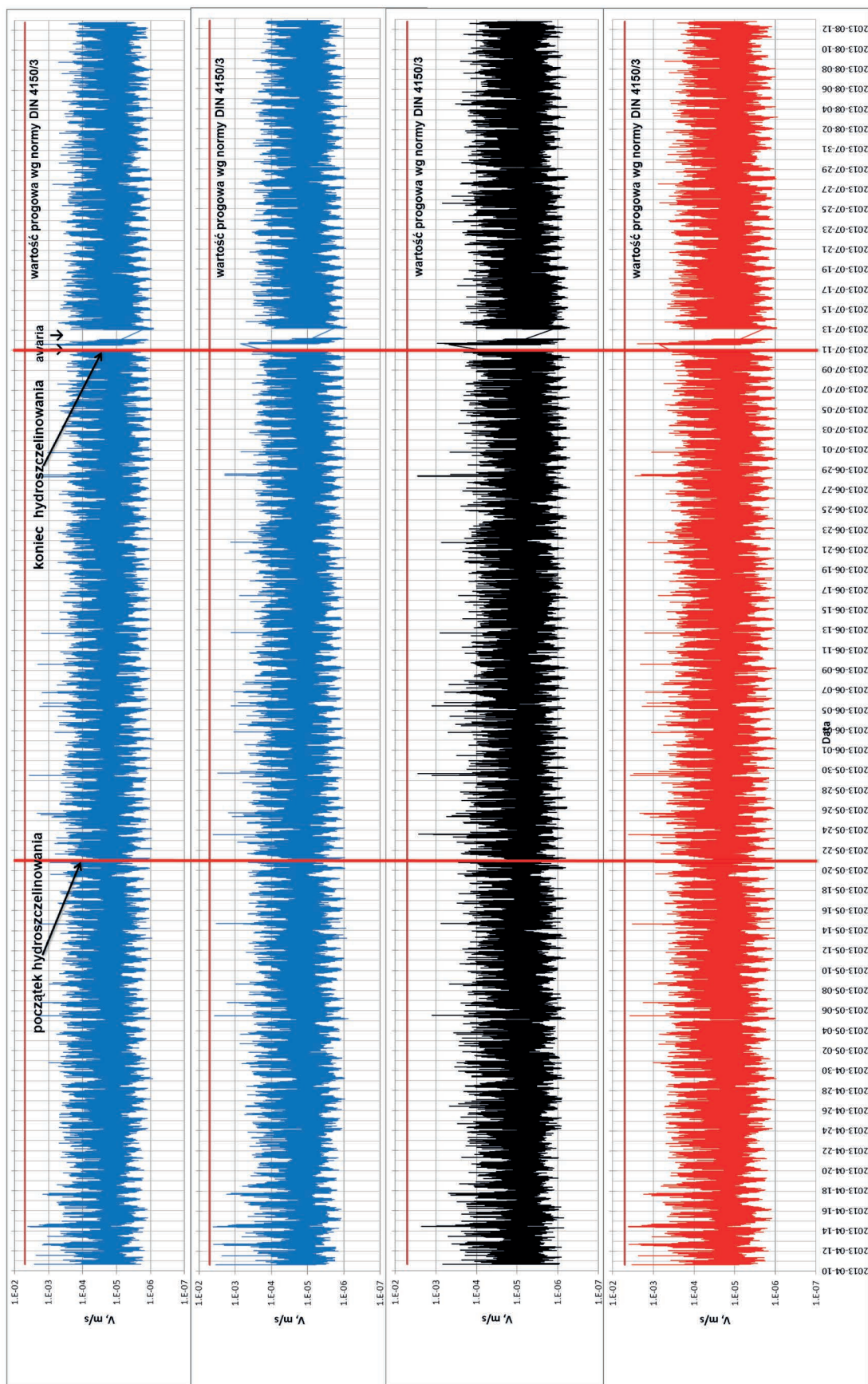


**Załącznik nr 4.** Rejon otworu Syczyn-Ou2K. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 10.04.2013 r. do 13.08.2013 r. dla stanowiska Syczyn 1. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ

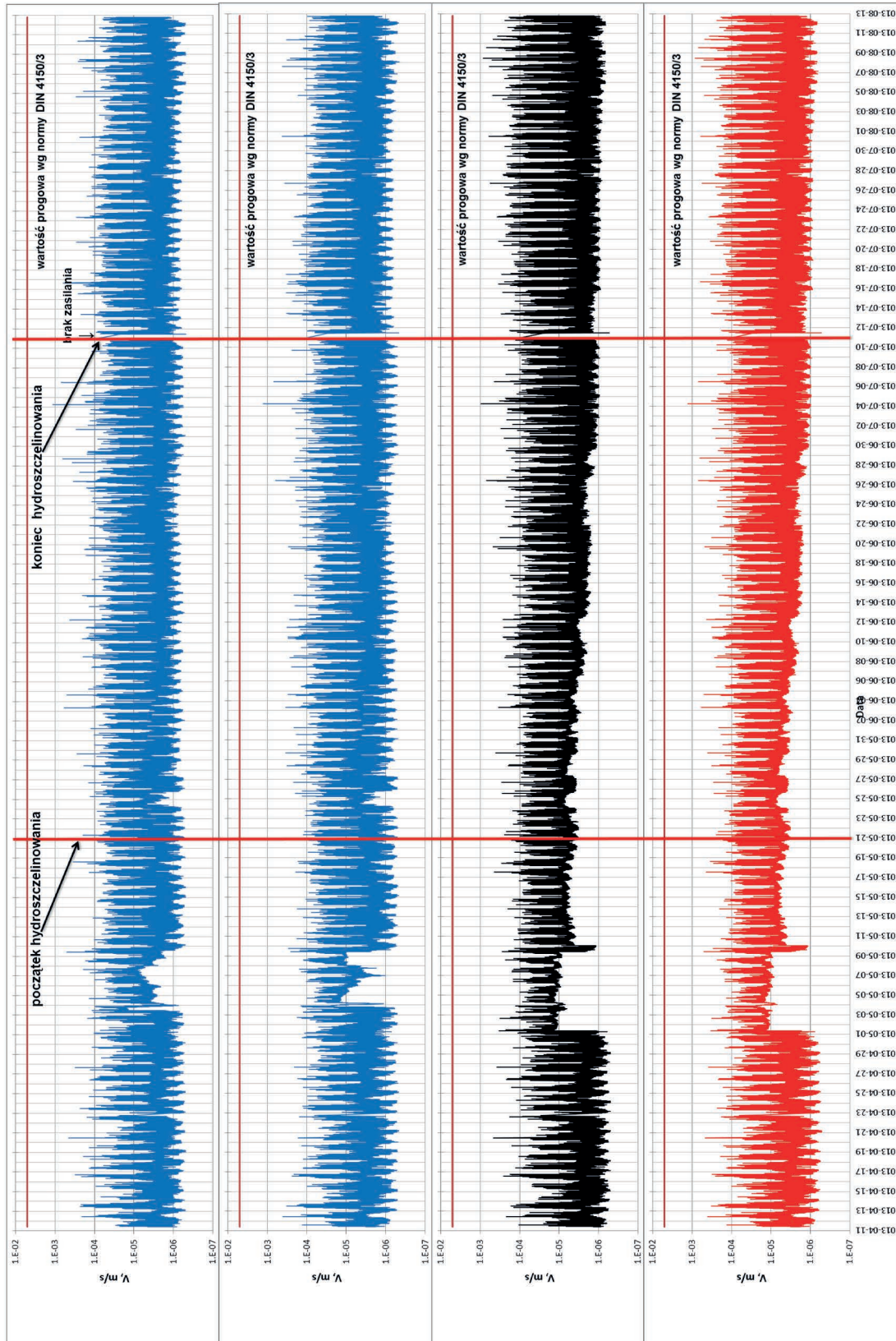


**Załącznik nr 5.** Rejon otworu Syczyn-UZK. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 10.04.2013 r. do 13.08.2013 r. dla stano-  
wiska Syczyn 2. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ



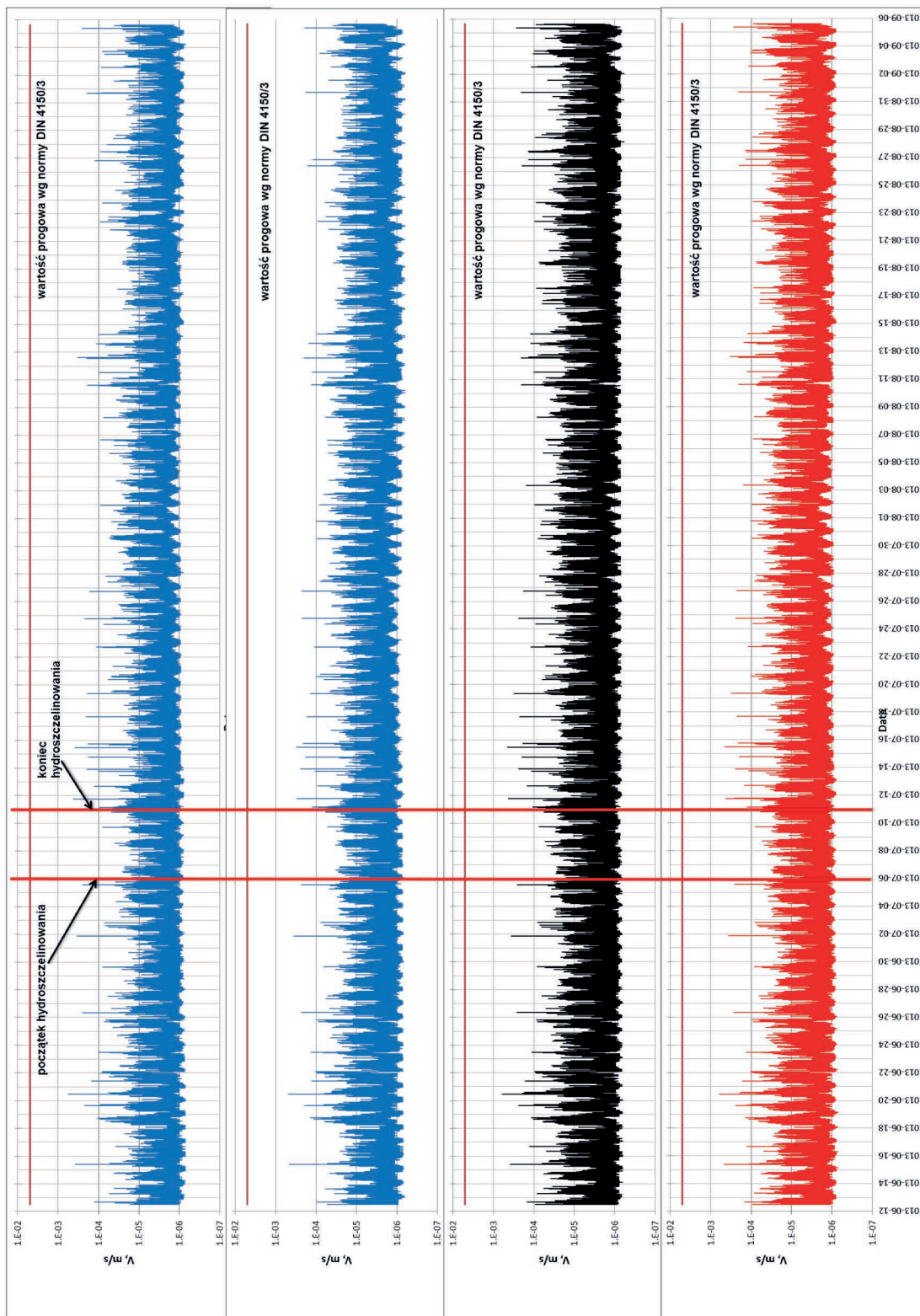


**Załącznik nr 6.** Rejon otworu Syczyn-OU2K. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 10.04.2013 r. do 13.08.2013 r. dla stano-  
wiska Syczyn 3. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ

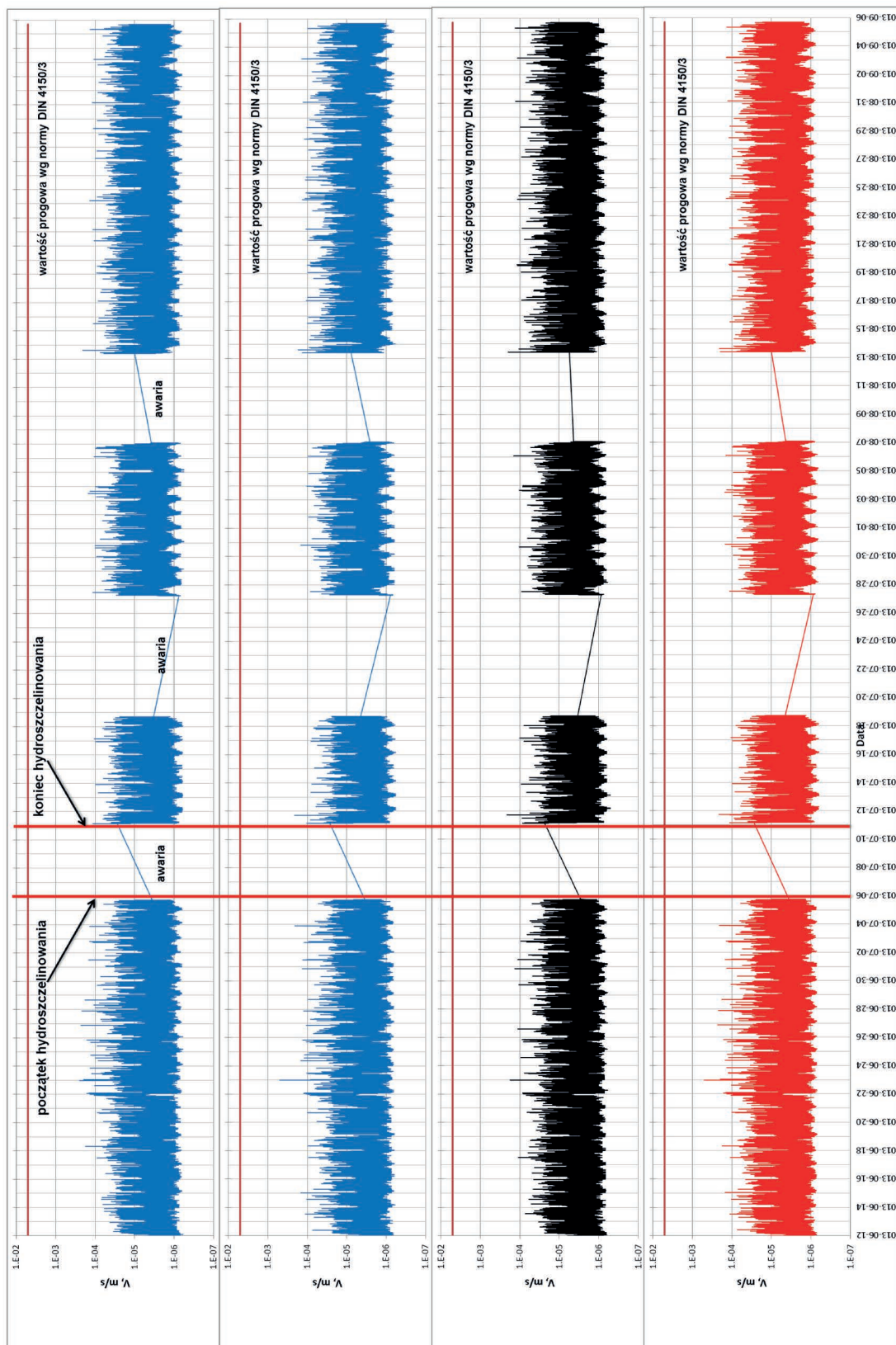


**Załącznik nr 7.** Rejon otworu Syczyn-U2K. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 11.03.2013 r. do 12.08.2013 r. dla stanów wiska Syczyn 4. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ



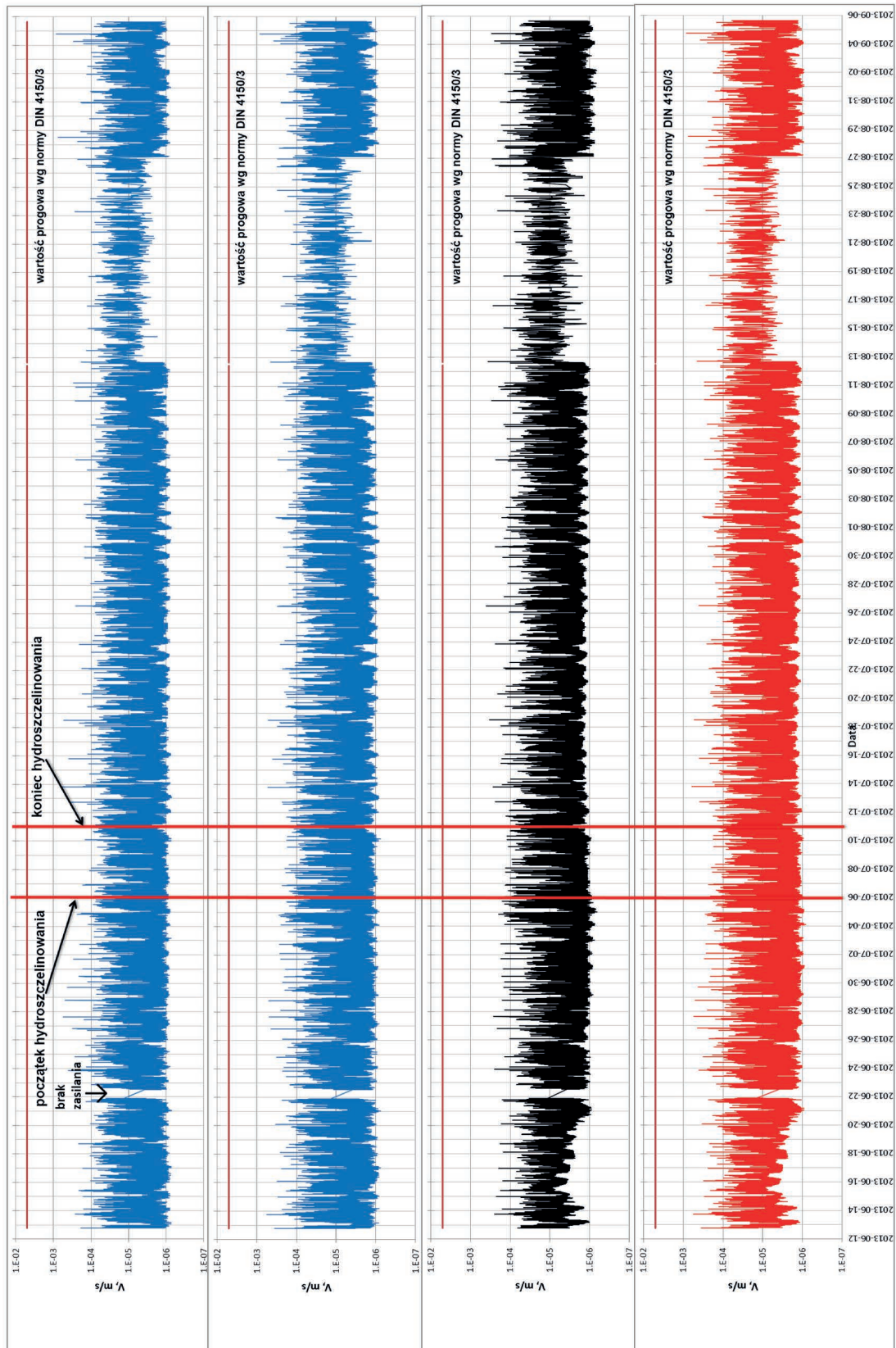


**Załącznik nr 8.** Rejon otworu Zwierzyniec-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 12.06.2013 r. do 6.09.2013 r. dla stano-wiska Zawada 1. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ

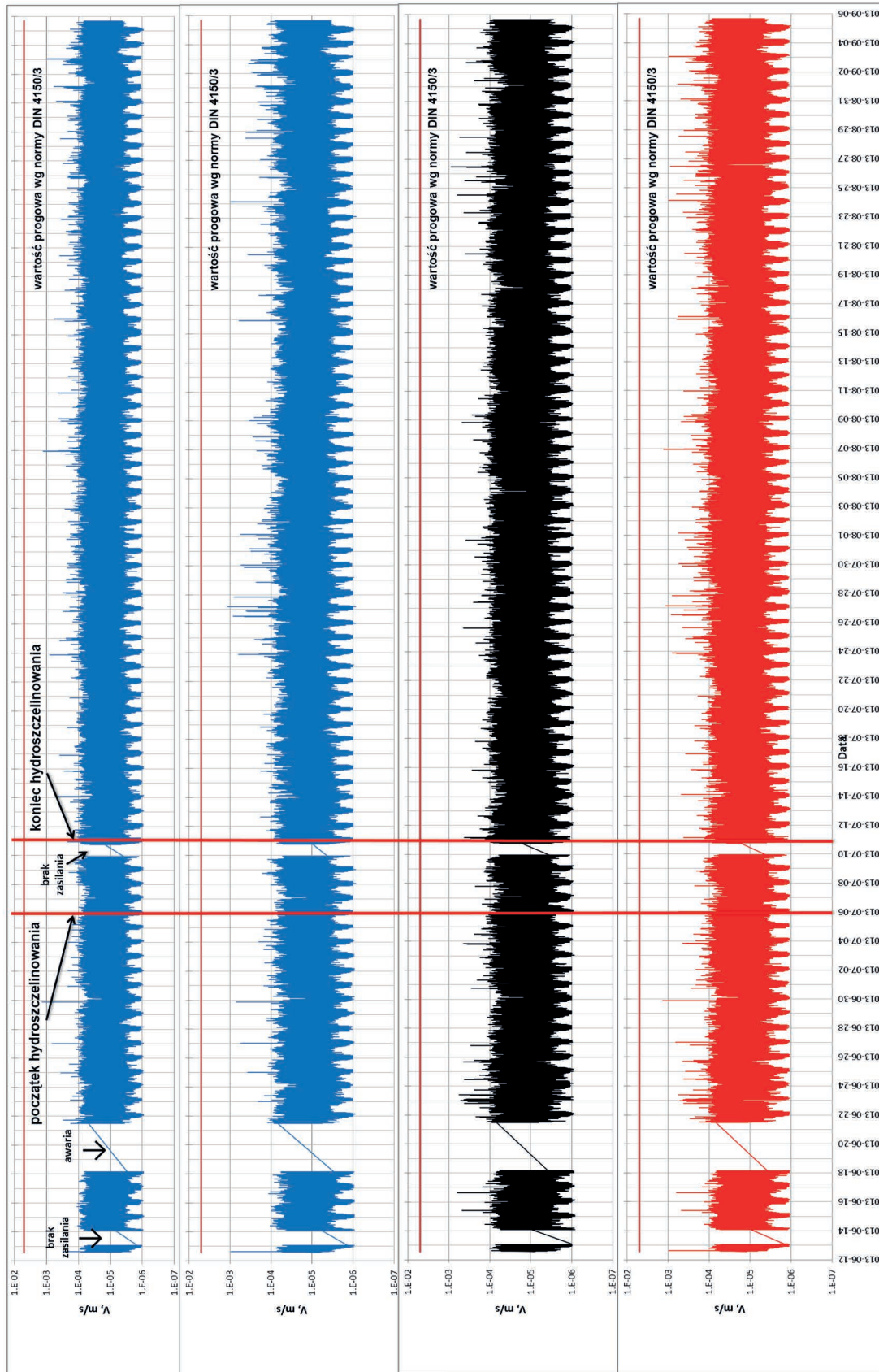


**Załącznik nr 9.** Rejon otworu Zwierzyniec-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 12.06.2013 r. do 6.09.2013 r. dla stanów wiska Zawada 2. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ



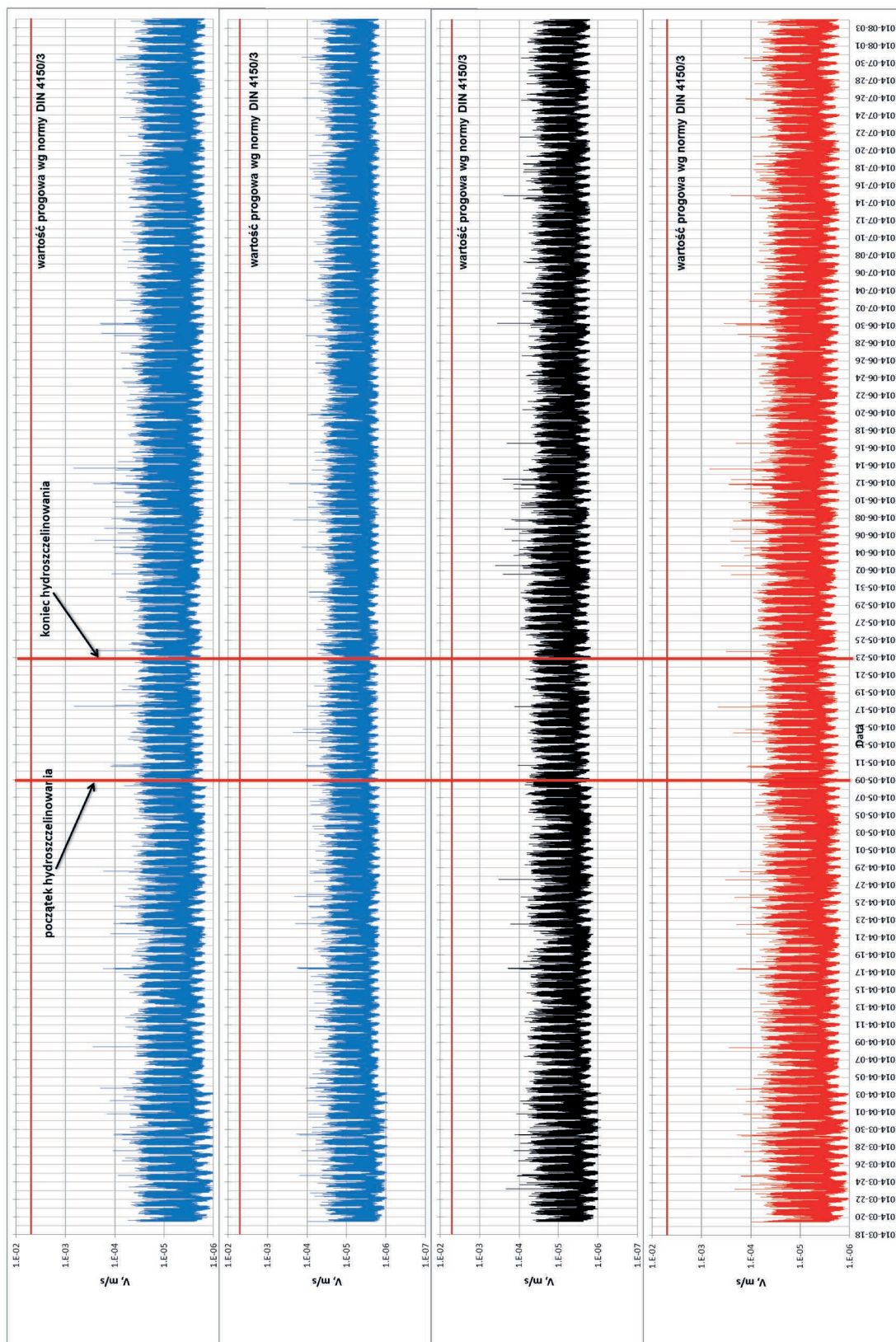


**Załącznik nr 10.** Rejon otworu Zwierzyniec-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 12.06.2013 r. do 6.09.2013 r. dla stano-  
wiska Zawada 3. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ

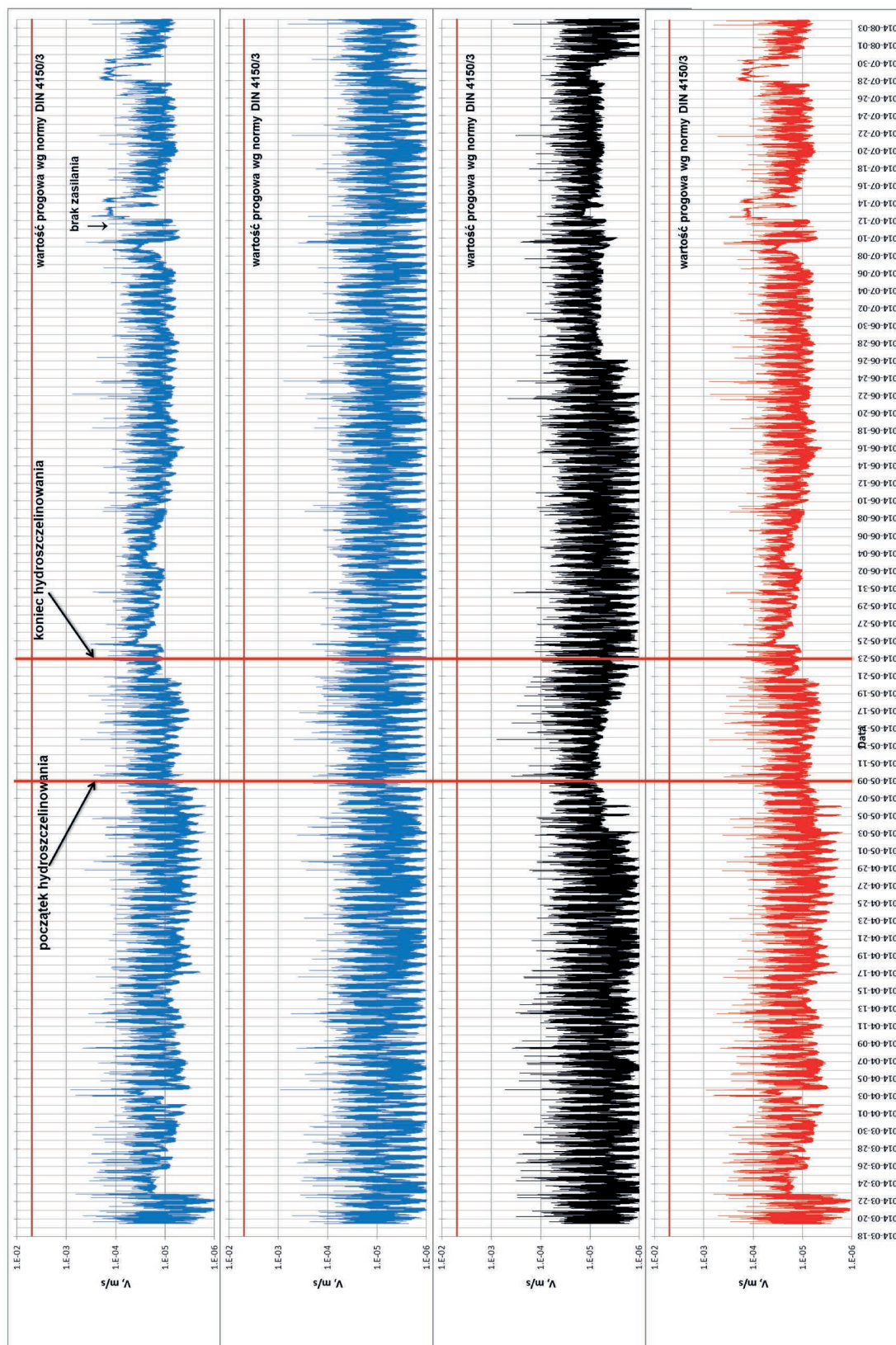


**łącznik nr 11.** Rejon otworu Zwierzyniec-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 12.06.2013 r. do 6.09.2013 r. dla stanowiąca Zawada 4. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ



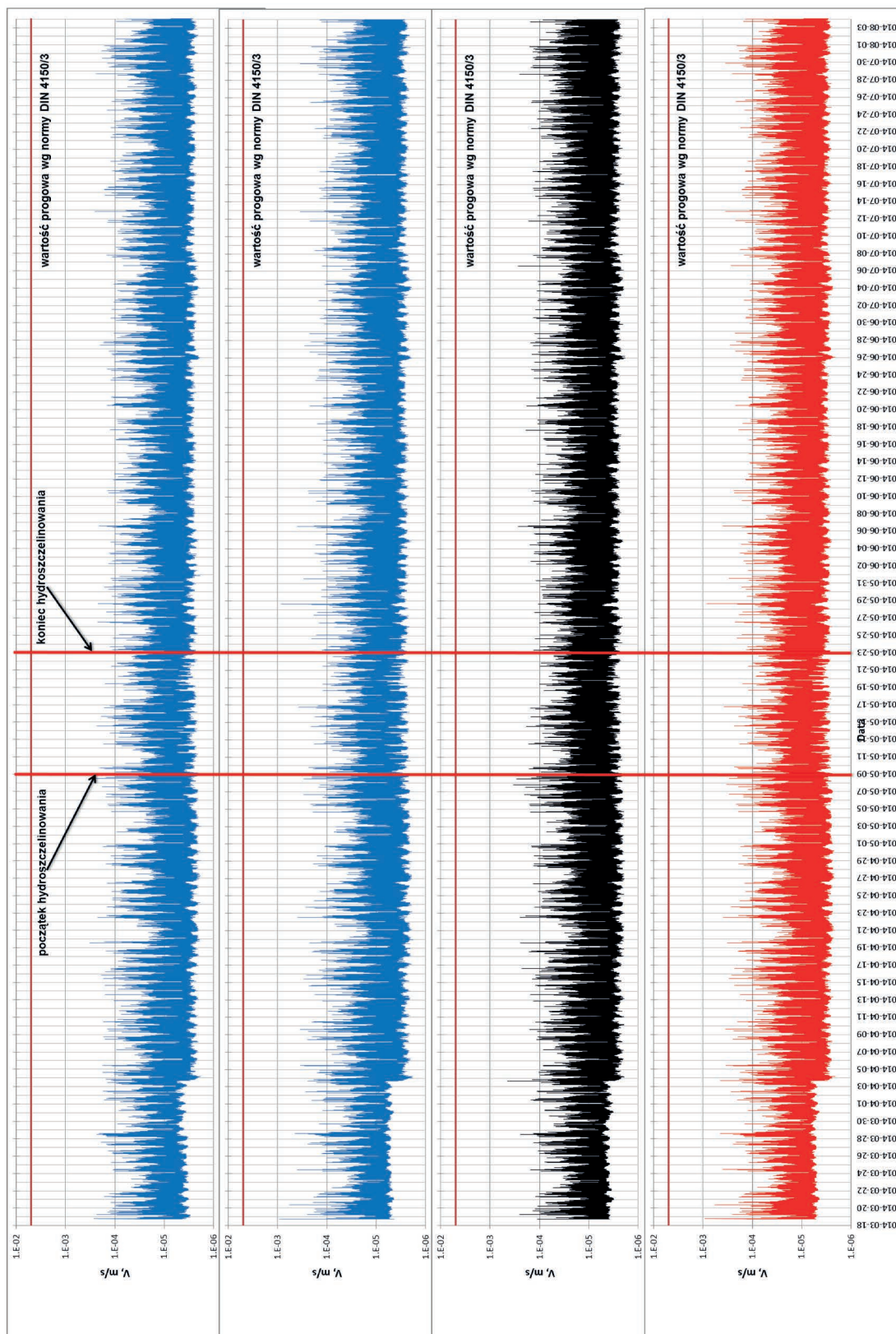


**Załącznik nr 12.** Rejon otworu Gapowo-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 19.03.2014 r. do 4.08.2014 r. dla stacji Rejestrator 1. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ

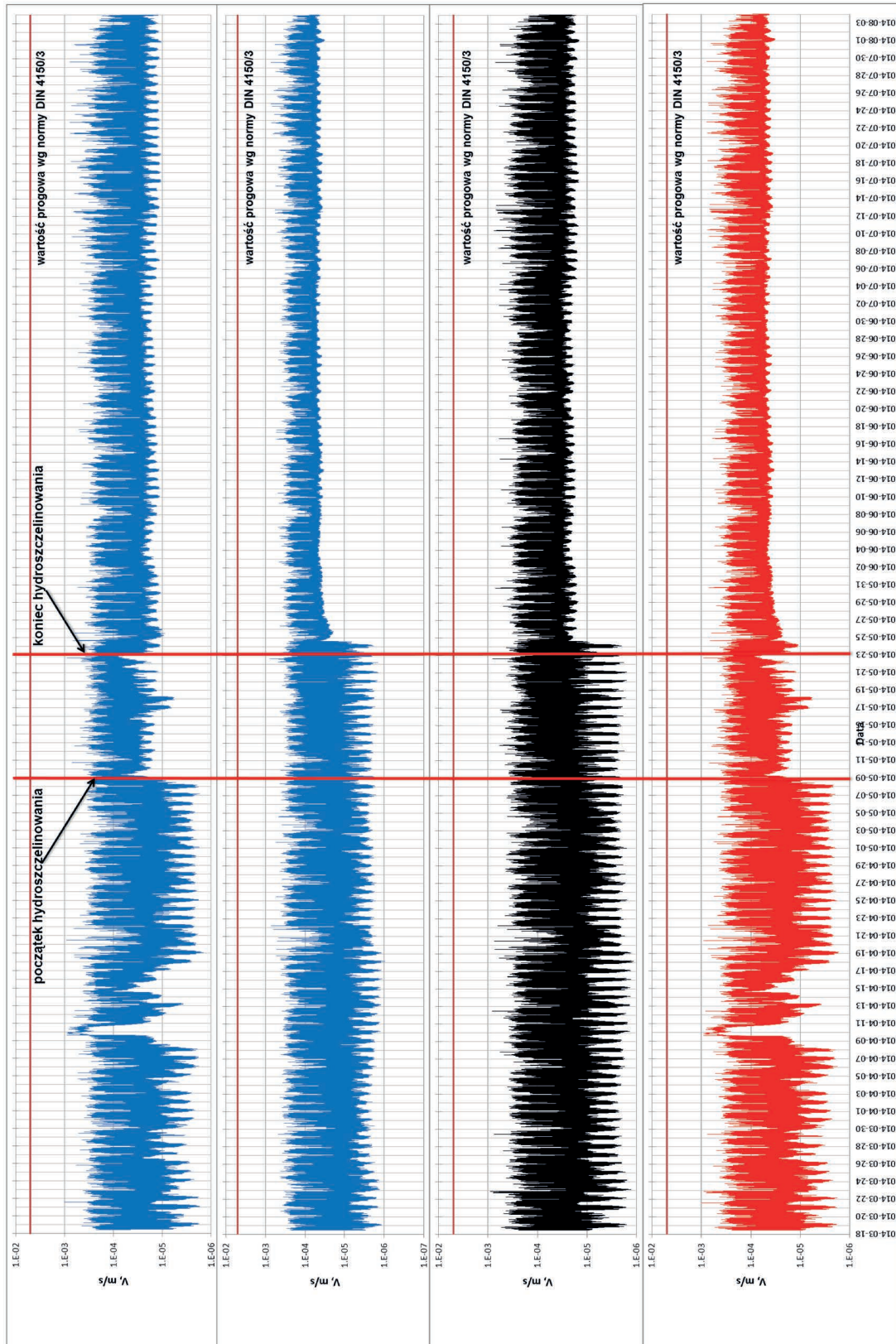


**Załącznik nr 13.** Rejon otworu Gapowo-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 19.03.2014 r. do 4.08.2014 r. dla stanowiska Rejestrator 2. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ





**Załącznik nr 14.** Rejon otworu Gapowo-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 18.03.2014 r. do 4.08.2014 r. dla stacji Rejestrator 3. Kolejno składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ



**Załącznik nr 15.** Rejon otworu Gapowo-1. Rozkład maksymalnych amplitud drgań gruntu w okresie od 18.03.2014 r. do 4.08.2014 r. dla stacji Rejestrator 4. Kolejność składowa X, Y, Z oraz wypadkowa XYZ



