

KRZYSZTOF KRASUCKI  
TOMASZ KUDŁACIK  
KRZYSZTOF AUGUSTYNIAK

## System monitoringu podporności RUFUS 3G służący do diagnostyki pracy zmechanizowanej obudowy ścianowej

*W ruchu Ziemowit kopalni Piast-Ziemowit zastosowany jest aktywny oraz pasywny system podporności sekcji obudowy zmechanizowanej, który pozwala na diagnostykę, dobór podporności wstępnej, jak i kontrolę oddziaływania stropu na obudowę ścianową. Diagnoza pracy sekcji obudowy zmechanizowanej poprzez systemy monitoringu podporności skraca wyszukania usterki. W warunkach dołowych zdiagnozowanie awarii związanych z pracą obudowy zmechanizowanej jest utrudnione, jednakże kopalnia poprzez wykwalifikowanych dyspozytorów energomechanicznych jest w stanie wykryć nieprawidłowość już na powierzchni kopalni. Konieczność zapewnienia kontaktu obudowa – górotwór na etapie eksploatacji jest podstawowym kryterium poprawności wykonywanych robót. Kontrolowanie w ścianie sytuacji związanej z ograniczoną ilością powstających opadów skał stropowych jest zasługą prawidłowego wykorzystywania przez pracowników monitoringu podporności sekcji obudowy zmechanizowanej.*

Słowa kluczowe: *monitoring podporności, podporność, stateczność stropu*

### 1. WSTĘP

W Ruchu Ziemowit kopalni Piast-Ziemowit w ścianie 922 zastosowany był aktywny system podporności sekcji obudowy zmechanizowanej, który pozwalał na automatyczne dobudowywanie sekcji obudowy zmechanizowanej oraz dobór podporności wstępnej, a także kontrolę oddziaływania stropu na obudowę ścianową.

System, który zmodernizował podejście do diagnostyki ścian wydobywczych w KWK Piast-Ziemowit, został opracowany i wdrożony przez zespół osób kierownictwa kopalni.

Nowatorski sposób diagnozy pracy sekcji obudowy zmechanizowanej przez systemy informatyczne skraca czas naprawy lub samego wyszukania usterki oraz dobór profilaktyki w przypadku zagrożenia przerwania ciągłości stropu. W warunkach dołowych zdiagnozo-

wanie awarii związanych z pracą obudowy zmechanizowanej jest utrudnione. Kopalnia dzięki pracy wykwalifikowanych dyspozytorów energomechanicznych jest w stanie wykryć nieprawidłowość w zarodku.

Kontakt stropnicy sekcji obudowy zmechanizowanej z górotworem podczas eksploatacji to podstawowe kryterium wykonywania robót. Odspajanie się części stropu bezpośredniego w postaci odłamków skał, łat skalnych czy brył skalnych powodujące powstanie wolnych przestrzeni prowadzi do niekorzystnych przestoi w eksploatacji oraz niebezpiecznych prac związanych z zabezpieczeniem stropu wyrobiska ścianowego. Dlatego kluczowe jest kontrolowanie w ścianie sytuacji związanej z ograniczoną ilością powstających opadów skał przez monitorowanie podporności oraz stanu prawidłowej zabudowy sekcji obudowy zmechanizowanej. Ze względu na prawidłowo prowadzoną kontrolę podporności w ścianie

922 nie zaistniał żaden opad skał stropowych, który spowodował przestój ściany. Ściana 922 eksploatowała pokład 209 o wysokości 3,1 m, długości ściany 195 m, a całkowity wybieg ściany 1570 m.

Ściana wyposażona była w 129 sztuk sekcji obudowy zmechanizowanej ZRP-15/35-POz (tab. 2). Długość ściany wynosiła 195 m, a wybieg całkowity 1570 m.

**Tabela 1**  
**Charakterystyka zagrożeń w ścianie 922**

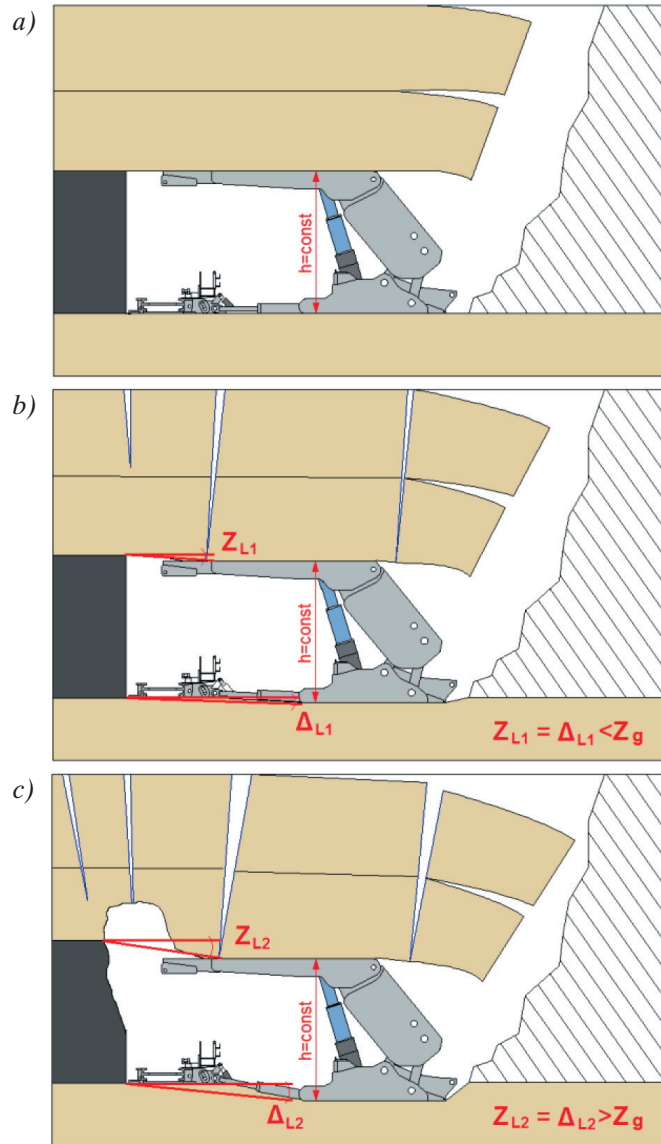
Rodzaj zagrożenia	Wielkość
Zagrożenie wybuchem pyłu węglowego	klasa A
Zagrożenie metanowe	nie występuje
Zagrożenie wyrzutami gazów i skał	nie występuje
Zagrożenie substancjami promieniotwórczymi	nie występuje
Zagrożenie klimatyczne	nie występuje
Zagrożenie pożarowe	IV grupa samozapalności
Zagrożenie wodne	I stopień
Zagrożenie tapaniami	I stopień

**Tabela 2**  
**Podstawowe parametry techniczne sekcji ZRP-15/35-POz**

Parametry	Wartość	Jednostka
Zakres roboczy obudowy w pokładach nietąpających	1,7–3,4	[m]
Podziałka	1,5	[m]
Krok obudowy	0,8	[m]
Podporność wstępna stojaków (dla 30 MPa)	2 · 2120	[kN]
Podporność robocza stojaków (dla 43 MPa)	2 · 3039	[kN]
Podporność robocza zestawu (dla 43 MPa)	4277–5801	[kN]
Średni nacisk jednostkowy na spąg	1,537–2,083	[MPa]
Średni nacisk jednostkowy na strop	0,988–1,339	[MPa]
Ciśnienie zasilania	25–30	[MPa]
Masa	~21 000	[kg]

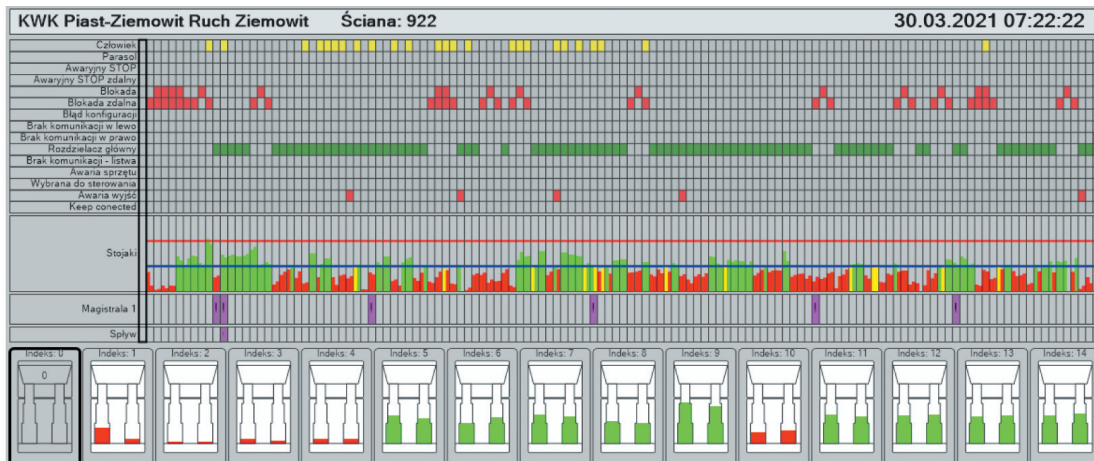
Statecznością wyrobiska często nazywa się jego zdolność do utrzymania swojego kształtu i położenia mimo działających na wyrobisko sił [1]. Prawidłowe zachowanie stateczności wyrobiska pozwala na ciągłą eksploatację i brak postojów spowodowanych opadem skał stropowych (rys. 1). Jednym ze sposobów kontroli stanu stateczności wyrobisk jest system monitoringu podporności ściany (rys. 2 i 3). Pozwala on wychwycić zaniedbanie operatora podczas zabudowy sekcji obudowy zmechanizowanej. Kopalnia Piast-Ziemowit w celu zapewnienia odpowiednich warunków w ścianie i natychmiastowego wychwytywania

usterek hydrauliki wyznaczyła osobę odpowiedzialną za monitorowanie stanu ściany. Nadzór kierownictwa kopalni nad systemem monitoringu w ścianie wydobywczej powoduje znaczny wpływ na poprawę podporności w ścianie, brak powstawania postoi ściany ze względu na opad skał stropowych [2] lub usterkę sekcji obudowy zmechanizowanej, wykluczając ją do dalszej pracy. Niewłaściwe podparcie stropu może długoterminowo wywołać opad skał i następnie obwał w ścianie. Prawidłowa reakcja osób kierownictwa kopalni pozwala zachowywać ciągłość wydobywania, bez pogorszenia warunków stropowych w ścianie.

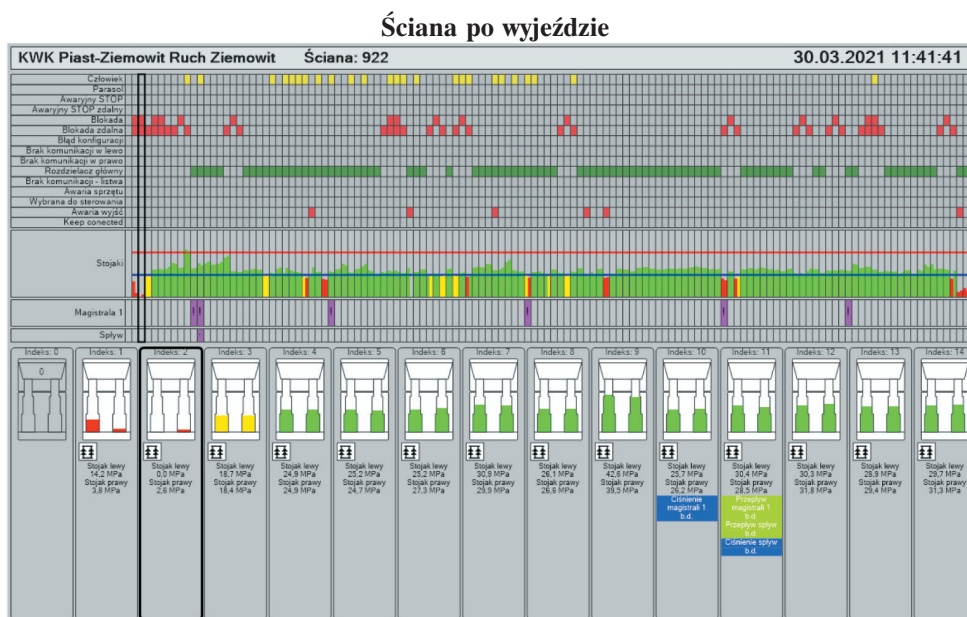


Rys. 1. Utrzymanie stropu w ścianie: a) prawidłowo utrzymywany strop; b) dobre warunki stropowe, nachylenie jednostkowe mniejsze od nachylenia granicznego stropu; c) pogorszone warunki utrzymania stropu, nachylenie jednostkowe większe od nachylenia granicznego [1]

### Ściana przed zjazdem



Rys. 2. Widok systemu monitoringu podporności w ścianie – nieprawidłowa podporność



Rys. 3. Wykres 3D rozkładu ciśnień w ścianie wydobywczej podczas postoju

## 2. SPOSÓB DZIAŁANIA SYSTEMÓW MONITORINGU PODPORNOCI SEKCJI

System wspomaganie pracy sekcji obudowy zmechanizowanej w zakresie prawidłowego podparcia stropu wyrobiska ścianowego oraz diagnoza prawidłowego działania stojaków hydraulicznych pozwala na kontrolę bezpośrednią przez pracowników pracujących w ścianie.

Dyspozytorzy energomechaniczni przeprowadzają kontrole z powierzchni kopalni i sprawdzają na bieżąco prawidłowość pracy stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej. Są w stanie wychwycić usterkę na wczesnym etapie jej rozwoju.

Dyspozytor energomechaniczny może obserwować stan rozkładu ciśnienia w ścianie dzięki zabudowanym w sekcjach obudowy zmechanizowanej czujnikom, które gromadzą dane o rozkładzie ciśnień i tworzą wizualizacje. System informuje dyspozytora o zbyt niskim lub zbyt wysokim ciśnieniu medium w stojakach hydraulicznych oraz pozwala określić przebieg ciśnienia w stojakach.

Można wyróżnić dwa zasadnicze typy funkcjonowania systemów monitoringu podporności obudowy zmechanizowanej: pasywny oraz aktywny. Kopalnia w pierwszej kolejności stosowała system aktywnego monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej, który jest najbardziej rozpowszechniony na Ruchu Ziemowit, aktualnie w ścianie 501 kopalnia sprawdza sposób funkcjonowania systemów pasywnych, na podstawie którego opracowane zostaną wady i zalety obu systemów.

Pasywny system podporności sekcji obudowy zmechanizowanej charakteryzuje się skupieniem większej uwagi na stanie podporności w ścianie. System ten nie doładowuje automatycznie ciśnienia do stojaka sekcji obudowy zmechanizowanej, to użytkownik musi sam zadbać o sytuację związaną z rozkładem ciśnień w ścianie. KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit stosuje aktualnie system monitoringu pasywnego w ścianie 501 eksploatującej pokład 215.

Aktywny system podporności sekcji obudowy zmechanizowanej automatycznie diagnozuje i w razie potrzeby dozuje ciśnienie w stojakach sekcji. W kopalni Ruchu Ziemowit został zastosowany system aktywny. Kluczowymi elementami zastosowanego w kopalni układu aktywnego monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej są czujniki podtrzymywania ciśnienia  $\mu$ RUFUS, które składają się między innymi z:

- urządzeń wyposażenia elektronicznego i elektrycznego,
- hydraulicznego bloku sterowanego elektrozaworem,
- zaworów hydraulicznych,
- przewodów transmisyjnych.

Zabudowany elektrozawór (rys. 4) kontroluje ciśnienie stojaka i w razie zadania przez operatora zbyt niskiego ciśnienia na stojak hydrauliczny automatycznie włącza się system wspomaganie i koryguje stan podporności sekcji obudowy zmechanizowanej.

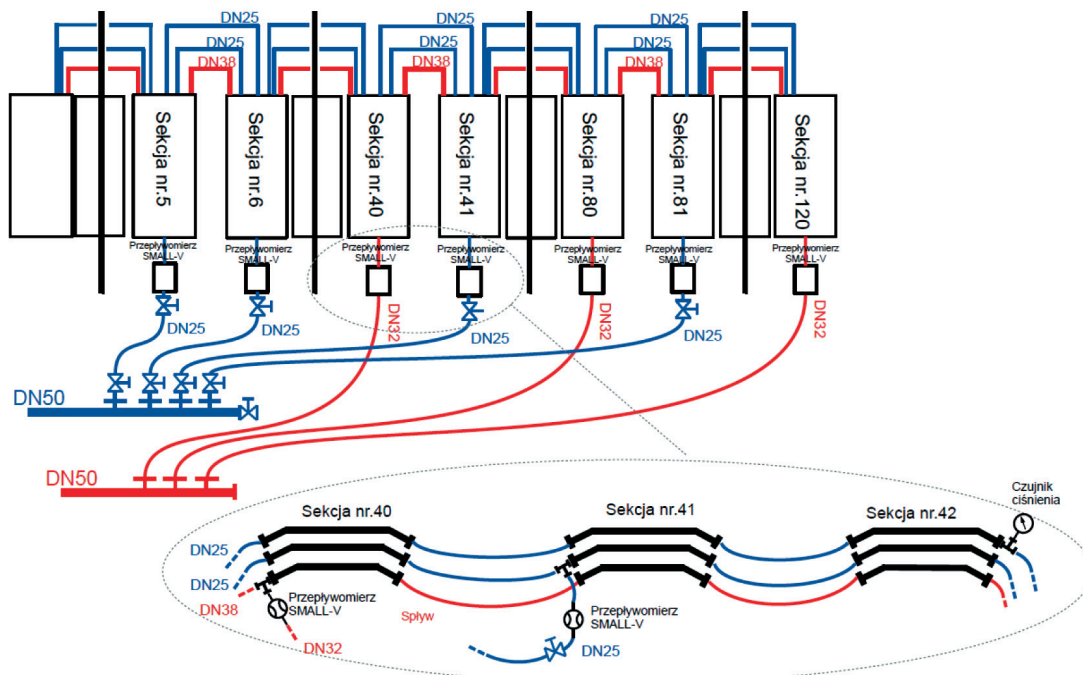
System jest bardzo intuicyjny i pracownicy pracujący w ścianie są w stanie sami rozpoznać problem i go rozwiązać. Na każdej z sekcji zabudowane są czujniki  $\mu$ RUFUS, które sygnalizują o prawidłowym lub

nieprawidłowym rozparciu sekcji. Obserwacja prawidłowej pracy sekcji obudowy zmechanizowanej w ścianie jest bardzo prosta: czujnik świecący na zielono oznacza odpowiednie zabudowanie stojaka, natomiast czerwony jest sygnałem o złym rozparciu sekcji obudowy zmechanizowanej. Dodatkowo sterownik DPS-200 jest wyposażony w system sterowania wizualnego, który sygnalizuje na bieżąco stan podporności w stojakach, aktualnie połączonych z czujnikiem.

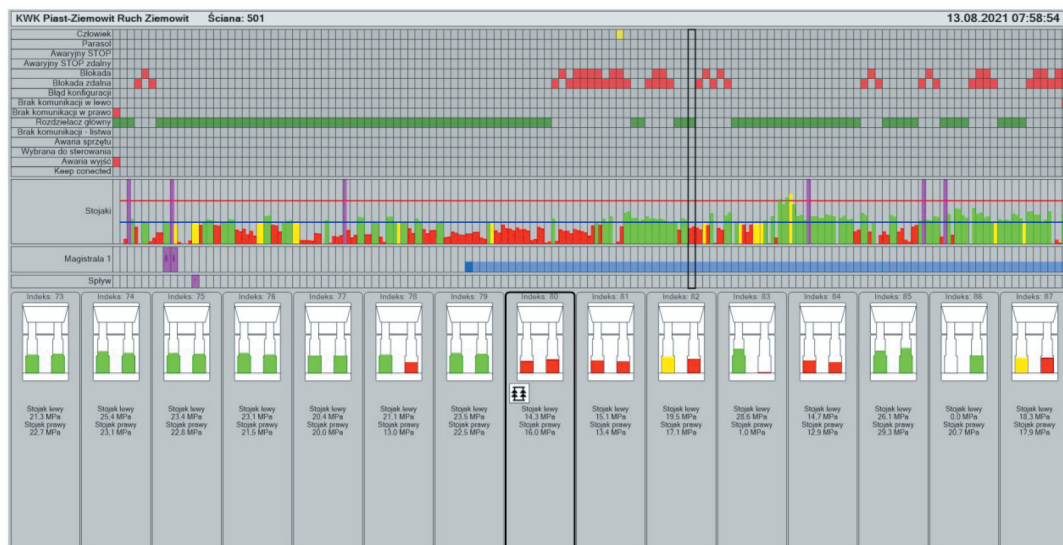
Aktualnie eksploatowana w pokładzie 215 (rys. 5) na poziomie 500 m ściana 501 jest wyposażona w system pasywny kontroli podporności sekcji obudowy zmechanizowanej. Pasywny system podporności sprawia liczniejsze trudności operatorowi, musi on bo-

wiem poświęcić więcej czasu pracy podczas przekładki sekcji obudowy zmechanizowanej po to, aby prawidłowo rozprzeć stropnicę.

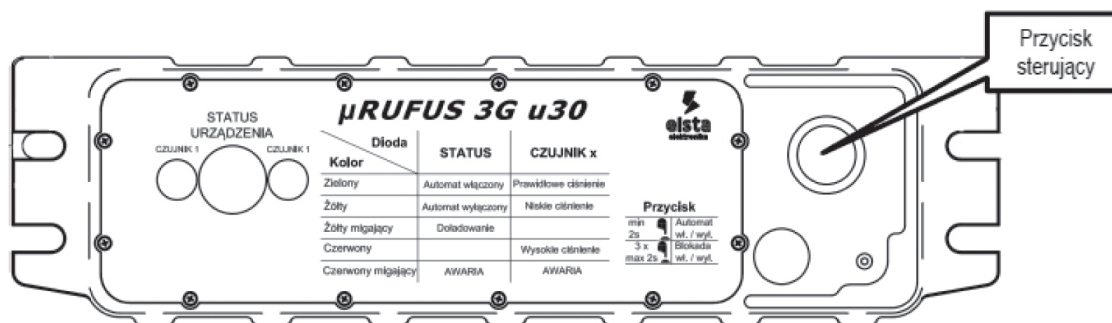
Czujnik (rys. 6) zabudowany w sekcji obudowy zmechanizowanej obrazuje sytuację podpornościową lewego i prawego stojaka. Sygnał z czujników wysyłany jest na panel wizyjny statusu urządzenia, który wyświetla sygnałem świetlnym sytuację w stojakach. Sygnały docierają do systemów informatycznych, które pozwalają wyświetlać stan w ścianie w programach komputerowych, dodatkowo w pociągu aparaturowym ściany na chodniku podścianowym zabudowany jest komputer, który również umożliwia podgląd czujników zabudowanych w ścianie.



Rys. 4. Schemat blokowy pomiarów ciśnienia i przepływów [2]



Rys. 5. Stan podporności w ścianie 501 bez zastosowanego aktywnego systemu



Rys. 6. Widok płyty czołowej sterownika na sekcji obudowy zmechanizowanej [2]

### Oznaczenia sygnałów wizualnych RUFUS 3G czujników stojaków (rys. 6) [3]

- Sygnał zielony stały – prawidłowe ciśnienie w zakresie od 20 MPa do 35 MPa.
- Sygnał żółty stały – nie uzyskano podporności wstępnej, zbyt niskie ciśnienie w zakresie 0–20 MPa.
- Sygnał czerwony stały – zbyt wysoki zakres ciśnienia przekraczający 35 MPa.
- Sygnał czerwony z pojedynczym mruganiem – niepodłączony elektrozawór lub zwarcie w kablu, lub uszkodzenie elektrozaworu.
- Sygnał czerwony z podwójnym mrugnięciem – uszkodzenie czujnika, niepodłączony czujnik lub zwarcie w przewodzie czujnika.

### Oznaczenia sygnałów wizualnych RUFUS 3G statusu sygnalizatora (rys. 6) [3]

- Sygnał żółty – prawidłowe działanie czujnika, funkcja doładowania ciśnienia wyłączona.
- Sygnał żółty mlgający na żółto z sygnałem dźwiękowym – elektrozawory mogą spowodować ruch sekcji.
- Sygnał zielony – prawidłowe działanie czujnika, funkcja doładowania ciśnienia jest załączona.
- Sygnał czerwony ciągle – włączony przycisk awaryjny w centrali.
- Sygnał czerwony z pojedynczym mrugnięciem – awaria systemu lub sprzętu, zalecane włączenie lub wyłączenie czujnika.
- Sygnał czerwony z podwójnym mrugnięciem – awaria w oprogramowaniu, zalecany kontakt z producentem.
- Sygnał czerwony z potrójnym mrugnięciem – osiągnięto maksymalną ilość doładowań stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej, ale ciśnienie nie zostało osiągnięte i sterownik nie będzie ponawiał kolejnej próby.
- Sygnał różowy mlgający – aktualizacja systemu.

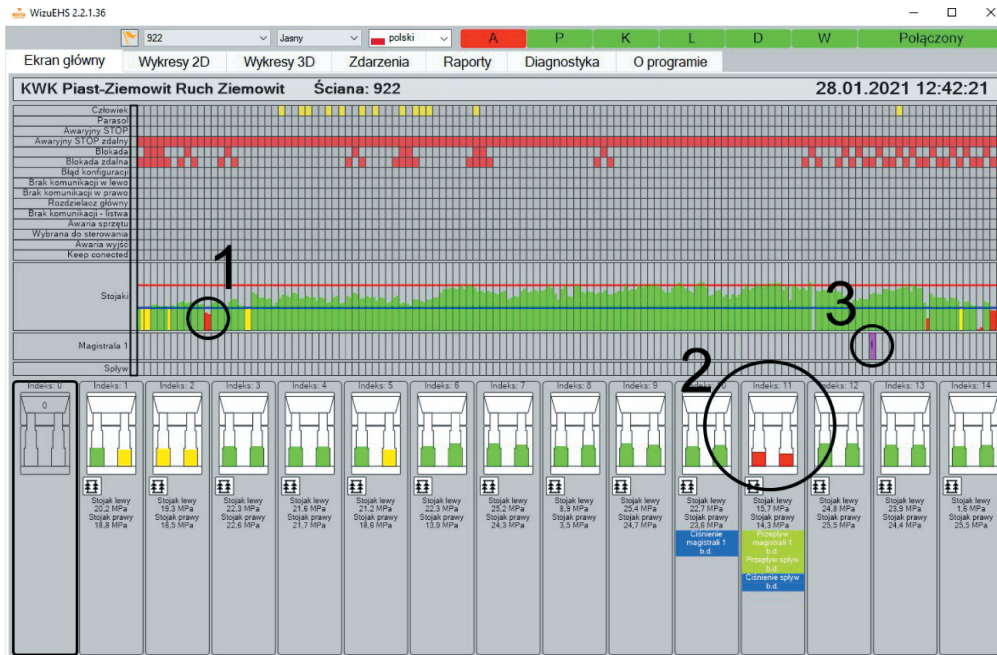
### 3. ODCZYT DANYCH Z SYSTEMÓW – DIAGNOZOWANIE USTEREK [4]

Bieżący stan sytuacji w ścianie wydobywczej obrazuje pomiar ciśnień (rys. 7). Użytkownik jest w stanie bezproblemowo analizować dane, gdyż można wygenerować dokładny wykres przebiegu ciśnienia (rys. 8).

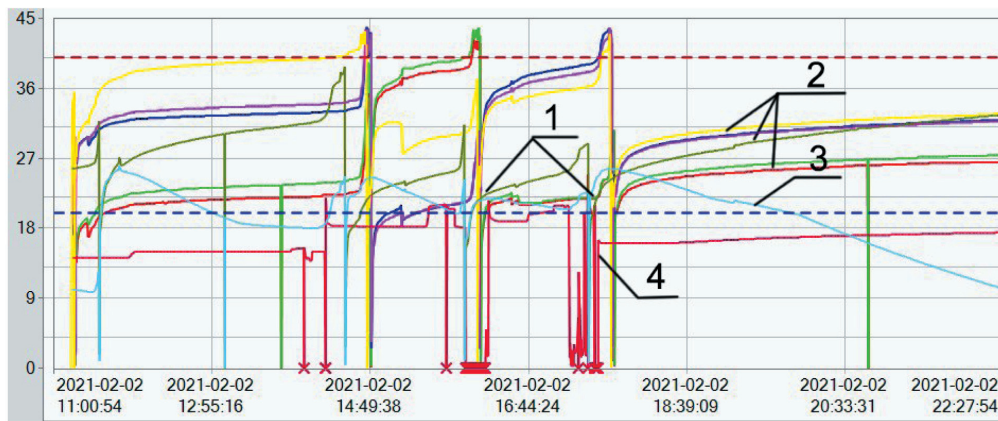
Z wykresów wygenerowanych w oprogramowaniu monitorującym prace sekcji obudowy zmechanizowanej możemy wyczytać wiele informacji i są to nie tylko dane z aktualnego stanu ściany, ale również dane historyczne, które pozwalają wyświetlić stan ściany sprzed kilku tygodni czy też miesięcy. Wykres pracy (rys. 8) czterech wybranych sekcji obudowy zmechanizowanej obrazuje schemat ośmiu przebiegów rozkładu ciśnień stojaków sekcji. Można z niego wyczytać, że w punkcie 1 nastąpił cykl produkcyjny w ścianie, a po nim zabudowa sekcji obudowy zmechanizowanej (cięcie kombajnu i podjazd sekcjami), zaś punkt 2 obrazuje prawidłowy przyrost ciśnień po zabudowie sekcji obudowy zmechanizowanej. Punkt 3 i 4 obrazuje zdiagnozowane usterki. Usterka z punktu 3 dotyczy uszkodzonego jednego ze stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej, a usterka z punktu 4 uszkodzenie czujnika stojaka. Tak zobrazowany wykres pozwala wykryć awarie z poziomu dyspozytorni energomechanicznej.

Oprogramowanie pozwala również na generowanie wykresów 3D (rys. 9), z których można odczytać rozkład naprężeń stropowych na ścianę wydobywczą. Niżej przedstawiony wykres obrazuje ścianę podczas trzeciego dnia postoju. Ciśnienia nie zwiększają się do zakresów powyżej 50 MPa ze względu na dobrze działające zawory upustowe w ścianie.

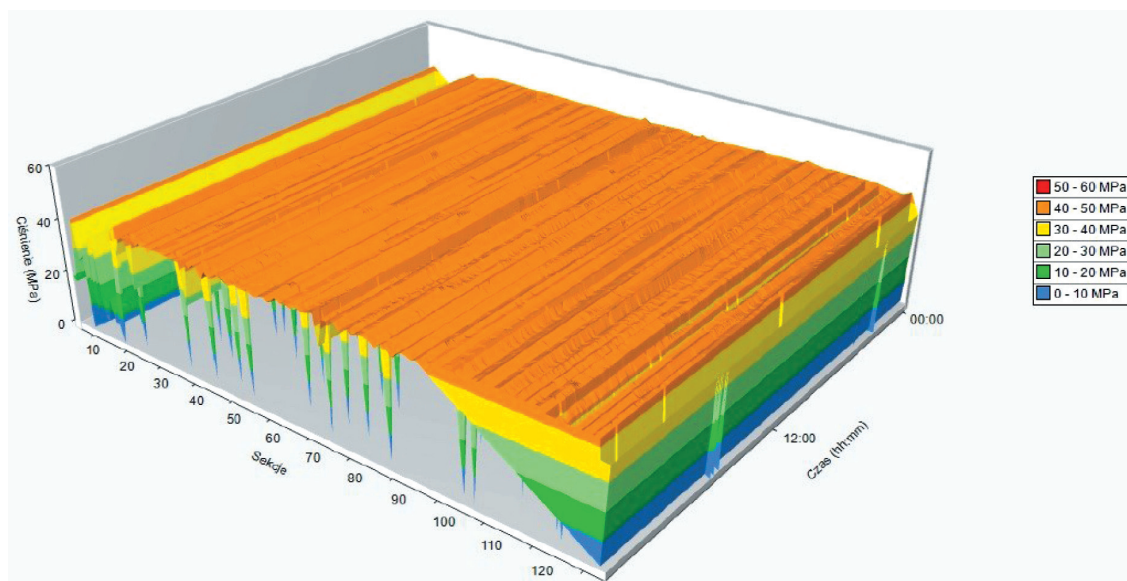
Raport trójwymiarowy jest obrazem, w którym można przeanalizować, jak następował cykl produkcyjny w ścianie i w których momentach znajdował się kombajn ścianowy podczas eksploatacji. Raport przedstawia wykresy o współrzędnych X, Y, Z.



Rys. 7. Widok ekranu głównego oprogramowania: 1 – nieprawidłowo rozparta sekcja obudowy zmechanizowanej; 2 – stan wizualny sekcji obudowy zmechanizowanej; 3 – awaria czujnika w jednym ze stojaków sekcji



Rys. 8. Diagnostyka stojaków hydraulicznych w postaci wykresów 2D



Rys. 9. Wykres 3D rozkładu ciśnień w ścianie wydobywczej podczas postoju

Współrzędna X jest przypisana do sekcji obudowy zmechanizowanej, współrzędna Y to występujące ciśnienia w stojakach sekcji obudowy zmechanizowanej obrazowane w megapaskalach, zaś współrzędna Z jest odpowiedzialna za czas. Ściana zawałowa podczas standardowego cyklu produkcyjnego charakteryzuje się ciągłą zmiennością rozkładu ciśnień w ścianie. Spowodowane jest to zarówno ciągłymi podjazdami sekcji obudowy zmechanizowanej, jak i samą eksploatacją w rejonie monitorowanej sekcji. System monitoringu pozwala dokładnie określić miejsce, w którym znajduje się kombajn ścianowy, jak również możliwy jest odczyt oddziaływania ciśnienia rabowanej sekcji obudowy zmechanizowanej, które przenosi się na sekcję sąsiadującą.

#### 4. ALGORYTM ROZPOZNANIA PROBLEMU

Diagnoza usterki stojaka na powierzchni kopalni powoduje początkowe rozpoznanie powstającego problemu, który na dalszym etapie musi zostać dogłębnie rozpoznany w samej ścianie wydobywczej.

Wypracowany schemat działania podczas rozpoznania przyczyny powstania usterki lub uszkodzenia wygląda następująco:

1. Zauważenie w systemach monitoringu sytuacji, w której nastąpił zanik połączenia, ciągle utrzymujące się na niskim poziomie ciśnienia lub spadki ciśnień zauważalne w dłuższym czasookresie.
2. Skierowanie pracownika działu mechanicznego znajdującego się w ścianie do sprawdzenia przyczyny i stanu wizualnego czujnika oraz stojaka sekcji obudowy zmechanizowanej.

3. W przypadku braku usterek – skierowanie pracownika działu teletechnicznego w celu sprawdzenia prawidłowości działania czujnika.

Przedstawione trzy etapy kontroli wykrytej usterki są często przez nas stosowane, natomiast najczęstszym problemem są usterki związane z czujnikiem.

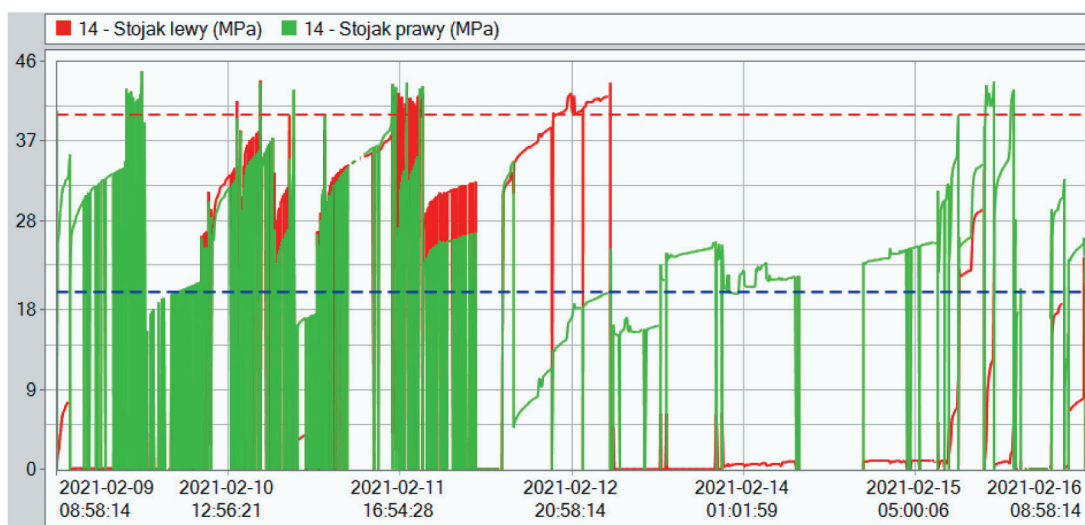
#### 5. STUDIUM WYKRYTYCH PRZYPADKÓW

Odpowiedzialność za stan prawidłowej podporności w ścianie spoczywa w dużej mierze na dyspozytorach energomechanicznych, którzy diagnozują bieżący stan podporności działania stojaków hydraulicznych.

Poniżej zostały omówione najczęściej znajdowane usterki.

##### 5.1. Zanik transmisji danych

Po wygenerowaniu wykresu 9.02.2021 r. zauważono nietypowy przebieg krzywych ciśnień w systemach monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej. Rysunek 10 przedstawia zaniki przesyłu danych, co generuje się w sposób wizualny jako wykres nagłego spadku i przyrostu ciśnienia. Widoczna usterka to uszkodzenie przewodu łączącego komputer z czujnikiem, co powodowało zanik transmisji. Usterka została naprawiona w dniu 11.02.2021 r. około godziny 18.00 i od tego momentu zmienia się obraz wykresu (rys. 10). Sekcja obudowy zmechanizowanej w okresie od 12.02.2021 do 16.02.2021 roku została nieprawidłowo rozparta.



Rys. 10. Wykres zaniku transmisji danych



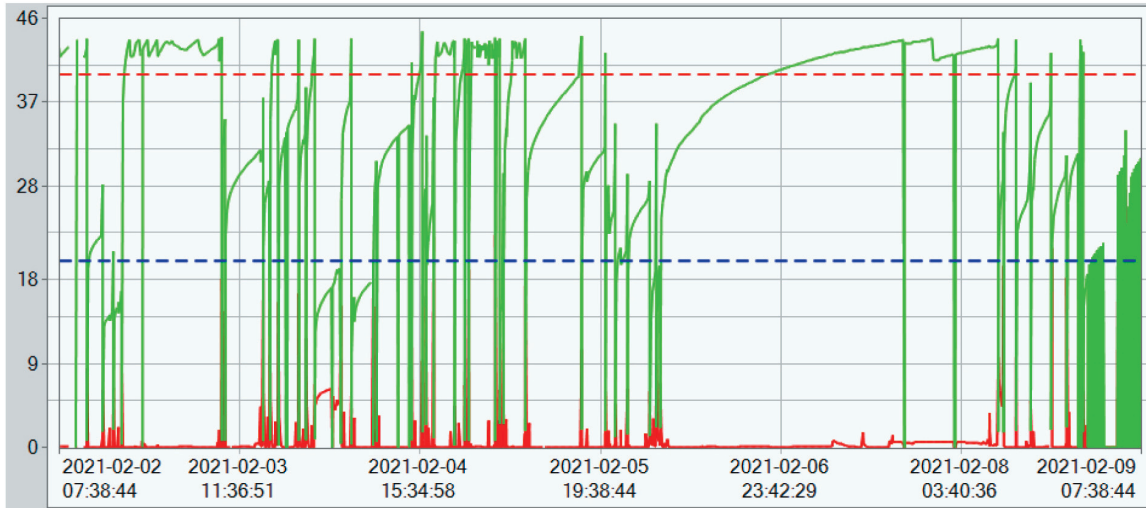
## 5.2. Awaria czujnika jednego ze stojaków sekcji

Jeden ze stojaków sekcji (rys. 11) obudowy zmechanizowanej ma niski stan. Podczas rozpierania obu stojaków widoczne są skoki ciśnienia, dla jednego stojaka jest osiągalna wartość podporności wstępnej, a dla drugiego jest tylko małe podniesienie się ciśnienia na wykresie i ciągła stabilizacja przy wartościach zerowych. Dyspozytor energomechaniczny stwierdził,

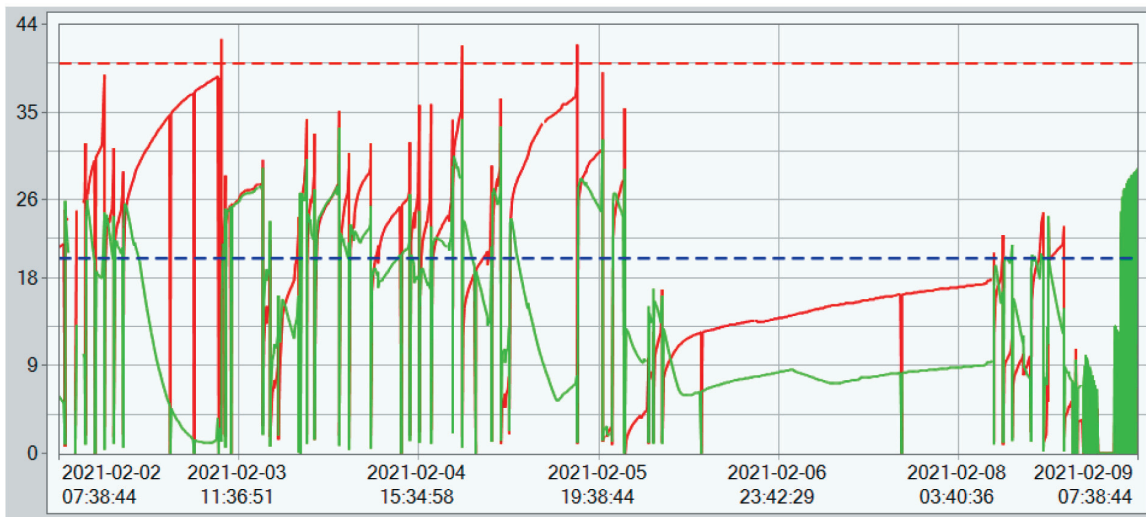
że usterką jest najprawdopodobniej uszkodzenie czujnika stojaka.

## 5.3. Uszkodzenie stojaka sekcji obudowy zmechanizowanej

Przebieg wykresu (rys. 12) przy rozpieraniu sekcji obudowy zmechanizowanej dla jednego stojaka jest prawidłowy z naturalnym przyrostem pochodzącym od konwergencji wyrobiska, zaś dla drugiego może świadczyć o nieszczelności w hydraulice stojaka.



Rys. 11. Wykres awarii czujnika stojaka

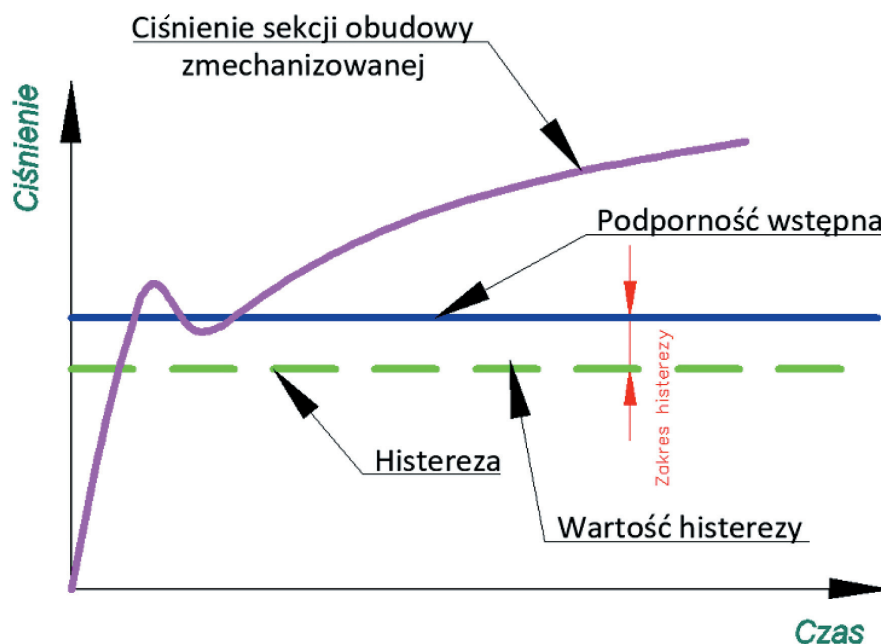


Rys. 12. Wykres obrazujący nieszczelność stojaka

## 6. WYZNACZENIE HISTEREZY W SYSTEMACH MONITORINGU SEKCJI OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ

W ścianach wydobywających węgiel kamienny podporność stropu jest kluczowym elementem zabezpie-

czenia wyrobiska ścianowego przed opadem skał stropowych. Histereza przebiegu (rys. 13) to zależność aktualnego stanu układu ośrodka sprężystego, jakim jest górotwór do zmiany od stanu poprzedzającego od chwili jego zadania podporności wstępnej, histerezę można nazwać opóźnieniem reakcji ośrodka sprężystego.



Rys. 13. Wyznaczenie histerezy

Biorąc pod uwagę prawidłowe funkcjonowanie systemów, zauważono, że reakcja zabudowanej prawidłowo sekcji na budowaną sąsiadującą sekcję obudowy zmechanizowanej może powodować błędne podawanie informacji do użytkownika (górnika – budowacza) obsługującego ścianę wydobywczą. Sekcja po prawidłowym zabudowaniu (rys. 13), czyli uzyskaniu podporności wstępnej w wartościach granicznych, znajdujących się w przedziale minimalnego spadku, odprężenia lub zadziałania sekcji sąsiadującej może zacząć pokazywać fałszywy wynik. Dlatego po uzyskaniu wartości podporności wstępnej uzależnionej od warunków geologiczno-górnicznych w ścianie wyznaczono histerezę spadku ciśnienia rzędu maksymalnie 5% wartości podporności wstępnej, co na rysunku 13 przedstawione jest jako zakres histerezy zawarty między niebieską a zieloną prostą wykresu.

Zaprogramowany spadek histerezy jest niezbędny dla pracownika odpowiedzialnego za systemy monitoringu podporności w kopalni.

## 7. ODDZIAŁYWANIE SYSTEMÓW PODPORNOCI SEKCJI OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ NA WSTRZĄSY GÓROTWORU

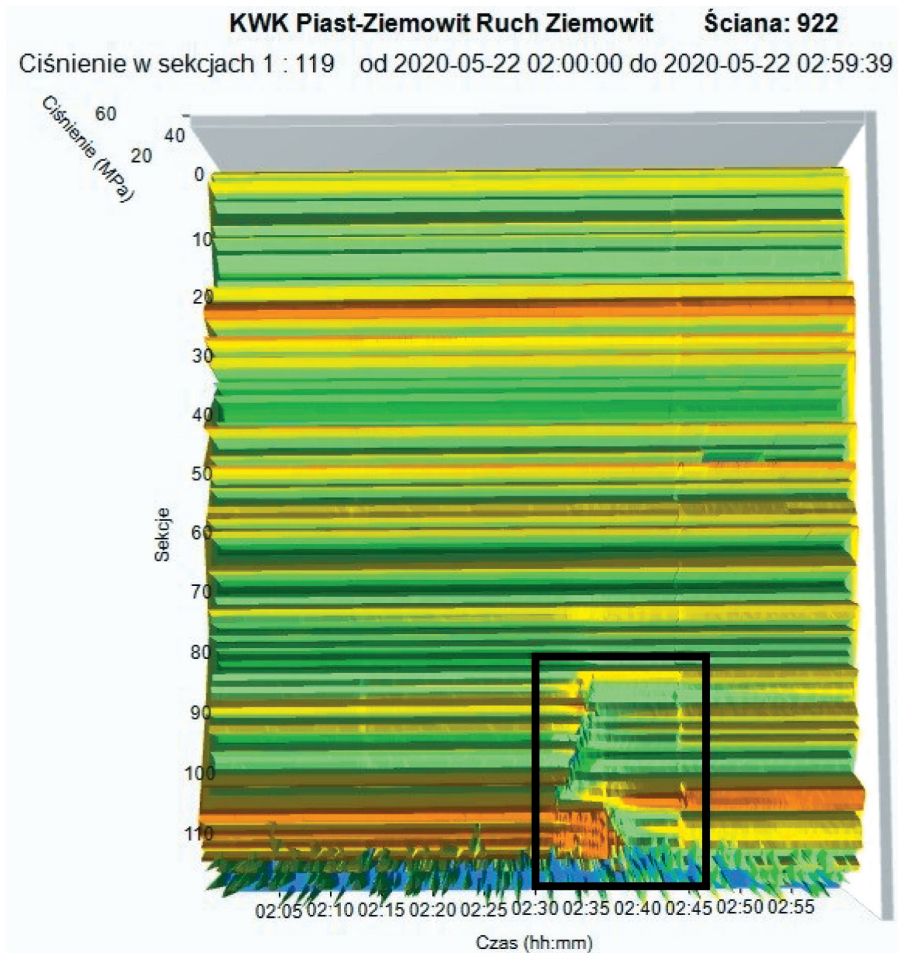
Eksplotacja ścianą wydobywczą z zawałem stropu powoduje osiadanie podebranych warstw skalnych, które znajdują się nad wyrobiskiem eksploatacyjnym.

Skutkuje to rozłamywaniem warstw skalnych piaskowców, które po przekroczeniu swojej rozpiętości granicznej tracą nośność i rozpadają się na bloki. Tego typu procesy zachodzące w warstwach wstrząsogenych wywołują zjawiska dynamiczne w górotworze.

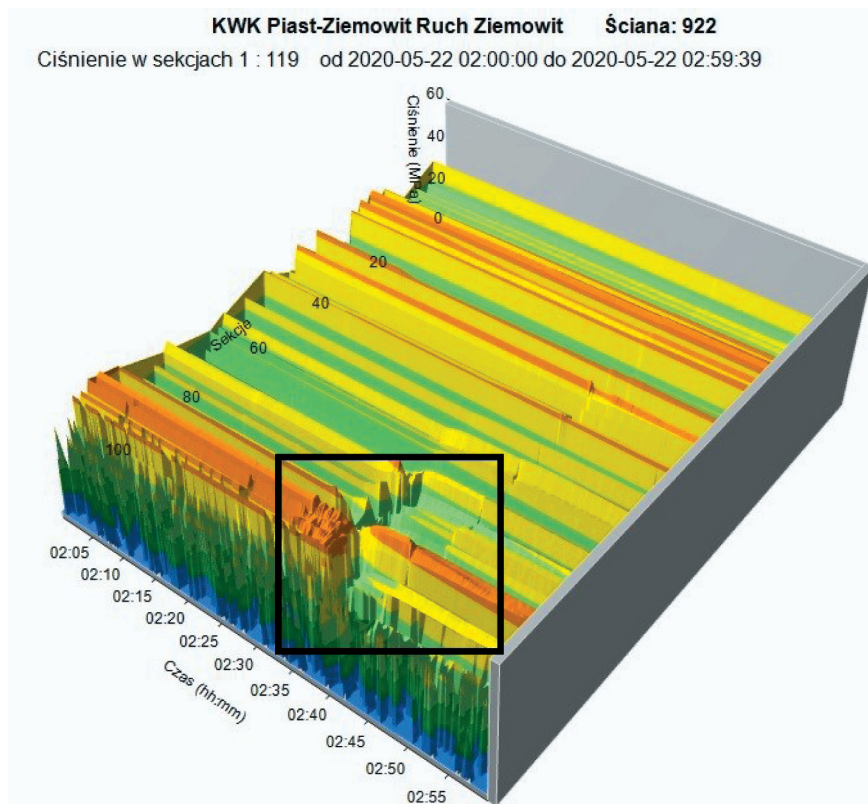
Jednym z elementów zauważalnych podczas wykonywania analizy podporności sekcji obudowy w ścianach zawałowych były wstrząsy górotworu. Wstrząsy górotworu były widoczne podczas monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej, które obrazowane na wykresach 2D charakteryzowały się nagłym minimalnym wzrostem ciśnienia i natychmiastowym spadkiem podporności. Zmiany, które system zobrazował, były widoczne na przekroju całej ściany i dotyczyły jednego momentu. Na rysunkach 14–16 przedstawiony został wykres 3D ściany 922 z dnia 22.05.2020 roku, w którym nastąpił wstrząs górotworu w rejonie opisywanej ściany. Wstrząs został zobrazowany w miejscu jego wykrycia, wartość energii wstrząsu wynosiła  $5 \cdot 10^5$  J. Miejsce zaistniałego wstrząsu zostało zobrazowane w systemie jako spadek ciśnienia zaczynający się w rejonie sekcji o numerze 103. Rozprzestrzenienie nastąpiło w kierunku przodu i tyłu ściany.

Analizując dokładny przebieg podporności podczas wstrząsu, zauważalny był minimalny jej wzrost (rys. 16) i nagły jego spadek. Anomalia, która była wynikiem wstrząsu, oddziaływała na sekcje w jego rejonie.

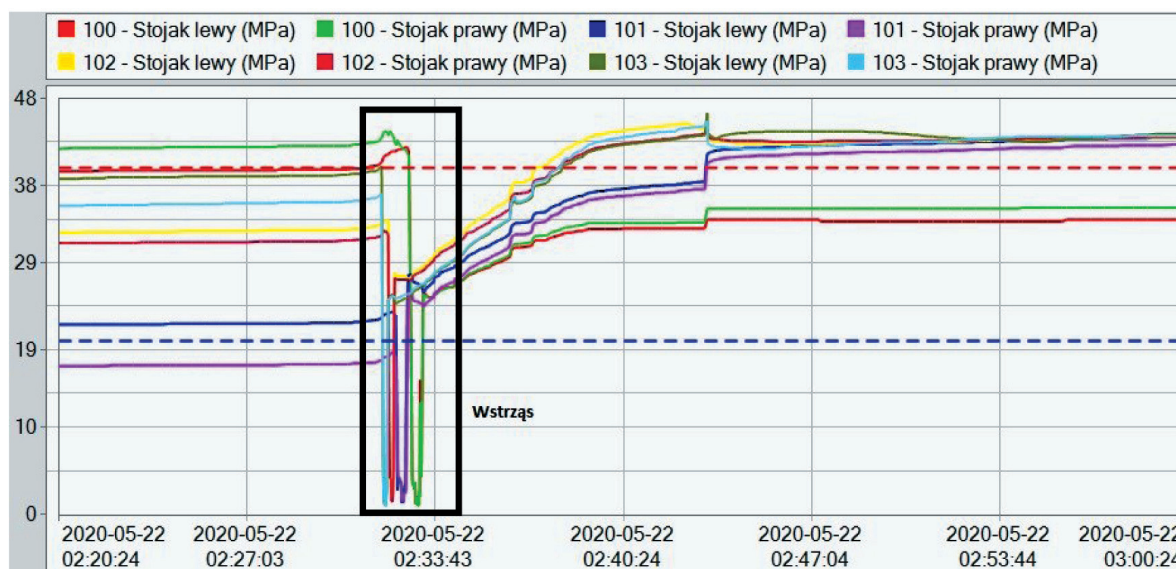
Jesteśmy pewni, że systemy monitoringu podporności mogłyby służyć do wspomagania stacji geofizyki górniczej w zakresie lokalizacji wstrząsów górotworu.



Rys. 14. Wykres 3D obrazujący wstrząs górotworu



Rys. 15. Widok boczny wykresu 3D ściany 922 – miejsce lokalizacji wstrząsu



Rys. 16. Wykres liniowy sekcji 100 do 103 ściany 922 – miejsce wystąpienia wstrząsu

## 8. WNIOSKI

- Dobór prawidłowej podporności sekcji obudowy ma istotne znaczenie dla zapewnienia stateczności wyrobiska oraz odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa załogi pracującej w ścianie.
- System monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej pozwala zdiagnozować stojaki hydrauliczne z powierzchni kopalni, gdzie często początkowe usterki nie są widoczne dla użytkownika pracującego na dole kopalni.
- Obwały skał stopowych oraz pogłębiające się usterki stojaków hydraulicznych sekcji obudowy zmechanizowanej są przyczyną przerwania ciągłości robót. Ciągła, prawidłowa kontrola z użyciem systemów monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej może ograniczyć koszty związane z przestojami ściany wydobywczej.
- Aktywny system podporności stosowany w Ruchu Ziemiowit pozwala na ciągły kontakt sekcji obudowy zmechanizowanej z górotworem, co zapewnia prawidłową podporność zaraz po przekładce.
- Pasywny system podporności powoduje stratę w czasie pracy operatora (górnika rabunkarza), który podczas zabudowy poświęca więcej czasu na prawidłowe podparcie stropu. Aktywne systemy monitoringu wspomaga pracę operatora i buduje sekcję do prawidłowej podporności.
- System jest ogólnodostępny dla pracowników pracujących w ścianie – komputer z wgranym oprogramowaniem jest zabudowany na chodniku podścianowym.
- Monitoring jest zapisywany w bazie danych, do której można wrócić w każdym momencie i przeanalizować przyczynę powstania usterki lub obwału.
- Zaprogramowanie histerezy w systemach monitoringu podporności to podstawa prawidłowego działania podczas obsługującego pracownika (górnika budowacza), sygnalizacja świetlna zabudowana na sekcji obudowy zmechanizowanej nie wprowadza w błąd przy minimalnym spadku ciśnienia.
- System może być wykorzystany przez stacje geofizyki górniczej jako dodatkowe narzędzie w celu lokalizowania zaistniałych wstrząsów górotworu. Widać powiązanie między monitoringiem podporności w ścianie a wykrywaniem wstrząsów górotworu.
- W ścianach z zastosowanym aktywnym systemem podporności sekcji obudowy zmechanizowanej wykluczaliśmy całkowicie postoje ściany spowodowane opadem skał stopowych. Aktywna podporność natychmiastowo podpira strop i nie prowadzi do rozwarstwień stropu bezpośredniego, co powoduje ciągłość wydobywania.
- W ścianach wykorzystujących pasywny system podporności zauważamy większą tendencję do nieprawidłowego podpierania stropu podczas eksploatacji ściany.
- W ramach rozwoju system może być rozwinięty o funkcje obrazujące geometrię zabudowy sekcji obudowy zmechanizowanej, a zwłaszcza jej wychylenia.

Na podstawie przeprowadzonej analizy jesteśmy w stanie ocenić skuteczność systemu monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej. Z pewnością przedmiotowy system znajdzie szerokie zastosowanie w kopalniach węgla kamiennego, a w szczególności w kopalni Piast-Ziemowit, która jest przekonana o skuteczności jego działania.

#### Literatura

- [1] Prusek S.: *Stateczność wyrobisk ścianowych podczas eksploatacji pokładów węgla kamiennego z zawalem skał stropowych*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2016.
- [2] Rajwa S.: *Główne przyczyny utraty stateczności wyrobiska ścianowego*. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* 2017, 3: 3–12.
- [3] Elsta Elektronika sp. z o.o. S.K.A – Katalog produktu.
- [4] Płonka M., Rajwa S., Lubosik Z.: *Ocena pracy obudowy zmechanizowanej na podstawie danych z monitoringu ciśnień i postępu sekcji*. *Przegląd Górniczy* 2017, 4(73): 25–33.

*mgr inż. Krzysztof KRASUCKI*

*mgr inż. Tomasz KUDŁACIK*

*mgr inż. Krzysztof AUGUSTYNIAK*

*Polska Grupa Górnicza S.A.*

*Oddział KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit*

*ul. Granitowa 16, 43-155 Bieruń*

*k.augustyniak@pgg.pl*