

# Prowadzenie ściany pod gruzowiskiem zawałowym w warunkach zmiennej grubości pozostawionej warstwy przyspągowej

The extraction of longwall panel located under goafs in the conditions of varying  
thickness of abandoned coal in the bottom layer



Dr inż. Sylwester Rajwa<sup>\*)</sup>



Dr hab. inż. Stanisław Prusek<sup>\*)</sup>



Mgr inż. Jacek Szuścik<sup>\*\*)</sup>



Mgr inż. Roman Gąska<sup>\*\*)</sup>

**Treść:** W artykule przedstawiono proces doboru obudowy dla ściany 124 prowadzonej bezpośrednio pod zrobami zawałowymi warstwy przystropowej pokładu 510 na KWK „Mysłowice-Wesoła”. Następnie zaprezentowano trudności w jej prowadzeniu, w szczególności te wynikające ze znacznej zmienności grubości warstwy przyspągowej, w której prowadzona była ściana 124. Dodatkowe trudności wynikały zarówno z niewłaściwej współpracy obudowy zmechanizowanej z górotworem, jak i nadmiernego zużycia niektórych elementów kompleksu ścianowego.

**Abstract:** This paper presents the process of powered support selection for the longwall 124, located under goafs of top layer seam no. 510, „Mysłowice-Wesoła” hard coal mine. Furthermore, the difficulties particularly due to the considerable variability of the thickness of the bottom layer which the wall 124 extracted, have been presented. Additional difficulties occurred as the result of improper co-operation of the powered support with the rockmass as well as excessive wear of some elements of the longwall complex.

## Słowa kluczowe:

eksploatacja ścianowa, zroby, obudowa zmechanizowana, strop

## Keywords:

longwall extraction, goafs, powered support, roof

## 1. Wprowadzenie

Aktualnie w Polsce eksploatację grubych pokładów węgla kamiennego prowadzi się systemem ścianowym z kiero-

waniem stropu na zawał z podziałem na warstwy. System ścianowy z podsadzką hydrauliczną ze względów ekonomicznych jest coraz rzadziej stosowany (aktualnie jedynie w KWK Wieczorek), zaś zastosowanie systemu podbierakowego budzi sporo wątpliwości, zarówno co do zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa m.in. pożarowego,

<sup>\*)</sup> Główny Instytut Górnictwa, Katowice <sup>\*\*)</sup> Katowicki Holding Węglowy S.A., KWK „Mysłowice-Wesoła”

metanowego, tapaniowego, jak i deformacji powierzchni oraz ochrony obiektów tam zlokalizowanych.

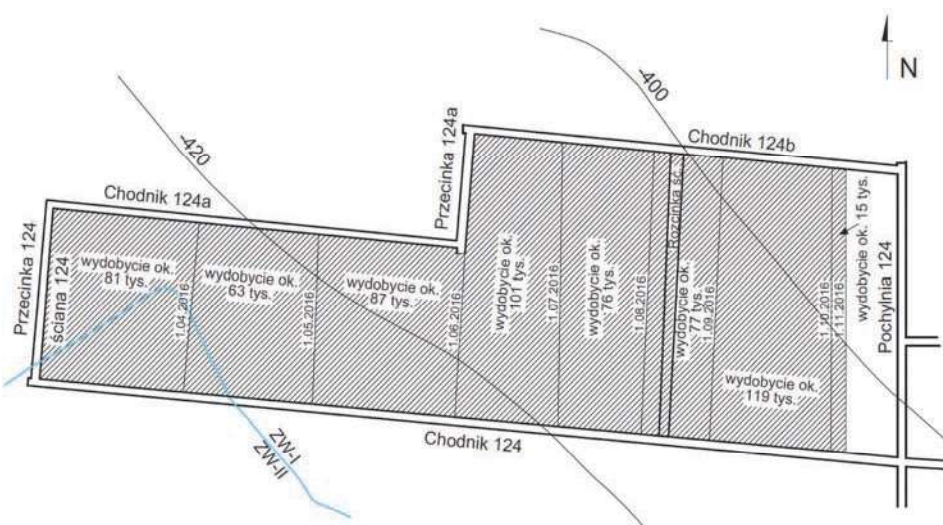
Ze względu na obowiązujące przepisy, eksploatację systemem ścianowym z zawałem stropu pierwszej, przystropowej warszwy pokładu najczęściej prowadzi się na wysokość do 3,0 m. Prowadzenie ścian w tych warunkach zasadniczo nie różni się od prowadzenia ścian w pokładach węgla eksploatowanych na jedną warstwę. Czasami jedyną różnicę stanowić może fakt, iż sekcje obudowy zmechanizowanej prowadzone są po spodku węglowym o niskich parametrach wytrzymałościowych, w wyniku czego mogą wystąpić problemy z jego nośnością, a w konsekwencji z prawidłową współpracą sekcji obudowy zmechanizowanej z górotworem (Rajwa 2016). W przypadku, gdy gruby pokład węgla charakteryzuje się większymi parametrami wytrzymałościowymi i/lub rozkład obciążenia spągnicy sekcji jest równomierny (Markowicz i in. 2016), takie utrudnienia nie występują. Eksploatacja warstw niższych (kolejnych) pokładu napotyka już na nieco większe problemy, najczęściej kojarzone z zaleganiem bezpośrednio w pułapie ściany gruzowiska zawałowego. Wydaje się, iż prawidłowy dobór podporności sekcji obudowy zmechanizowanej uwzględniający stopień rekonsolidacji gruzowiska zawałowego i pozostawianie w pułapie wyrobiska obliczonej grubości półki węglowej powinno zapewnić odpowiednią stateczność stropu wyrobiska, niezbędną dla regularnego postępu ściany. Niestety, w ścianie 124 prowadzonej w KWK „Mysłowice-Wesoła” w dolnej warstwie pokładu 510, okresowo dochodziło do przerwania półki węglowej i opadu gruzowiska zawałowego powstałego po wybraniu warstwy przystropowej (górnej) pokładu 510. Powodowało to okresowe utrudnienia w postępie ściany i związane z tym zmniejszenie wydobywania. W wyniku wspólnego przeanalizowania takich sytuacji, z uwzględnieniem warunków geologiczno-górnictwowych, jak i wyposażenia technicznego oraz jego awaryjności, przez zespół pracowników kopalni i GIG, podjęto się próby ustalenia prawdopodobnych przyczyn występowania utrudnień związanych z okresowym zapewnieniem stateczności stropu ściany 124. Niniejszy artykuł przedstawia rezultaty tych analiz oraz ustalenia zespołu mające na celu podjęcie odpowiednich działań w przyszłości dla poprawy warunków prowadzenia ścian zlokalizowanych bezpośrednio pod gruzowiskiem zawałowym.

## 2. Określenie warunków stosowania sekcji obudowy zmechanizowanej w warunkach ściany 124

Ściana 124 zaprojektowana została w warstwie przyspągowej (dolnej) pokładu 510, na południe od Uskoku Morgi i wschód od Uskoku Brzęczkowickiego. Warstwa przyspągowa pokładu 510 w tym rejonie zalegała z nachyleniem około  $6^\circ$  w kierunku południowo-zachodnim na głębokości  $645 \div 700$  m. Jej miąższość była zmienna i wynosiła od około 3,0 do 6,5 m. Ze zmienności grubości tej warstwy wynikała także zmienna długość ściany. Ściana 124 o wybiegu około 640 m rozpoczynała bieg z długością 130 m, która po około 325 m została wydłużona do 225 m (rys. 1).

Generalnie, w rejonie ściany 124, strop bezpośredni pokładu 510 stanowiły głównie warstwy piaskowca lub łupków piaszczystych. Jedynie w rejonie chodnika 124b, w stropie bezpośrednim pokładu 510, występowały warstwy łupków ilastych. Spąg pokładu 510 tworzyła gruba warstwa łupku ilastego. Określone na podstawie badań uśrednione wytrzymałości skał na ściskanie wynosiły: strop – 42 MPa, spąg – 31 MPa, węgiel pokładu 510 – 22 MPa.

Przed przystąpieniem do uruchomienia ściany 124 kopalnia zwróciła się do GIG o określenie warunków stosowania sekcji obudowy zmechanizowanej w tej ścianie. Kopalnia jako sekcje liniowe zamierzała zastosować w ścianie 2 typy sekcji podporowo-osłonowych, dwustojakowych o średnicy wewnętrznej stojaka 320 mm. Pierwszy typ 24/46 o konstrukcyjnym zakresie wysokości od 2,4 do 4,6 m i zakresie pracy od 2,7 do 4,5 m, charakteryzował się podpornością wstępną stojaka około 2,01 MN (ciśnienie zasilania 25 MPa) i roboczą około 3,50 MN (ciśnienie robocze 43 MPa). Drugi typ 23/46 o konstrukcyjnym zakresie wysokości od 2,3 do 4,6 m i zakresie pracy od 2,7 do 4,5 m, charakteryzował się podpornością wstępną stojaka około 2,01 MPa (ciśnienie zasilania 25 MPa) i roboczą około 3,06 MPa (ciśnienie robocze 38 MPa). Zgodnie z opracowaną w GIG metodyką – w pierwszej kolejności, uwzględniając m.in. rodzaj i wytrzymałość skał stropowych, ich zawilgocenie, czas jaki upłynął od eksploatacji warstwy przystropowej, określono wartość wytrzymałości zastępczej gruzowiska zawałowego zalegającego w pułapie ściany 124 na poziomie około 9 MPa. Tym samym uznano, że



Rys. 1. Szkic usytuowania pola ściany 124 zlokalizowanej w warstwie przyspągowej pokładu 510 wraz z zaznaczeniem comiesięcznego wydobywania

Fig. 1. Scheme of longwall 124 located in the bottom layer of seam no. 510 with an indication of the monthly coal production

nastąpiło niepełne scalenie gruzowiska zawałowego, a skały go tworzące są skłonne do odpajania się. Uwzględniając powyższą wartość w obliczeniach zapewnienia stateczności stropu ściany 124, w której zabudowane są sekcje typu 24/46 i 23/46 obudowy zmechanizowanej, określono, iż w takich warunkach niezbędne jest pozostawianie w pułapie wyrobiska ochronnej półki węglowej o grubości od 0,6 do 1,0 m, w zależności od odcinka wybiegu ściany. Takie rozwiązanie zostało przyjęte przez kopalnię, co miało swoje odzwierciedlenie w odpowiednich zapisach dokumentacji ścianowej.

### 3. Opis zaistniałych utrudnień w prowadzeniu ściany 124

W celu realizacji tego zapisu, ze względu na miąższość warstwy przyspągowej, niezbędnym okazało się okresowe obniżenie wysokości prowadzenia ściany 124 na wysokość 2,7–3,0 m, zwłaszcza w rejonie chodnika 124, gdzie były zabudowane sekcje typu 24/46. Prowadząc jednak ścianę na tej wysokości zaczęły się problemy z zapewnieniem stateczności wyrobiska w postaci przzerwania ciągłości półki węglowej i opadu niezrekonolidowanego gruzowiska zawałowego. Jednocześnie zauważono, że są trudności w ścianie z zapewnieniem poprawnej geometrii sekcji obudowy zmechanizowanej i jej przesuwem. Pomimo starań załogi i prób korekcji sekcji stropnica ustawiała się w jednej płaszczyźnie z osłoną odzawałową. W konsekwencji praca z taką geometrią powodowała uszkodzenia sekcji w postaci rozerwania blokady podpory (około 25 sztuk) i/lub rozerwania siłownika podpory stropnicy (około 45 sztuk), a także uszkodzanie się przesuwników (około 85 sztuk). Dodatkowo w rejonie tym po przzerwaniu półki przystropowej opady intensyfikowały się i były trudne do opanowania, co było związane z lokalnie występującą w tym rejonie niecką, będącą naturalnym miejscem gromadzenia się wody (rys. 1 – rejon II stopnia ZW). Woda ta przepływając i penetrując zroby zawałowe warstwy przystropowej, wymywała drobne części ilaste, uniemożliwiając rekonsolidację gruzowiska i pozostawiając go zbiorowiskiem luźnych skał.

Dodatkowo na wybiegu ściany 124 w przystropowej części pokładu 510 znajdowało się otamowane wraz z wyposażeniem wyrobisko ściany 731. Dalsza eksploatacja warstwy przystropowej prowadzona była ścianą 731a (rys.2). Potwierdzony w praktyce na wybiegu ściany 124, a prognozowany przez GIG, słaby stopień rekonsolidacji skał zalegających w jej pułapie sprawił, że nadrzędną sprawą w celu zapewnienia regularnego postępu, stało się utrzymanie ochronnej półki węglowej o grubości do 1,0 m. Taka sytuacja sprawiła, że koniecznym na tym odcinku wybiegu okazało się urabianie skał spągowych, ze względu na grubość pozostawionej warstwy przyspągowej pokładu 510. Okresowo, podczas przechodzenia ścianą 124 pod zlikwidowanym wyrobiskiem ściany 731 i przecinką rozruchową ściany 731a, urabiano ponadmetrową grubość zalegającą w spągu pokładu warstwę łupku ilastego.

Mimo zalegania w pułapie ściany 124 metrowej grubości ochronnej półki węglowej – co wykazywały prowadzone na każdej zmianie wyniki wierceń, co pewien czas dochodziło do przzerwania półki i opadu niezrekonolidowanych skał, zwłaszcza w rejonie chodnika 124. Jednocześnie w rejonie chodnika 124a zaobserwowano, iż pomimo okresowego przzerwania ciągłości półki węglowej nie następował intensywny opad skał stropowych, co świadczyło o lepszej rekonsolidacji gruzowiska zawałowego na tym obszarze. Wynikało to z zalegania w tym rejonie w stropie bezpośrednim pokładu 510 warstwy łupku ilastego. Konieczność urabiania skał spągowych, jak również opady stropu spowodowały, iż na opisanym wyżej wybiegu ściany 124 dwukrotnie wzrosło zużycie noży kombajnowych i zgrzebeł przenośnika Rybnik 850.

W związku z powyższym kopalnia zwróciła się do Zakładu Technologii Eksploatacji Głównego Instytutu Górniczego o wspólne przeanalizowanie sytuacji związanych z okresowym opadem ochronnej półki węglowej i skał w ścianie 124 oraz występującymi uszkodzeniami w sekcjach obudowy zmechanizowanej typu 24/46.

### 4. Analiza i określenie przyczyn zaistniałych utrudnień w prowadzeniu ściany 124

Przystępując do pracy w pierwszej kolejności przeanalizowano pracę GIG (Płonka i in. 2016) i porównano jej wyniki z obserwacjami dokonanymi podczas prowadzenia ściany 124. Uznano, że rekonsolidacja gruzowiska zawałowego i jego wytrzymałość zastępcza została określona prawidłowo. Podporność obudowy została także poprawnie dobrana, gdyż nie zaobserwowano zsuwów sekcji typu 24/46 wynikających z przekroczenia podporności roboczej i zadziałania zaworów upustowych. Z wieloletnich obserwacji GIG wynika, że przy prawidłowej konstrukcji sekcji i geometrii pracy, nawet bardzo duża wartość podporności wstępnej nie powoduje niszczenia struktury węgla stanowiącego ochronną półkę o odpowiedniej grubości zlokalizowaną w pułapie ściany (Rajwa i in. 2014). Przyczynę przerywania ciągłości ochronnej półki węglowej powiązano z niewłaściwą współpracą sekcji z górotworem. Niewłaściwa współpraca polegałaby na liniowym (krawędziowym) podpieraniu półki węglowej przednią częścią stropnicy lub jej boczną krawędzią. Słuszność tej tezy została potwierdzona obserwacjami w ścianie 124 prowadzonej na wysokości 2,8–3,0 m, gdzie sekcje pracowały ze stropnicami podniesionymi ku górze i charakteryzowały się brakiem równoległości pomiędzy stropnicą a spągnicą sekcji. Wykonanie korekcji geometrii pracy tych sekcji typu 24/46 okazało się w niektórych przypadkach niemożliwe, gdyż siłownik podpory posiadał zbyt małą siłę, aby dokonać właściwej korekty ustawienia pomiędzy stropnicą i osłoną odzawałową. Ponadto, próby stosowanego w takich sytuacjach (zgodnie z opracowaną technologią) wyjeżdżania sekcją na tzw. „stojak” okazywały się niemożliwe, gdyż każdorazowe podniesienie



Rys. 2. Planowany sposób prowadzenia ściany 124 pod zrobami zawałowymi ścian 731 i 731a z pozostawieniem półki węglowej o grubości około 1,0 m

Fig. 2. The planned way of longwall 124 extraction located under gobs of longwalls 731 and 731a, leaving the protective coal beam with thickness of about 1.0 m

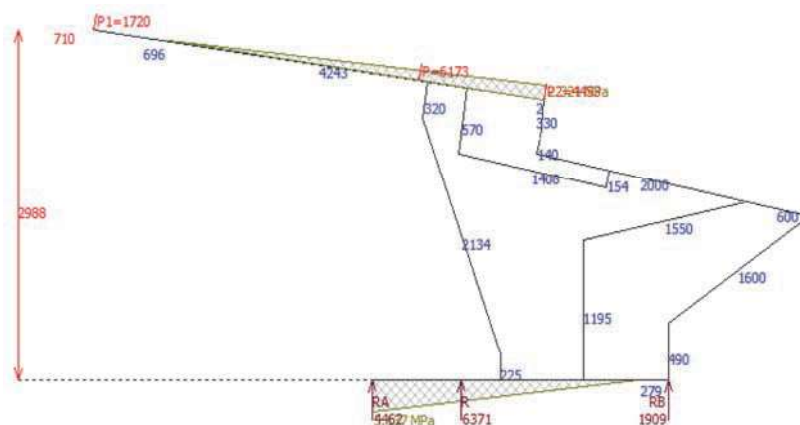


spagnic powodowało że sekcja „przesuwała się” w kierunku zawału, czemu nie mógł „przeciwstawić się” zastosowany przesuwnik sekcji (siła około 500 kN). Jeśli nawet udało się skorygować geometrię niektórych sekcji, to po kilkukrotnym jej przesunięciu, geometria sekcji „wracała” do ustawienia, w którym stropnica jest skierowana ku górze i z osłoną oddzawałową tworzyły niemal jedną powierzchnię. W związku z tymi obserwacjami postanowiono wykonać dodatkowe, niestandardowe, obliczenia analityczne sekcji typu 24/46 w zakresie podporności i obciążenia sekcji oraz wartości sił w węzłach konstrukcyjnych (Płonka, Rajwa 2009, Rajwa 2015) (rys. 3 i 4).

W oparciu o wykonane obliczenia i obserwacje stwierdzono, że gdy stropnica tworzy z osłoną oddzawałową jedną płaszczyznę, fakt ten ma następujące konsekwencje w postaci geometrycznej sekcji typu 24/46:

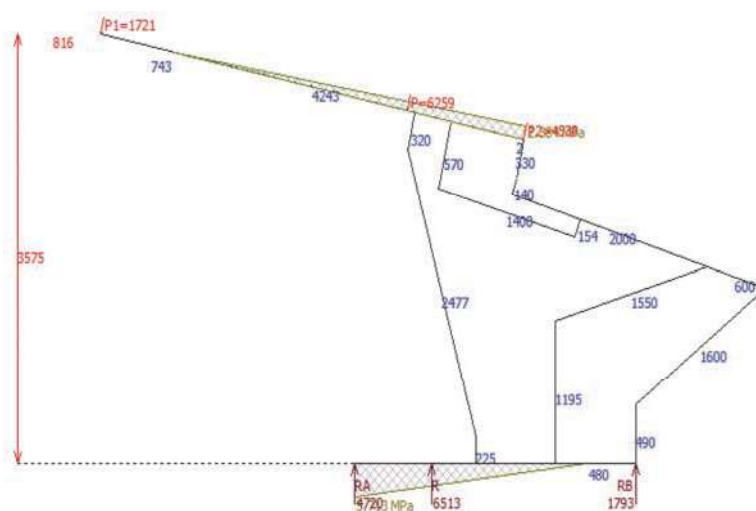
- dla wysokości ściany około 3,0 m kąt nachylenia stropnicy wynosi około  $8^\circ$ , a układ lemniskatowy przyjmuje pozycję jaką by miał przy prawidłowej geometrii sekcji pracującej na wysokości około 2,4 m,
- dla wysokości ściany około 3,5 m, kąt nachylenia stropnicy wynosi około  $12^\circ$ , a układ lemniskatowy przyjmuje pozycję jaką by miał przy prawidłowej geometrii sekcji pracującej na wysokości około 2,4 m,

Kolejne wykonane obliczenia dla sił w węzłach sekcji, dla analizowanych warunków pracy (Losiak, Ptak 2010) wykazały, że wraz z obniżaniem wysokości pracy sekcji typu 24/46, a zwłaszcza ze wzrostem kąta nachylenia stropnicy, rośnie znacząco siła w węzle stropnica-osłona oddzawałowa. Biorąc pod uwagę powyższe obliczenia, jak również fakt, iż podpora stropnicy charakteryzuje się siłą około 700 kN pod łłokiem, można przypuszczać, że przy niskich wysokościach, niezachowaniu prawidłowej geometrii sekcji oraz obciążeniu jej osłony, operowanie podporą stropnicy mogło być nieefektywne, uniemożliwiając prawidłowe korygowanie położenia stropnicy. Tym samym wydaje się, iż podczas rabowania sekcji, ze względu na duże wartości sił w węzle stropnica osłona oddzawałowa, sekcja ma naturalną tendencję do tworzenia jednej płaszczyzny przez stropnicę i osłonę oddzawałową. Powoduje to pracę sekcji z uniesioną stropnicą i niemożliwość jej korekcji przy dużym obciążeniu osłony oddzawałowej. Praca sekcji z podniesioną stropnicą o kąt około  $8^\circ$ – $12^\circ$  powoduje liniowe (krawędziowe) podpiernie stropu, przez co może dochodzić do niszczenia jego struktury i opadu skał. W warunkach ściany 124 taka geometria sekcji mogła powodować przerywanie ciągłości ochronnej półki węglowej pozostawianej w pułapie wyrobiska. Bez wątplenia potwierdzeniem takiego scenariusza zdarzeń były



Rys. 3. Model sekcji typu 24/46 przy wysokości wyrobiska około 3,0 m i stropnicy podniesionej pod kątem  $8^\circ$

Fig. 3. Model of powered support type 24/46 with height ca. 3.0 m and canopy raised at an angle of  $8^\circ$



Rys. 4. Model sekcji typu 24/46 przy wysokości wyrobiska około 3,5 m i stropnicy podniesionej pod kątem  $12^\circ$

Fig. 4. Model of powered support type 24/46 with height ca. 3.5 m and canopy raised at an angle of  $12^\circ$

występujące w ścianie opady stropu i liczne uszkodzenia zarówno blokad, jak i siłowników podpory sekcji.

Należy jednak zaznaczyć, że małe wartości kąta pochylenia osłony oddzawałowej dla niskich wysokości pracy i związane z tym opisane wady sekcji typu 24/46, mające wpływ na zapewnienie stateczności wyrobiska ściany 124 są konsekwencją określonego przyjętego dużego zakresu wysokości stosowania sekcji.

Analizując także inne przyczyny przerwania się stropowej półki węglowej, zauważono, po jej opadzie, różnorodność struktury węgla tworzącego tę półkę. Ustalono, że w niektórych przypadkach pewną grubość półki stanowił węgiel „opadowy” z warstwy przystropowej pokładu 510. Tym samym, pomimo wykonywania wierceń kontrolujących, potwierdzających określoną grubość półki węglowej, jej nośność była mniejsza od obliczonej przez GIG, co mogło być także przyczyną powstawania utrudnień w utrzymaniu stropu ściany 124 przez sekcje typu 24/46.

## 5. Podsumowanie i wnioski

Prowadzenie ściany pod gruzowiskiem zawałowym niemal każdorazowo stanowi wyzwanie dla kopalni. Wydaje się, iż w wielu przypadkach prawidłowy dobór podporności sekcji w odniesieniu do określonego stopnia rekonsolidacji i grubości ochronnej półki przystropowej powinien wystarczyć do zapewnienia odpowiedniej stateczności wyrobiska i postępu ściany. Niestety uwzględnienie tylko tych czynników w przypadku ściany 124 okazało się niewystarczające. Pomimo iż wyniki ze ściany 124 można uznać za satysfakcjonujące na tle górnictwa polskiego: całkowite wydobyte w okresie 7 m-cy - około 610 tys. ton, średniobowe wydobyte miesięczne i dobowe maksymalne dla ściany 124 o długości 130 m i 225 m wynosiły odpowiednio 3050/4325 ton i 4950/5400 ton, to kopalnia miała świadomość co do możliwości jeszcze efektywniejszego wybrania tej partii złoża. Dlatego też, w celu zebrania doświadczeń na przyszłość, wspólnie z Zakładem Technologii Eksploatacji Głównego Instytutu Górnictwa zdecydowano się poddać analizie i spróbowano wyjaśnić część występujących utrudnień w utrzymaniu stateczności wyrobiska ściany 124, jak i uszkodzeń zaistniałym w jej wyposażeniu technicznym. W rezultacie tych prac sformułowano następujące wnioski:

- Głównym powodem powstawania utrudnień w zapewnieniu stateczności wyrobiska (powstawania obwałów) ściany 124 prowadzonej z wysokością do 3,5 m, była niewłaściwa geometria sekcji polegająca na tworzeniu jednej płaszczyzny pomiędzy osłoną oddzawałową i stropnicą. Powodowało to m.in. liniowe (krawędziowe) podparcie pułapu wyrobiska powodując jego uszkodzenie.
- Przyczyną powyższego stanu rzeczy jest nadmierne obciążenie osłony oddzawałowej wynikające m.in. ze zbyt małego jej nachylenia w stosunku do spągu wyrobiska (Frith Russel 2015). Nachylenie to (poniżej 30°) uniemożliwia samoistny zsuw materiału skalnego po osłonie oddzawałowej na spąg wyrobiska, co powoduje jego gromadzenie się na osłonie oddzawałowej. Zmianie ulega tym samym sposób obciążenia sekcji od strony górotworu. Dla wielu przypadków stwierdzono, że ze względu na nieprawidłową geometrię sekcji, nachylenie osłony oddzawałowej było mniejsze od 20°.
- Ze względu na opisaną powyżej sytuację, niekorzystne oraz zwiększone obciążenie w sekcji powstają bardzo duże siły w rejonie jej węzła łączącego osłonę odza-

wałową ze stropnicą. Dlatego też, sekcje pracujące z wysokością do 3,5 m mają naturalną tendencję do tworzenia jednej płaszczyzny pomiędzy osłoną oddzawałową i stropnicą, gdyż przy tej geometrii sekcji siła w podporze stropnicy jest zbyt mała, aby umożliwić korygowanie wzajemnego położenia stropnicy i osłony oddzawałowej. Opisany przebieg zdarzeń był prawdopodobną przyczyną występujących uszkodzeń ograniczników i/lub siłowników rozporu oraz przesuwników sekcji.

- Biorąc pod uwagę tylko aspekty związane z obciążeniem osłony oddzawałowej, wysokość pracy sekcji typu 24/46 nie powinna być niższa niż 3,5 m. Powyżej tej wysokości nachylenie osłony oddzawałowej jest większe od 30° i opisane niekorzystne zjawiska nie powinny mieć wpływu na współpracę z górotworem, co znalazło swoje potwierdzenie w obserwacjach dołowych.
- W przyszłości, prowadząc ścianę pod ochronną półką węglową, należy zwrócić szczególną uwagę przy jej kontroli zarówno co do wymaganej (określonej) jej grubości, jak i czy tworzy ją jednolita warstwa węgla, a nie tzw. „węgiel opadowy” z wcześniej eksploatowanej wyżej zalegającej warstwy grubego pokładu.
- Projektując ścianę zlokalizowaną pod gruzowiskiem zawałowym, należy zwrócić uwagę na dobór zakresu wysokości stosowania i cechy geometryczne sekcji obudowy zmechanizowanej, w szczególności kąt pochylenia osłony oddzawałowej, który nie powinien być mniejszy od 300.

## Literatura

- FRITH RUSSELL C. 2015 - A holistic examination of the load rating design of longwall shields after more than half a century of mechanized longwall mining. *International Journal of Mining Science and Technology* 25 pp. 687-706.
- LOSIAK S., PTAK J. 2010 - Wpływ gruzowiska zawałowego na osłonę oddzawałową i zachowanie się sekcji lemniskatowej obudowy ścianaowej. *„Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa”* nr 3 (469), s. 35-41.
- MARKOWICZ J., RAJWA S., SZEWDA S. 2016 - Experimental testes of parameters characterizing the cooperation of powered roof support base and floor of low bearing capacity. *Kwartalnik Archiwum Górnictwa* Vol.61, Issue 4, Kraków, pp.937-948.
- PŁONKA M., RAJWA S. 2009 - Podporność i rozkład sił w węzłach sekcji obudowy zmechanizowanej. *„Wiadomości Górnicze”* nr 10, s. 611-616.
- PŁONKA M. i in. 2016 - Wykonanie pracy naukowo-badawczej określającej możliwości stosowania, upodatkowania i warunki współpracy sekcji obudów zmechanizowanych różnych typów dla ściany 124 w pokładzie 510, poz. 500 m w KHW S.A., KWK Mysłowice-Wesoła. Praca badawczo-usługowa GIG o symbolu 581 07936-152. Niepublikowana. GIG Katowice.
- RAJWA S. 2016 - Wpływ nośności spągu na warunki utrzymania stropu. *„Przeгляд Górniczy”* nr 10, s. 44-50.
- RAJWA S. 2015 - Wpływ wybranych czynników na współpracę obudowy zmechanizowanej z górotworem i warunki prowadzenia ściany. *„Wiadomości Górnicze”* nr 10, s. 533-543.
- RAJWA S., PIESZCZEK M., GUZERA J. 2014 - Dobór obudowy zmechanizowanej dla ściany prowadzonej w złożonych warunkach geologiczno-górnicznych w KHW S.A. KWK „Wieczorek”. *„Przeгляд Górniczy”* nr 5, s. 58-63.

Artykuł wpłynął do redakcji – styczeń 2017  
Artykuł akceptowano do druku 5.04.2017