

## Hydrauliczna obudowa ratownicza do stosowania w warunkach zagrożeń naturalnych

dr inż. Marek Szyguła  
dr inż. Krzysztof Mazurek  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

### Hydraulic rescue support to be used in areas threatened by natural hazards

#### Streszczenie:

W artykule omówiono rodzaje obudowy stosowanej w ratownictwie górniczym. Przedstawiono innowacyjne rozwiązania nowej obudowy dla ratownictwa górniczego jak również możliwości zastosowania jej elementów w ratownictwie technicznym.

Słowa kluczowe: ratownictwo górnicze, obudowa ratownicza

Keywords: mine rescue work, rescue support

#### Abstract:

Types of roof supports used in the mine rescue actions are discussed. Innovative solutions of new roof supports for mine rescue work and possibilities of using its components in technical rescue are presented.

## 1. Wprowadzenie

W górnictwie podziemnym występują zjawiska, związane z zagrożeniami naturalnymi, zwłaszcza dynamiczne, prowadzące do destrukcji wyrobisk eksploatacyjnych jak i udostępniających. Ryzyko wypadku spowodowanego uszkodzeniem obudowy wyrobiska chodnikowego jest - w porównaniu z ryzykiem występującym w ścianach - znacznie wyższe, ze względu na niższą podporność i odporność na obciążenie dynamiczne obudowy chodnikowej. W przypadku tąpnięć dochodzi najczęściej do znacznego, a nawet całkowitego zaciśnięcia chodnika zarówno od stropu jak i od spągu. Powstaje gruzowisko, w którym rozmieszczone mogą być przypadkowo elementy obudowy chodnika, maszyn, rurociągów itp. Gruzowisko może pochłonąć ludzi lub odciąć im drogę wycofywania z rejonu zagrożenia, jak również odciąć dopływ powietrza, niezbędnego do przetrwania w oczekiwaniu na akcję ratunkową. Tragicznym przykładem takiego zdarzenia jest niedawne tąpnięcie w kopalni Borynia-Zofiówka-Jastrzębie Ruch Zofiówka (05.05.2018), w którym w zawalonym chodniku śmierć poniosło pięciu górników [7]. Wg statystyk podawanych przez Wyższy Urząd Górniczy, w latach 2008 do 2017 r. w Polsce miało miejsce 47 znaczących tąpnięć, z czego 21 w kopalniach węgla kamiennego i 26 w kopalniach miedzi. W wyniku tych zdarzeń śmierć poniosło 25 górników, a 210 zostało rannych [7].

Uwzględniając powyższe, bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na bezpieczeństwo pracy załóg górniczych jest zatem możliwość szybkiego udzielania pomocy w wyniku zaistniałych zdarzeń losowych. Dotarcie do zagrożonej załogi często wymaga wykonania w gruzowisku wyrobiska (chodnika) ratowniczego i zabezpieczenia go obudową zapewniającą ratownikom oraz osobom poszkodowanym możliwie największe bezpieczeństwo [1, 6]. Obudowa chodnika ratowniczego powinna charakteryzować się prostą konstrukcją i niską masą, umożliwiającą szybki montaż, gdyż jej elementy z reguły transportowane są ręcznie. Chodnik ratowniczy może być prowadzony w bardzo różnych warunkach geologiczno-górnicych i w otoczeniu skał o zmiennym rozdrobnieniu. Może wystąpić konieczność prowadzenia chodnika przez lokalną pustkę, co stwarza dodatkowe zagrożenie uderzeniami opadających skał. W przypadku drażenia tunelu w skałach silnie

rozdrobionych obudowa powinna zabezpieczyć wyrobisko przed dostawaniem się rumoszu skalnego do strefy, którą osłania. Chodnik ratowniczy może mieć zmienny kształt i kierunek, co jest uwarunkowane rodzajem gruzowiska, w którym jest prowadzony, usytuowaniem w gruzowisku elementów zniszczonej obudowy chodnikowej, maszyn, urządzeń czy też ich podzespołów. Obudowa chodnika ratowniczego powinna być również w pewnym stopniu odporna na oddziaływanie dynamiczne górotworu w wyniku wstrząsów wtórnych oraz niestabilizowanego ruchu skał. Powyższe czynniki sprawiają, że zarówno gabaryty przekroju chodnika ratowniczego, jak i jego kierunek mogą ulegać nieplanowanym zmianom. Należy się również liczyć z koniecznością zastosowania kilku różnych rodzajów obudowy.

## 2. Rodzaje obudowy stosowanej w ratownictwie górniczym

Podstawowym rodzajem obudowy chodnikowej stosowanej w ratownictwie górniczym jest obudowa prosta drewniana. Jej odrzwia zbudowane są ze stojaków drewnianych i drewnianej stropnicy ułożonej na stojakach. Podczas akcji ratowniczej przygotowuje się na bieżąco elementy odrzwi o odpowiedniej długości, zależnej od warunków w jakich prowadzony jest chodnik. Stosunkowo niewielka masa elementów oraz dostępność drewna to podstawowe, ale raczej jedyne zalety tego typu obudowy. Jej wadą jest brak możliwości zadania podporności wstępnej odrzwi, co może skutkować niestabilnym ich zachowaniem. Pewną trudność sprawia natomiast konieczność starannego przygotowania końców stojaków, mających bezpośredni kontakt z belką stropnicową. O wytrzymałości odrzwi drewnianych decyduje wytrzymałość na zginanie belki stropnicowej. Stojaki ze względu na właściwą współpracę z belką stropnicową mają zbliżoną średnicę. Drewno ma wielokrotnie wyższą wytrzymałość na ściskanie wzdłużne niż na zginanie. W efekcie wytrzymałość stojaków, w zależności od ich rozstawu, może nawet dziesięciokrotnie przewyższać wytrzymałość belki stropnicowej [3].

Od dawna stosowana jest również w ratownictwie górniczym obudowa prosta metalowa. Jedną z pierwszych tego typu konstrukcji była obudowa firmy Salzgitter-Dowty (rys. 1).



Rys. 1. Odrzwia obudowy chodnika ratowniczego ze stojakami firmy Salzgitter-Dowty [2]

Zastosowano w niej stojaki hydrauliczne z pompą wewnętrzną, wykonane ze stali oraz częściowo ze stopu aluminium. Na stojakach układane są belki stropnicowe drewniane lub stropnice wykonane ze stopu aluminium o podwyższonej wytrzymałości. Stojaki takie nadal

są używane w akcjach ratowniczych. Ze względu na możliwość wytworzenia iskry zapalającej przy uderzeniu przedmiotem stalowym, ze śladami korozji, w powierzchnię elementu stojaka wykonanego z aluminium, nie można stosować w warunkach zagrożenia metanowego. O wyposażeniu ratowników decyduje jednak kierownik akcji ratowniczej i może zdecydować na użycie takich stojaków w każdych warunkach. W przypadku wspomnianej akcji ratowniczej prowadzonej niedawno w ruchu Zofiówka, użycie tego rodzaju obudowy ratowniczej wiązałoby się z dodatkowym dużym ryzykiem, ze względu na długo utrzymujące się wysokie i zmienne stężenie metanu.

W stojaku firmy Salzgitter zastosowano dwustopniową ręczną pompę wewnętrzną, umożliwiającą uzyskanie podporności wstępnej stojaka o wartości zbliżonej do jego podporności roboczej, która wynosi 250 kN. O podporności roboczej stojaka decyduje zawór przelewowy o bardzo małym nominalnym natężeniu przepływu. Z tego względu stojak nie jest odporny na obciążenie dynamiczne. Stojaki Salzgitter są użytkowane od wielu lat i stacje ratownicze mają coraz większe problemy z utrzymaniem ich sprawności.

Na przestrzeni lat były konstruowane również inne rozwiązania obudowy i części do obudowy ratowniczej np. stojaki RSH-1 (GIG), wyposażone w zamknięty, wewnętrzny obieg medium hydraulicznego i własną pompę, obudowa ratownicza K-400 (KOMAG), z dedykowaną stropnicą i stojakami wykonanymi ze stopów aluminium, za wyjątkiem elementów zaworowych, działającymi na podobnych zasadach co RSH-1. W uzasadnionych przypadkach stosowana była również obudowa tubingowa (KOMAG), szczególnie przydatna w warunkach występowania skał o niskiej zwięzłości i chroniąca chodnik przed bezpośrednim wpływem gazów z otaczających skał oraz obudowa ŁPrP/4 (Huta Łabędy), wykorzystująca kształtowniki typu V, przydatna w warunkach stabilnych skał otaczających [4].

### 3. Nowa obudowa dla ratownictwa górniczego

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG podjęto prace nad kompleksowym wyposażeniem ratowników górniczych w nowoczesne urządzenia poprawiające ich warunki pracy i bezpieczeństwo. Podstawowym elementem tego wyposażenia jest nowe, kompletne rozwiązanie obudowy chodnika ratowniczego.

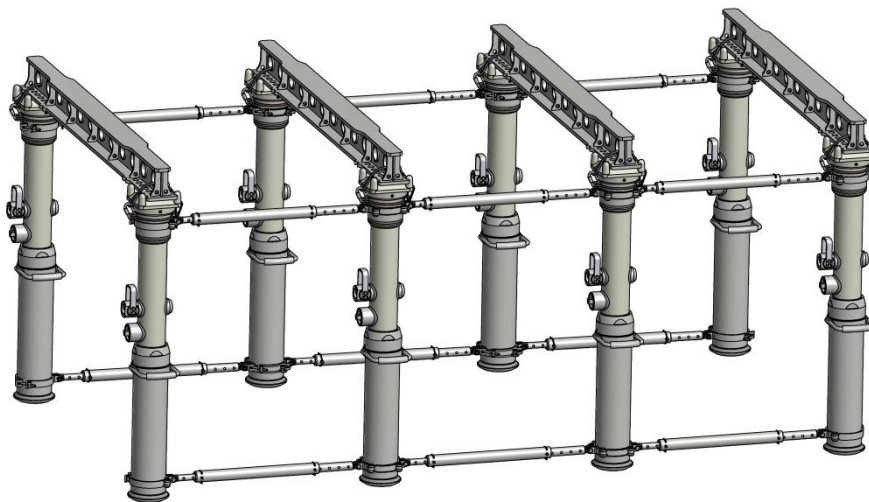
Obudowa ratownicza HOR-01 (rys. 2.) powstała w wyniku realizacji części projektu europejskiego INREQ. Na komplet obudowy składają się stalowe stropnice, stojaki hydrauliczne z własną pompą wewnętrzną i zamkniętym obiegiem medium hydraulicznego (SHR-700 i SHR-960), układ stabilizacji sąsiednich odrzwi oraz elementy przeciwdziałające odrywaniu stropnicy od głowicy koronowej stojaka, w przypadku braku obciążenia stropnicy (przechodzenie przez pustki). Obudowa może być stosowana w rejonach zagrożonych i niezagrożonych wstrząsami górotworu, a także w wyrobiskach zagrożonych wybuchami gazów i pyłów.

Podstawowe parametry techniczne obudowy HOR-01 przedstawiono w tabeli 1.

## Charakterystyka techniczna pojedynczych odrzwi obudowy ratowniczej HOR-01 [5]

Tabela 1

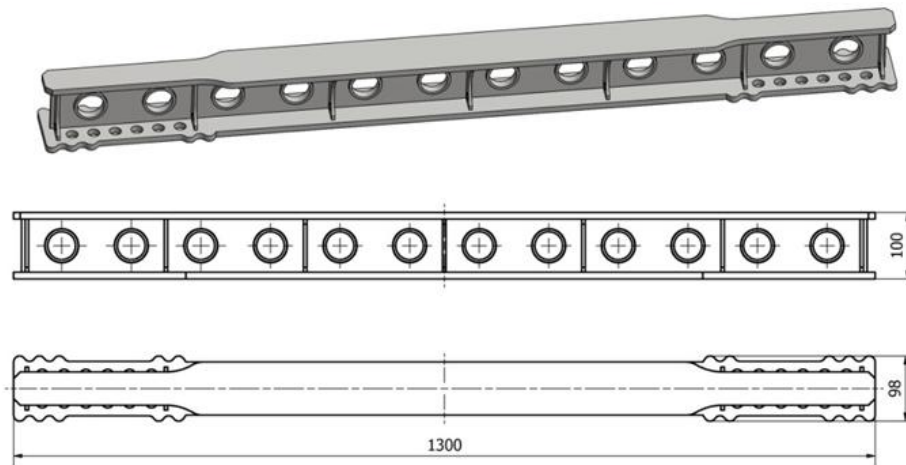
| Parametr                             | Wartość  |
|--------------------------------------|--|
| Długość stropnicy [mm]               | 1300   |
| Wysokość ze stojakiem SHR-700 [mm]   | 800÷1100   |
| Wysokość ze stojakiem SHR-960 [mm]   | 1060÷1400  |
| Rozstaw stojaków (osi stojaków) [mm] | 720÷1140   |
| Podporność wstępna [kN]              | do 300   |
| Podporność robocza [kN]              | 600  |
| Ciśnienie robocze stojaka [MPa]      | 47   |
| Masa stropnicy [kg]                  | 20   |
| Masa zespołu stabilizatorów [kg]     | 13   |
| Masa ze stojakiem SHR-700 [kg]       | 93   |
| Masa ze stojakiem SHR-960 [kg]       | 103  |
| Temperatura stosowania [°C]          | -15 ÷ +50  |
| Medium robocze                       | HYDROMIL SUPER L-HV 32, HYDRAX HLP 32,<br>HYDROL L-HM/HLP 32 |



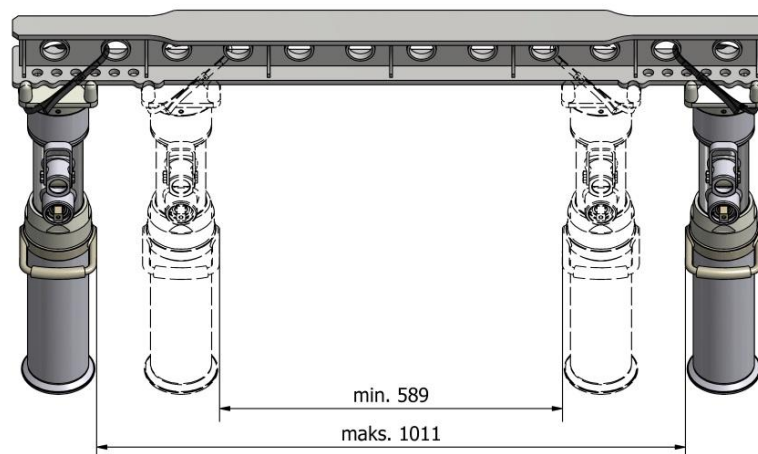
Rys. 2. Obudowa ratownicza HOR-01 [6]

Konstrukcję stropnicy (rys. 3.) zoptymalizowano pod względem wytrzymałościowym. Zastosowano blachy podstawowe ze stali o granicy plastyczności 1100 MPa, elementy pomocnicze (żebra), ze stali o granicy plastyczności 460 MPa oraz otoczki otworów dla elementów podłużnej ochrony stropu ze stali o granicy plastyczności 355 MPa. W ten sposób uzyskano wysoką wytrzymałość stropnicy, odpowiednią dla zastosowanych stojaków, przy stosunkowo niskich kosztach wytworzenia oraz niską masę tak ważną przy ręcznym transporcie elementów. Masa stropnicy wynosi zaledwie 20 kg, przy całkowitej podporności podpierających ją stojaków wynoszącej 600 kN. Kształt stropnicy zoptymalizowano również pod względem funkcjonalnym. Postać konstrukcyjna stropnicy wyraźnie wskazuje zalecany obszar jej współpracy z głowicami stojaków. Podparcie stropnicy w tym obszarze ułatwia jej pozycjonowanie na stojaku i wstępnie stabilizuje stropnicę względem stojaka oraz umożliwia regulację szerokości budowanych odrzwi w zakresie 210 mm, co 30 mm z każdej strony (rys. 4.). Istnieje oczywiście możliwość podparcia stropnicy poza obszarem pozycjonowania.

W otwory wykonane w środku stropnicy mogą być wsuwane pręty ułatwiające wyprzedzające podparcie i zabezpieczenie stropu dźwignego chodnika.



Rys. 3. Stropnica obudowy ratowniczej HOR-01 [5]



Rys. 4. Obszar pozycjonowania stojaka względem stropnicy [5]

W stojakach (rys. 5.) zastosowano rozwiązanie gwarantujące szybką reakcję i skuteczność działania stojaka, w przypadku obciążenia dynamicznego. W układzie pompowym stojaków, napędzanym dźwignią ręczną, zastosowano dwa stopnie hydrauliczne. Pierwszy pozwala na szybkie wysunięcie rdzennika na wymaganą długość, natomiast drugi zapewnia uzyskanie podpórności wstępnej na poziomie 150 kN. Wielkość podpórności wstępnej jest ograniczona zaworem przelewowym układu pompowego. Działanie obu stopni pompy wybierane jest automatycznie. Podpórność robocza stojaka wynosi 300 kN i jest zabezpieczona zaworami przelewowymi o dużej wydajności. Stojak opracowano w dwóch wariantach długości - SHR-700 i SHR-960

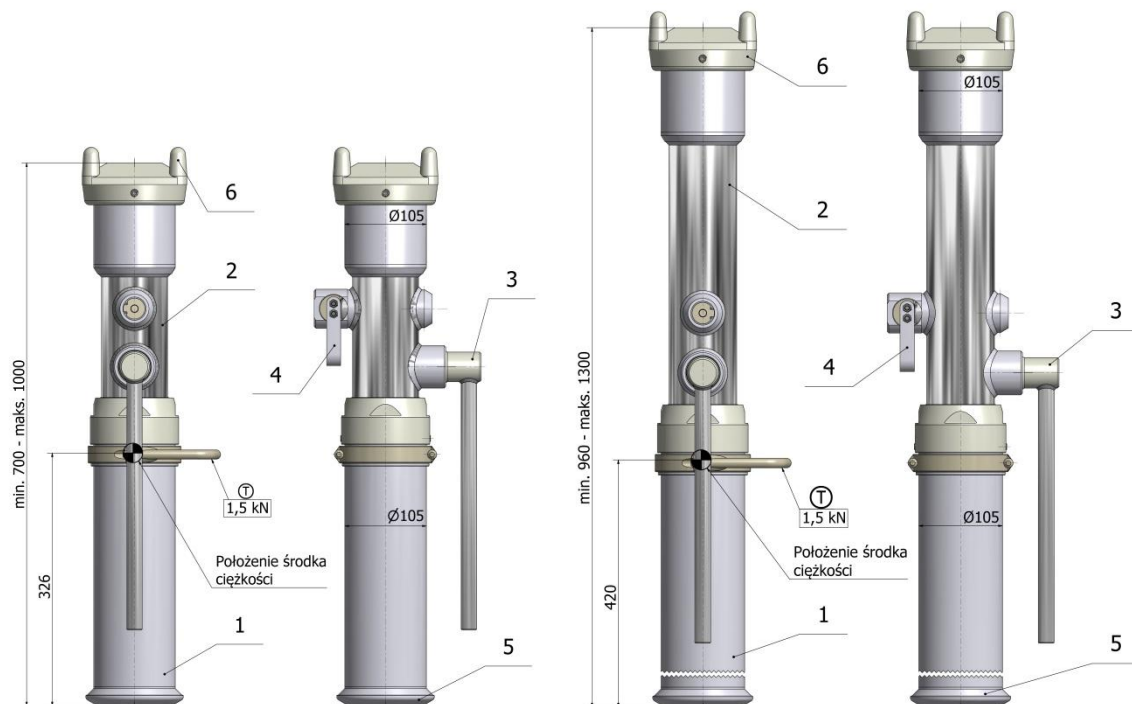
Podstawowe parametry techniczne stojaków obudowy HOR-01 przedstawiono w tabeli 2.



## Charakterystyka techniczna stojaków SHR-700 i SHR-960 [5]

Tabela 2

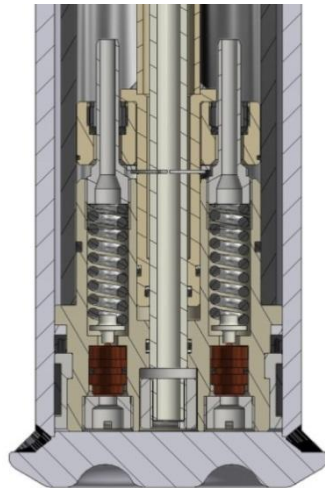
| Parametr                                     | Wartość  |           |
|--|--|-----------|
|  | SHR-700  | SHR-960   |
| Długość minimalna [mm]                       | 700  | 960       |
| Długość maksymalna [mm]                      | 1000   | 1300      |
| Ciśnienie wstępne [MPa]                      | 24   | 24        |
| Ciśnienie robocze [MPa]                      | 47   | 47        |
| Podporność wstępna [kN]                      | 150  | 150       |
| Podporność robocza [kN]                      | 300  | 300       |
| Skok hydrauliczny [mm]                       | 300  | 340       |
| Masa [kg]                                    | 30   | 35        |
| Objętość medium roboczego [dm <sup>3</sup> ] | 2,05   | 2,3       |
| Temperatura stosowania [°C]                  | -15 ÷ +50  | -15 ÷ +50 |
| Medium robocze                               | HYDROMIL SUPER L-HV 32, HYDRAX HLP 32,<br>HYDROL L-HM/HLP 32 |           |



Rys. 5. Stojaki hydrauliczne SHR-700 i SHR-960 [6]

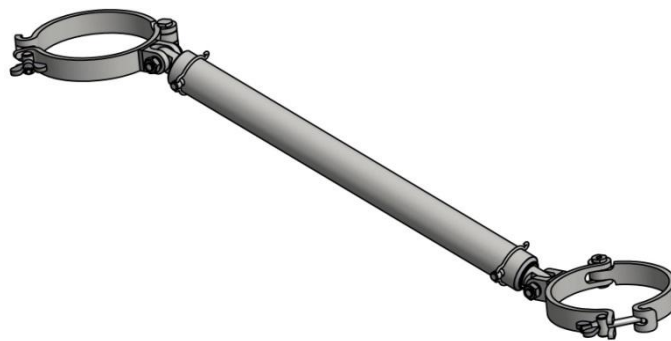
1 - cylinder, 2 - rdzennik kompletny, 3 - dźwignia zespołu tłokowo-pompowego,  
4 - dźwignia rabowania, 5 – stopa, 6 - głowica koronowa

W celu uzyskania wysokiej odporności na obciążenie dynamiczne, w stojaku zastosowano dwa zawory przelewowe, ograniczające podporność roboczą, umieszczone bezpośrednio w tłoku (rys. 6). Konstrukcja zaworów umożliwia, w krótkim czasie, upuszczenie oleju z przestrzeni podtłokowej, bezpośrednio do części zbiornikowej stojaka, omijając mechanizm pompowy.



Rys. 6. Zawory zabezpieczające stojak przed przeciążeniem [4]

Komplet obudowy wyposażono w stabilizatory odrzwi, umożliwiające ich ustawianie w przypadku braku kontaktu ze stropem i braku możliwości wstępnego rozparcia stojaków. Pojedynczy stabilizator składa się z dwóch obejm, zakładanych na stojaki sąsiednich odrzwi, połączonych łącznikiem o zmiennej długości (rys. 7). Długość łącznika regulowana jest w zakresie 427 do 997 mm, z krokiem 30 mm (rys. 8). Ponadto, stropnica może zostać przypięta do głowicy koronowej stojaka uniwersalną opaską zaciskową, co zapobiega jej oderwaniu od głowicy koronowej w przypadku uderzeniu skały w nierozparte odrzwia obudowy.



Rys. 7. Układ stabilizacji odrzwi [opracowanie własne]



Rys. 8. Łącznik układu stabilizacji odrzwi [opracowanie własne]

Dla obu wersji stojaków i kompletnej obudowy zostały wydane certyfikaty zgodności, stwierdzające spełnienie wymagań norm związanych z bezpieczeństwem urządzenia oraz bezpieczeństwem jego użytkowania w atmosferze wybuchowej.

Kompletny zestaw kilku odrzwi obudowy ratowniczej HOR-01 przetestowano w chodniku badawczym Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego w Bytomiu (rys. 9). Testy

potwierdziły łatwość montażu drzwi, funkcjonalność układu pompowego oraz skuteczność układu stabilizacji.



Rys. 9. Obudowa ratownicza HOR-01 w chodniku badawczym [8]

#### 4. Możliwości rozszerzenia zastosowania nowej obudowy ratowniczej

Obudowa ratownicza HOR-01 opracowano z przeznaczeniem dla ratownictwa górniczego, na podstawie konsultacji z doświadczonymi ratownikami górniczymi. Jej stosowanie nie musi być ograniczone tylko do górnictwa. Notuje się bowiem wiele wydarzeń nie związanych z górnictwem podziemnym, a wymagających podjęcia akcji ratowniczej, w której przydatnym elementem może być obudowa HOR-01, jak również jej stojaki. Są to wydarzenia związane np. z katastrofami technicznymi, budowlanymi lub naturalnymi. W prowadzonych akcjach ratowniczych często zachodzi potrzeba podparcia lub uniesienia elementów konstrukcyjnych zawalonych obiektów w celu dotarcia do ofiar uwięzionych pod gruzami. Często nie ma możliwości użycia narzędzi z zasilaniem wymagającym dostarczenia energii zewnętrznej (elektrycznej, hydraulicznej lub pneumatycznej). W takich sytuacjach stojaki SHR obudowy ratowniczej HOR-01 mogą być użyte do podnoszenia i przesuwania ciężkich elementów oraz mogą zapewnić nawet długotrwałe, bezpieczne utrzymanie uniesionych elementów. Tej ostatniej cechy nie posiadają specjalistyczne narzędzia ratownicze typu rozpieraki kolumnowe czy nożycowe. Zespoły ratownicze nie dysponują też większą ilością tego typu narzędzi i nie mogą ich pozostawiać pod uniesionymi przedmiotami. Stojak obudowy HOR-01 dysponuje wysoką podpornością roboczą i wstępną, oraz cechuje się łagodnym zadawaniem podporności wstępnej, co ma duże znaczenie przy współpracy z materiałami kruchymi, występującymi najczęściej w przypadku katastrof budowlanych.

Pompa ręczna zastosowana w stojakach SHR umożliwia precyzyjne dozowanie podporności stojaka, co może być szczególnie pożądane w ratownictwie drogowym lub kolejowym, w przypadku konieczności łagodnego uniesienia elementu pojazdu bądź infrastruktury technicznej.

Kolejnym przykładem możliwości użycia stojaków SHR mogą być akcje ratownicze w górach lub jaskiniach, gdzie najważniejszą cechą sprzętu ratowniczego może okazać się własne, niezależne zasilanie hydrauliczne.



## 5. Podsumowanie

Służby ratownictwa górniczego dysponują szeregiem typów obudowy ratowniczej o bardzo różnych parametrach technicznych. Najbardziej popularne i stosowane w większości akcji w polskim górnictwie, polegających na budowie chodnika ratowniczego, są stojaki Salzgitter. Są to stojaki stare i wyeksploatowane, a ich cechy konstrukcyjne mogą w wielu przypadkach decydować o braku możliwości ich użycia w konkretnych warunkach.

Niezabezpieczona powierzchnia zewnętrzna stojaka Salzgitter, wykonana ze stopu aluminium uniemożliwia jego zastosowanie w atmosferach wybuchowych. Stojaki te nie są także odporne na oddziaływanie dynamiczne, gdyż ich zawory przelewowe (ograniczające ciśnienie), o bardzo małej przepustowości, są umieszczone w strefie stojaka, w której gwałtowny przyrost ciśnienia może nie nastąpić. Olej z przestrzeni podłokowej stojaka jest bowiem doprowadzany do zaworu przelewowego poprzez układ rurek i kanalików o małym przekroju.

W przypadku stojaków obudowy ratowniczej HOR-01 nie występują ww. ograniczenia. Masa stojaków SHR jest zbliżona do masy stojaków Salzgitter, mimo zastosowania w konstrukcji wyłącznie stali. Podporność robocza stojaków SHR jest znacznie wyższa niż podporność stojaków Salzgitter. Ponadto są one odporne na oddziaływanie dynamiczne. Stojaki SHR i obudowa ratownicza HOR-01 posiadają certyfikaty bezpieczeństwa użytkowania w atmosferze wybuchowej. Jest to rozwiązanie kompletne i stanowi nową jakość wśród typów ratowniczej obudowy górnictwa podziemnego.

## Literatura

- [1] Drwięga A.: Zespół urządzeń do wykonywania przekopu ratowniczego. *Maszyny Górnicze* 2015, nr 4 s. 9-15
- [2] Mazurek K.: Koncepcja poprawy bezpieczeństwa stanowiskowego w tunelu ratowniczym. *Przegląd Górniczy* 2012, nr 12 s. 92-99
- [3] Nowak A., Pacześniowski K.: Obudowy chodników ratowniczych stosowane w polskim górnictwie, Materiały na konferencję: Nowoczesne metody i środki utrzymania wyrobisk górniczych. Konferencja naukowo-szkoleniowa, Ustroń, 1-2 czerwca 2006 r. *Prace Naukowe GIG. Konferencje* 2006 nr 51, s. 120-128
- [4] Szyguła M., Mazurek K., Kozłowski B.: Innowacyjna hydrauliczna obudowa dla ratownictwa górniczego. *Maszyny Górnicze* 2015, nr 3 s. 29-35
- [5] Instrukcja: Hydrauliczna obudowa ratownicza HOR-01, W37.011IOR, Wydanie 1. Instytut Techniki Górniczej KOMAG wrzesień 2014 (materiały niepublikowane)
- [6] Instrukcja: Stojak hydrauliczny SHR-700, Stojak hydrauliczny SHR-960, W33.047IOR, W33.048IOR, Wydanie 1. ITG KOMAG, wrzesień 2014 (materiały niepublikowane)
- [7] <http://www.wug.gov.pl/bhp/zdarzenia> (05.06.2018)
- [8] <http://www.tvn24.pl/katowice,51/akcja-w-kopalni-zostalo-ok-25-m-odwiertu-ale-tempo-prac-spadlo,539023.html> (04.05.2015)