

Robert OSTROWSKI
JSW S.A.
ostrowskir25@gmail.com

Jarosław BRODNY
Politechnika Śląska
jaroslaw.brodny@polsl.pl

PODPOZIOMOWA EKSPLOATACJA SZANSĄ DLA PRZEDSIĘBIORSTW PRODUKUJĄCYCH WĘGIEL KAMIENNY

Streszczenie. Zmiany zachodzące w ostatnich latach w polskim górnictwie węgla kamiennego mają także istotny wpływ na warunki prowadzonej eksploatacji i stosowane technologie. Znaczne ograniczenie inwestycji, szczególnie w obszarze robót udostępniających, spowodowało, że wyczerpują się zasoby węgla znajdujące się w obrębie udostępnionych poziomów eksploatacyjnych. Powoduje to, że wkrótce w niektórych kopalniach konieczne może być ograniczenie eksploatacji ze względu na brak dostępu do udostępnionych złóż węgla. Część złóż tych kopalń znajduje się bowiem poniżej obecnego, udostępnionego poziomu eksploatacji. W wielu przypadkach zasoby te są bardzo atrakcyjne z ekonomicznego i technologicznego punktu widzenia. Jednym ze sposobów rozwiązania tego problemu jest wprowadzenie eksploatacji pod poziomowej. Polega ona na wybieraniu pokładów znajdujących się poniżej poziomu udostępnienia. Wiąże się to jednak z wieloma problemami, głównie transportowymi i wentylacyjnymi. W artykule omówiono sposób eksploatacji podpoziomowej oraz przedstawiono aktualną sytuację polskiego górnictwa węgla kamiennego. Omówiono także proces decyzyjny przy wyborze modelu eksploatacyjnego.

Słowa kluczowe: eksploatacja górnicza, podpoziomowa eksploatacja, modele wydobywcze

SUBLEVEL EXTRACTION AS A CHANCE FOR POLISH COAL COMPANIES

Abstract. Recent changes taking place in polish coal mining industry have significant influence on exploitation conditions and implemented technologies. Significant limitations in CAPEX in last years, especially in development work, caused resources depletion within available exploitation levels. This can lead to

risks concerned with reducing coal extraction due to lack of access to coal resources since some of the resources are located below exploitation level. In many cases the coal resources are very beneficial in economic and technological terms. One way of sorting out the problem is to implement sublevel extraction – it assumes extracting the deposit below exploitation level. However, it deals with many different issues in the area of transporting and ventilation. The subject of the article deals with cases of sublevel extraction, presenting current status in polish coal mining sector. The decision process in the area of exploitation model was discussed as well.

Keywords: mining operation, sublevel operation, mining models

1. Wprowadzenie

W latach prosperity górnictwa polskie kopalnie węgla kamiennego przygotowane były do wydobywania węgla na poziomie około dwustu milionów ton rocznie. Taka wielkość wydobywania była możliwa, ponieważ dysponowały one bardzo szerokim frontem eksploatacyjnym. W następstwie zachodzących w Europie i na świecie przemian górnictwo węgla kamiennego musiało poddać się regułom gospodarki rynkowej. Spowodowało to, że eksport węgla przestał być opłacalny, a popyt na rynku wewnętrznym systematycznie ulegał obniżeniu. Było to spowodowane między innymi importem taniego węgla z Rosji, Ukrainy oraz Czech¹. Dodatkowo w sposób istotny rosły jednostkowe koszty wydobywania węgla w kraju. Aby poprawić konkurencyjność, polskie górnictwo węglowe poddano procesowi restrukturyzacji, który miał na celu zmniejszenie wielkości i kosztów wydobywania. Cel ten miał zostać osiągnięty między innymi przez likwidację nierentownych kopalń (częściowej lub całkowitej), ograniczanie zatrudnienia oraz ograniczenie środków finansowych na inwestycje. Działania te spowodowały, że praktycznie zaprzestano prac związanych z udostępnianiem nowych złóż (brak pogłębiania szybów oraz budowy nowych). To z kolei spowodowało, że zmniejszyły się zasoby eksploatacyjne kopalń znajdujące się w udostępnionych rejonach. Ograniczenia inwestycyjne w kopalniach w zakresie prowadzenia prac udostępniających nowe złoża spowodowały, że w wielu przypadkach bardzo atrakcyjne, z ekonomicznego i technologicznego punktu widzenia, pokłady węgla znalazły się poniżej poziomów eksploatacyjnych. Dla niektórych kopalń jedyną szansą na przetrwanie stała się eksploatacja zasobów poniżej udostępnionych poziomów (tzw. eksploatacja podpoziomowa). Prowadzenie takiej eksploatacji wiąże się jednak z wieloma dodatkowymi zagrożeniami oraz problemami w stosunku do eksploatacji niepodpoziomowej (klasycznej). Głównie są to problemy

¹ Turek M. (red.): Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2008.

wentylacyjne i transportowe^{2,3}. Te pierwsze wynikają z faktu, że prace eksploatacyjne prowadzone są w wyrobiskach, które przewietrzane są prądami schodzącymi. Taki sposób wentylacji powoduje, że prąd powietrza płynie z wyżej położonych wyrobisk podziemnych do wyrobisk położonych poniżej poziomu podszybia szybu wdechowego. Taki sposób wentylacji jest szczególnie niebezpieczny w przypadku wystąpienia pożaru oraz dla pokładów o wysokiej metanowości^{4,5}.

Dużym problemem w przypadku prowadzenia eksploatacji podpoziomowej jest także transport materiałów oraz urobku. Wynika on głównie z konieczności transportu maszyn, urządzeń oraz wszelkiego rodzaju sprzętu do wyrobisk podpoziomowych oraz transportu urobku z tych wyrobisk. Również transport załogi do wyrobisk podpoziomowych wymaga odpowiedniej organizacji i sprzętu, gdyż jest znacznie trudniejszy niż w przypadku eksploatacji klasycznej. Oczywiście jest zatem, że eksploatacja podpoziomowa niesie za sobą wiele wyzwań i problemów. Obecnie jednak dla wielu przedsiębiorstw górniczych może stanowić jedyną szansę na szybkie udostępnienie i eksploatację pokładów bez konieczności pogłębiania istniejących szybów czy budowy nowych.

W artykule omówiono obecny stan polskiego górnictwa oraz system eksploatacji podpoziomowej. Scharakteryzowano także proces decyzyjny przy wyborze modelu eksploatacyjnego. Model taki stanowił będzie bowiem podstawę do podejmowania działań, decydujących o dalszej egzystencji wielu, spośród obecnie istniejących, przedsiębiorstw górniczych zajmujących się produkcją węgla kamiennego, dla których wyczerpują się udostępnione zasoby tego surowca.

2. Inwestycje udostępniające w Polskim górnictwie

W początkowym etapie procesu restrukturyzacji polskiego górnictwa węglowego wydobywanie węgla prowadzono z wcześniej udostępnionych pokładów. Istotne zmniejszenie środków na inwestycje w tym okresie nie było zatem zbyt mocno odczuwalne. Wraz z upływem czasu stan ten pogarszał się. Obecnie, coraz bardziej odczuwalne są skutki wieloletnich zaniedbań w tym zakresie, a w szczególności ograniczenia inwestycji w tym obszarze. Udostępnione fronty eksploatacyjne są dla wielu przedsiębiorstw górniczych,

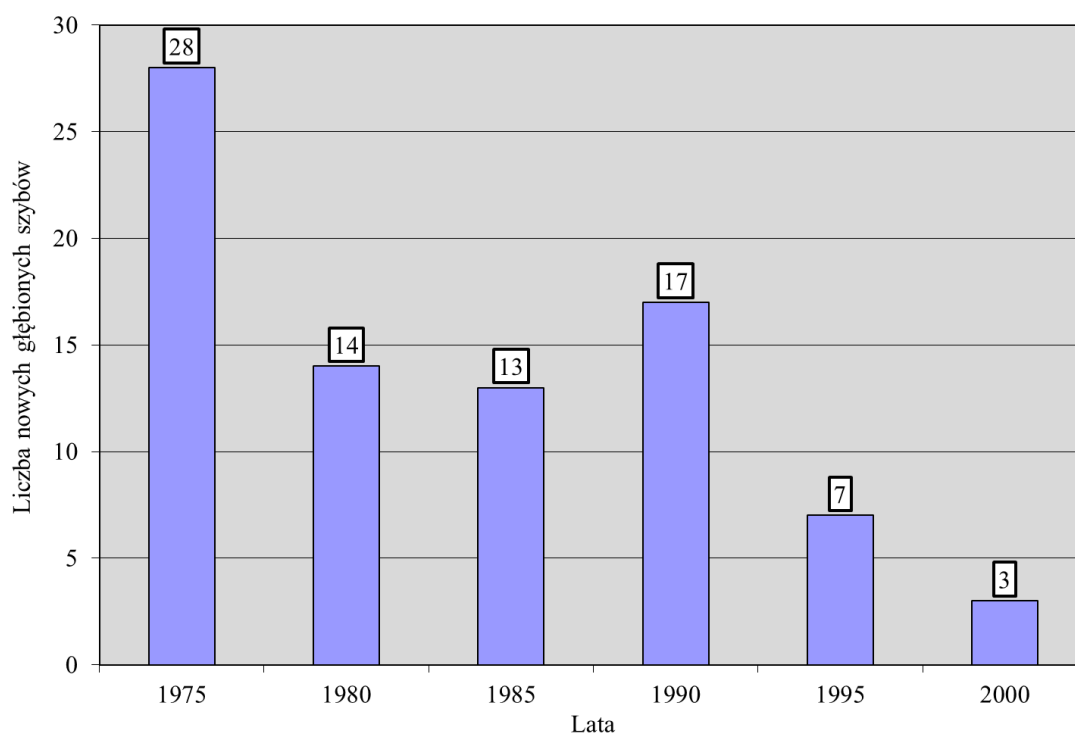
² Konopko W. (red.): Bezpieczne prowadzenie robót górniczych poniżej poziomu udostępnienia złoża w kopalniach węgla kamiennego. Wydawnictwo GIG, Katowice 2008.

³ Trenczek S.: Przewietrzanie prądami schodzącymi powietrza – identyfikacja zagadnień. „Górnictwo i Geologia”, t. 2, z. 2, 2007, s. 65-79.

⁴ Tutak M., Brodny J.: Analysis of Influence of Goaf Sealing from Tailgate On the Methane Concentration at the Outlet from the Longwall. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, No. 95, 2017.

⁵ Tutak M., Brodny J.: Influence of auxiliary ventilation devices on a distribution of methane concentration at the crossing of longwall and ventilation roadway. 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017. Vol. 17, Iss. 13. Albena, Bulgaria 2017, p. 437-444.

zajmujących się produkcją węgla kamiennego, niewystarczające do prowadzenia dalszej efektywnej działalności. W szczególności dotyczy to udostępniających wyrobisk pionowych i poziomych wykonanych w kamieniu. Schodzenie z eksploatacją na coraz większe głębokości, łączenie kopalń oraz wyczerpywanie się już udostępnionych złóż powoduje, że szczególnie odczuwalny jest brak nowych szybów. Również istniejące już szyby coraz częściej nie mogą w pełni spełniać swoich funkcji ze względu na ich za małą głębokość. W celu zobrazowania tego stanu na rysunku 1 zestawiono liczbę wykonanych nowych szybów w polskim górnictwie w latach 1975-2000⁶. Największą liczbę nowych szybów wykonano w latach 1970-1975 (w sumie było ich 28). W kolejnych latach następowało istotne ich zmniejszenie. Ostatnim nowym szybem głębnym z powierzchni był szyb 1 Bzie kopalni Borynia-Zofiówka-Jastrzębie ukończony w 2016 roku.



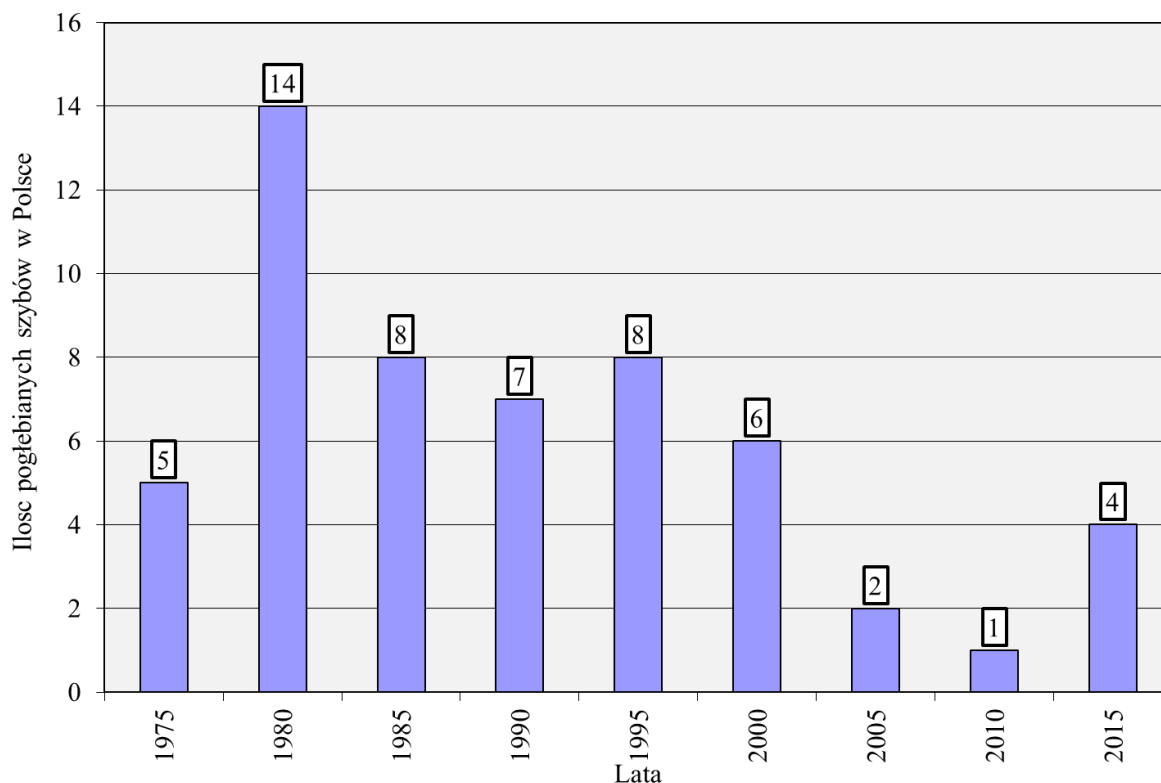
Rys. 1. Liczba wykonanych nowych szybów w polskim górnictwie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Koczwarą J., Wilczok B., Skrzydło A.: Głębnienie oraz pogłębnienie szybów w polskim górnictwie w latach 2000-2017. Materiały konferencyjne. Konferencja TUR, 2017.

Wieloletni brak finansowania prac związanych z tego typu inwestycjami spowodował większe zaangażowanie w pogłębnienie już istniejących szybów. Działania te były konieczne ze względu na schodzenie z eksploatacją do coraz głębiej zalegających pokładów. Potwierdza to zestawienie liczby pogłębnianych szybów w latach 1989-2015 w polskim górnictwie, przedstawione na rysunku 2⁷.

⁶ Koczwarą J., Wilczok B., Skrzydło A.: Głębnienie oraz pogłębnienie szybów w polskim górnictwie w latach 2000-2017. Materiały konferencyjne. Konferencja TUR, 2017.

⁷ Ibidem.

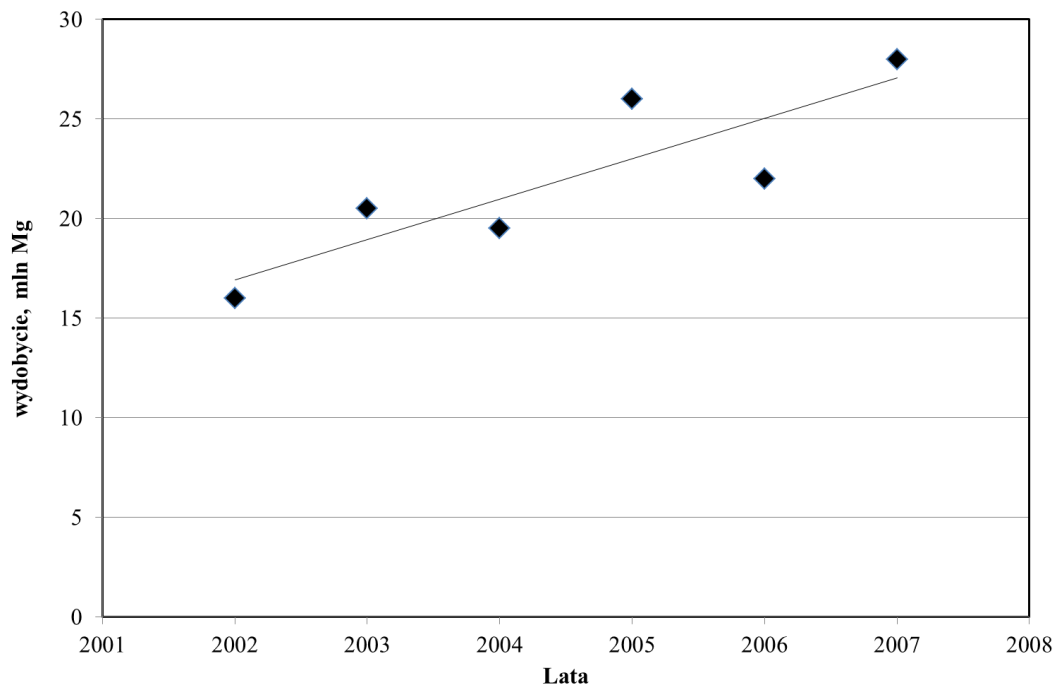


Rys. 2. Liczba pogłębianych szybów w Polsce w latach 1975-2015

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Koczwara J., Wilczok B., Skrzydło A.: Głębienie oraz pogłębianie szybów w polskim górnictwie w latach 2000-2017. Materiały konferencyjne. Konferencja TUR, 2017.

Analiza danych przedstawionych na rysunkach 1 i 2 jednoznacznie wskazuje, że brak inwestycji w górnictwie w ostatnich kilkunastu latach spowodował bardzo istotne zaburzenia w zakresie wykonywania nowych wyrobisk pionowych. Z tego też względu od kilku lat obserwujemy wzrost zaangażowania kopalń w prowadzenie eksploatacji podziemowej, co jest konieczne dla wielu z nich, aby zachować ciągłość produkcji. Mimo wielu zagrożeń, jakie występują przy zastosowaniu tego sposobu prowadzenia eksploatacji, jest on coraz częściej stosowany przez kopalnie. Potwierdza to zestawienie wielkości wydobycia węgla z pokładów podziemnych w latach 2002-2007, przedstawione na rysunku 3⁸.

⁸ Konopko W. (red.): op.cit.



Rys. 3. Ilość węgla wydobytego z pokładów poniżej poziomów udostępniania

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Konopko W. (red.): Bezpieczne prowadzenie robót górniczych poniżej poziomu udostępniania złoża w kopalniach węgla kamiennego. GIG, 2006.

Należy także podkreślić, że oprócz braku inwestycji w zakresie budowy nowych szybów, w latach 1970-2015 w polskim górnictwie węglowym zlikwidowano łącznie 392 szyby. W liczbie tej 24 szyby zamieniono na pompownie stacjonarne lub studnie głębinowe⁹, które przekazano do CZOK-u, w celu zapewnienia bezpieczeństwa pozostałym czynnym kopalniom. Można więc przyjąć, że do utrzymania obecnego wydobycia, a tym bardziej przy jego wzroście konieczne jest podjęcie konkretnych działań w celu budowy nowych szybów i pogłębiania już istniejących. Eksploatacja podziemowa stanowi alternatywne rozwiązanie, ale obecna jej skala wydaje się zbyt duża i w dalszej perspektywie, szczególnie ze względów bezpieczeństwa, powinna ulec zmniejszeniu^{10,11}.

Tempo likwidacji kopalń oraz zmniejszanie wydobycia węgla kamiennego w polskim górnictwie węglowym w latach 1991-2005 było bardzo dynamiczne. Dotychczas w żadnym kraju na świecie proces zmniejszania produkcji węgla nie przebiegał tak szybko jak w Polsce^{12,13,14,15}. Zmiany ilości wydobytego węgla w Polsce w latach 1995-2016 zestawiono na rysunku 4.

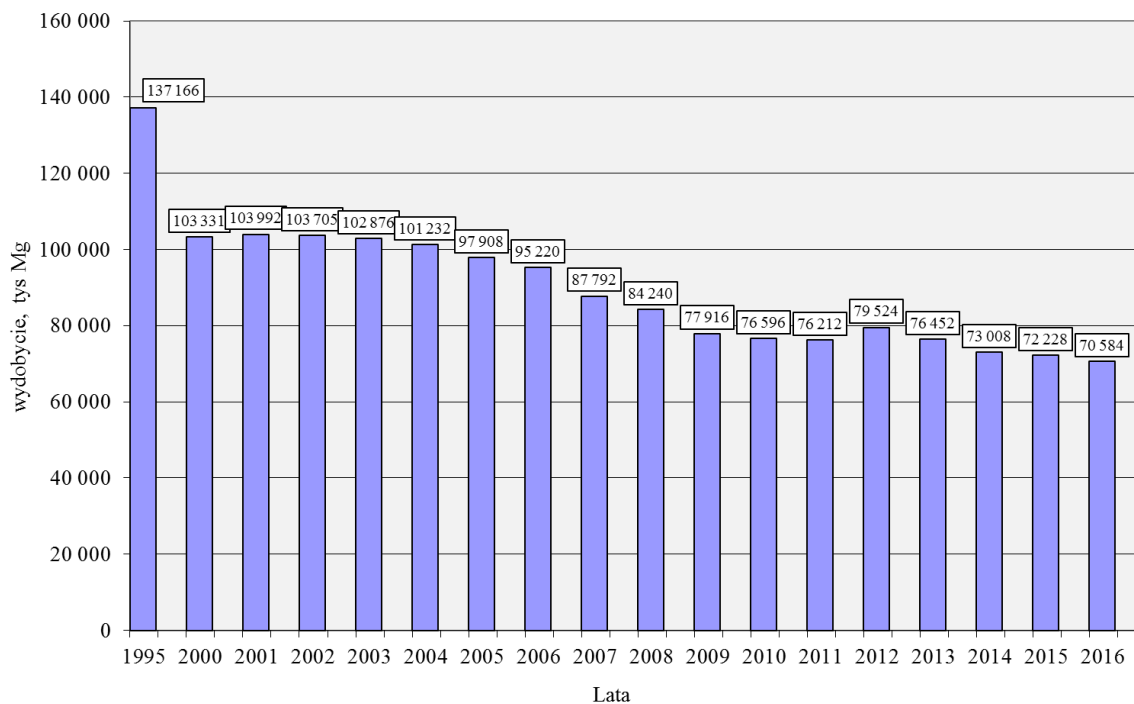
⁹ Czaja P.: Ocena rozwiązań projektowych likwidacji szybów zastosowanych w procesie restrukturyzacji polskiego górnictwa węglowego. „Górnictwo i Geoinżynieria”, Rok 33, z. 3/1, 2009.

¹⁰ Konopko W. (red.): op.cit.

¹¹ Prowadzenie robót eksploatacyjnych poniżej poziomu udostępnienia w polskich kopalniach węgla kamiennego. Opracowanie Wyższego Urzędu Górniczego, Katowice 2007.

¹² Energy Statistics Yearbook 2003, 2012, UN, New York 2006, 2015.

¹³ Produkcja ważniejszych wyrobów przemysłowych w kwietniu 2017 roku, <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/>, 2017.



Rys. 4. Wydobycie węgla w Polsce w latach 1995-2016

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Energy Statistics Yearbook 2003, 2012, UN, New York 2006, 2015.

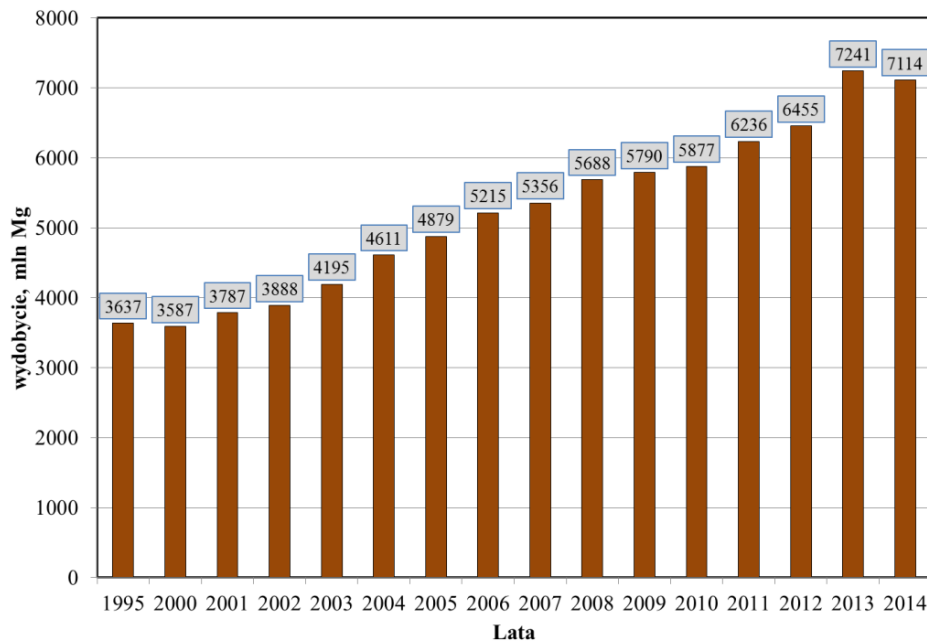
Trend ten potwierdza analiza światowego wydobycia węgla w latach 1995-2015, przedstawiona na rysunku 5^{16,17}. Pokazuje ona, że wszyscy najwięksi producenci węgla (USA, Australia, Chiny, Rosja) w analizowanym okresie zwiększyli swoje wydobycie. Wyjątek stanowi tylko Polska. W tym kontekście zasadne jest pytanie, czy aby gospodarka naszego kraju zbyt szybko nie zaczęła wycofywać się z produkcji węgla, który w dalszym ciągu jest jednym z najistotniejszych surowców energetycznych na świecie?

¹⁴ Produkcja wyrobów przemysłowych w 2015 roku, <http://stat.gov.pl/obszary>, 2015.

¹⁵ United Nations Statistics Division. Monthly Bulletin of Statistics Online, <http://unstats.un.org/unsd/mbs>.

¹⁶ Energy Statistics Yearbook 2003, 2012. UN, New York 2006, 2015.

¹⁷ International Energy Outlook 2016 With Projections to 2040. 2016.



Rys. 5. Światowe wydobywanie węgla w latach 1995-2015

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Coal Information OECD 2016 oraz International Energy Outlook 2016 With Projections to 2040.

3. Charakterystyka eksploatacji podziemnej

Głębień szybów i drążenie wyrobisk przygotowawczych, zwłaszcza w skale, jest procesem kosztownym i czasochłonnym. Zwrot takich inwestycji następuje po wielu latach ich użytkowania. Niskie nakłady inwestycyjne w górnictwo w ostatnich latach spowodowały, że takich inwestycji nie realizowano. Brak wyrobisk udostępniających powoduje, że obecnie, kiedy rośnie zapotrzebowanie na węgiel energetyczny i koksujący, konieczne jest podejmowanie doraźnych działań w celu udostępnienia nowych pokładów takich węgla.

Dlatego, aby szybko i tanio udostępnić front eksploatacyjny, w ostatnich latach pokłady udostępnia się przez drążenie wyrobisk pochyłych z czynnych poziomów. Natomiast prace związane z eksploatacją są prowadzone poniżej poziomu udostępnienia. Kąt nachylenia wyrobisk udostępniających pochyłych, którymi sprowadzane jest powietrze na upad, wynosi zazwyczaj do 10° . Rozpowszechnienie się tego sposobu drążenia wyrobisk wynika z faktu, iż przy większym nachyleniu kierownik ruchu zakładu górniczego może odstąpić od sprowadzania powietrza na upad tylko w przypadkach uzasadnionych warunkami geologiczno-górnictwymi^{18,19,20,21}.

¹⁸ Gisman S.: Ilustrowany górniczy słownik encyklopedyczny, 1955.

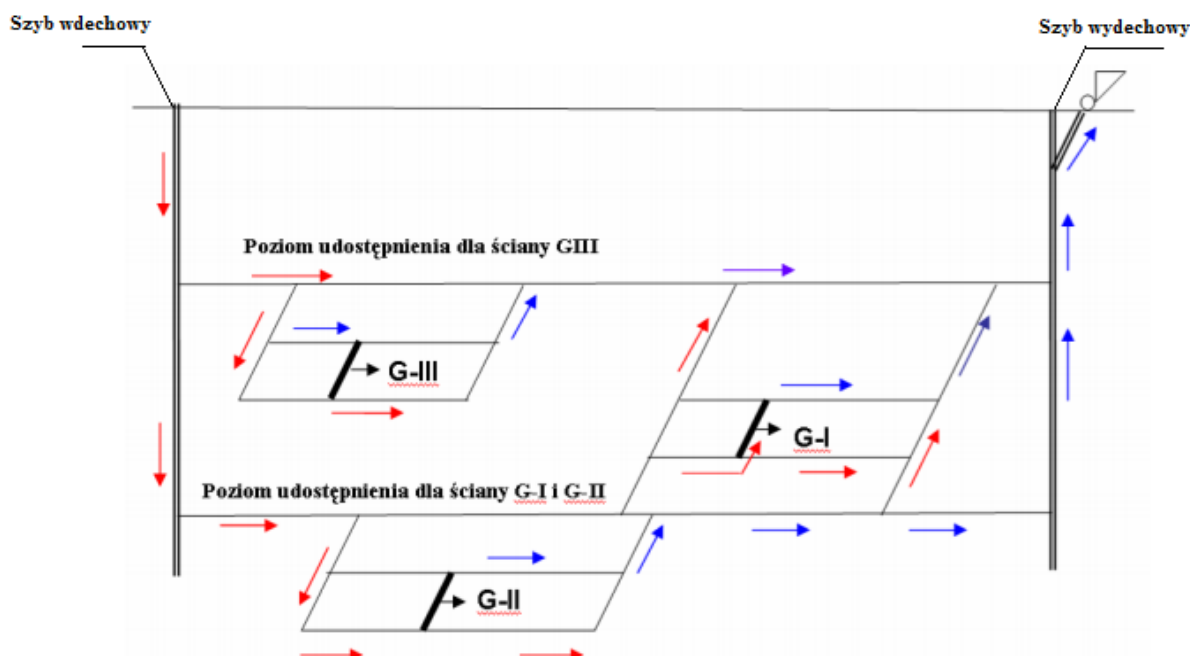
¹⁹ Leksykon górniczy. Wydawnictwo Śląsk, 1989.

²⁰ Konopko W. (red.): op.cit.

²¹ Prowadzenie..., op.cit.

Pojęcie podpoziomu zostało zdefiniowane w *Leksykonie Górniczym*²²: Podpoziom to pole eksploatacyjne poniżej poziomu wydobywczego. W pracy pod red. W. Konopki zdefiniowano natomiast pojęcia eksploatacji podpoziomowej oraz robót podpoziomowych²³. W pracy tej przyjęto, że: „Eksploatacja podpoziomowa – wybieranie złoże z podpoziomu. Roboty podpoziomowe – roboty górnicze na poziomie lub podpoziomie, do przodków których powietrze jest doprowadzane po nachyleniu podkładu”. W publikacji tej zdefiniowano także pojęcie podpoziomu w następującej formie: „Podpoziom – część złoże w kopalni podziemnej usytuowana poniżej najniższego w danej parceli poziomu wydobywczego”.

Aby zrozumieć istotę eksploatacji podpoziomowej, na rysunku 6 przedstawiono schemat rozmieszczenia wyrobisk górniczych przy udostępnianiu trzech przykładowych ścian eksploatacyjnych²⁴. Zgodnie z tym schematem ściany G-II i G-III położone są poniżej poziomu udostępnienia. Ich eksploatacja wymagać będzie przewietrzania prądem schodzącym.



Rys. 6. Schemat sposobów udostępnienia złoże

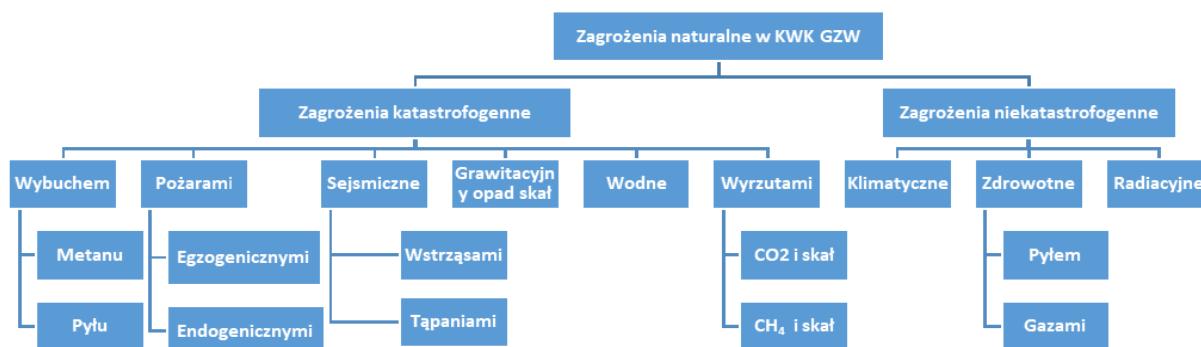
Źródło: Prowadzenie robót eksploatacyjnych poniżej poziomu udostępnienia w polskich kopalniach węgla kamiennego. Opracowanie Wyższego Urzędu Górniczego. Katowice 2007.

W związku z funkcjonowaniem takiego modelu wydobywania uaktywnia się praktycznie większość z zagrożeń, jakie występują w górnictwie podziemnym. Ich ogólny podział przedstawiono na rysunku 7. Jest to związane ze specyfiką takiego sposobu eksploatacji, a głównie z problemami z transportem i wentylacją.

²² Leksykon górniczy..., op.cit.

²³ Konopko W. (red.): op.cit.

²⁴ Ibidem.



Rys. 7. Podział zagrożeń związanych z podziemną eksploatacją górnictwem

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Konopko W. (red.): Bezpieczne prowadzenie robót górniczych poniżej poziomu udostępniania złoża w kopalniach węgla kamiennego. GIG, 2006.

Polskie górnictwo podziemne prowadzone jest w trudnych warunkach geologiczno-górnictwowych. Powoduje to występowanie w nim praktycznie wszystkich zagrożeń naturalnych znanych w światowym górnictwie. Natomiast szczególnie niebezpieczne są te, których przejawy lub zaistnienie zawierają cechy katastrofogenne. Zagrożenia te charakteryzują się z reguły dużą dynamiką. Ilość występujących zagrożeń zależna jest od zastosowanego modelu eksploatacyjnego i intensyfikuje się głównie w wyniku:

- zwiększaniem głębokości wydobywania,
- eksploatacji pokładów o grubości $1,5 > g > 4,5$ m,
- prowadzenia eksploatacji z zawałem stropu.

W tym przypadku zasadne jest stwierdzenie, że eksploatacja podziemna jest kolejnym czynnikiem, który wpływa na intensyfikację tych zagrożeń. Powoduje ona bowiem wydłużenie wszelkich dróg transportowych, a w tym także dróg ucieczkowych. Jest to szczególnie istotne, gdyż kopalnia to praktycznie w 80% przedsiębiorstwo transportowe, co związane jest między innymi z koniecznością:

- transportu załogi do i z miejsc pracy,
- transportu wszelkiego typu materiałów eksploatacyjnych,
- transportu urobku i kamienia,
- transportu wszelkiego typu wyposażenia technicznego, w tym maszyn górniczych.

Od sprawnej organizacji procesu transportowego zależy nie tylko wynik ekonomiczny przedsiębiorstwa górniczego, ale również bezpieczeństwo i efektywność wykonywanych robót. Obecne uwarunkowania rynkowe preferują dużą koncentrację wydobywania. Z tego też względu eksploatacja prowadzona jest systemem ścianowym. To powoduje, że oprócz zapewnienia odpowiedniego zabezpieczenia odstawy urobku z przodków wydobywczych należy zapewnić skuteczny transport materiałów i ludzi. Proces ten obejmuje transport od podszybia do przodków eksploatacyjnych oraz między poszczególnymi poziomami wydobywczymi. Transport dołowy ludzi i materiałów realizowany jest różnymi środkami

transportu, zależnie od warunków i potrzeb danej kopalni. Ogólnie można jednak przyjąć, że w skład infrastruktury transportowej wchodzi: drogi przewozowe, sieć trakcyjna, tabor lokomotywowo i wozowy, dworce osobowe, stacje materiałowe, zajezdnie czy komory obsługi technicznej. W przypadku klasycznej eksploatacji (poziomowej) efektywne zarządzanie tą infrastrukturą tak, aby zapewnić ciągłość procesu produkcyjnego nie należy do łatwych. Natomiast dla podziemnego modelu eksploatacji cały ten system ulega jeszcze większej komplikacji, co powoduje powstanie dodatkowych problemów. Te niekorzystne czynniki i zjawiska są przyczyną nie tylko wzrostu kosztów pozyskiwania węgla, ale również zwiększają stan zagrożenia bezpieczeństwa pracy załogi w takich warunkach. Jest bowiem oczywiste, że np. wydłużając drogi transportowe, aktywizuje się zagrożenia związane z czynnościami wykonywanymi przez pracowników zatrudnionych przy tych pracach.

Jako przykład, który obrazuje ilości transportowanych materiałów do wyrobisk podziemnych, przedstawiono analizę ilości transportowanej obudowy łukowej (do zabezpieczenia wyrobisk korytarzowych) oraz rur do instalacji wodnych dla czterech kopalń. Wyniki tych analiz zestawiono w tabelach 1 i 2. Długość zabudowanych wyrobisk korytarzowych wyznaczono dla średniej podziałki zabudowy wynoszącej od 0,7 do 1 m.

Tabela 1

Zestawienie opuszczanej obudowy łukowej w wybranych kopalniach

Ilość opuszczanej obudowy łukowej, szt.			
Kopalnia A	Kopalnia B	Kopalnia C	Kopalnia D
1	2	3	4
127 002	68 198	94 478	86 607
Wartość średnia, szt.			
94 071			
Długość zabudowanych wyrobisk (łącznie), mb			
14 492-23 560			

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 2

Zestawienie opuszczanych rur w wybranych kopalniach (dla wybranych średnic, mm)

Liczba opuszczanych rur o długości 6m (dla różnych średnic), szt.			
Kopalnia A	Kopalnia B	Kopalnia C	Kopalnia D
Ø 100 – 11 787	Ø 100 – 811	Ø 100 – 3 659	Ø 100 – 3 985
Ø 150 – 2 377	Ø 150 – 6 978	Ø 150 – 4 120	Ø 150 – 4 092
Ø 200 – 615	Ø 200 – 34	Ø 200 – 64	Ø 200 – 512

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie danych przedstawionych w *Produkcja wyrobów przemysłowych w 2015 roku*²⁵ przyjęto, iż na odnowienie infrastruktury dróg transportowych zużywa się około 27% opuszczanej obudowy łukowej. Reszta jest przeznaczona na prowadzenie robót udostępniających złoża. Można przyjąć, że średnio rocznie dla jednego zakładu górniczego wykonuje się od około 10 km do 17 km wyrobisk korytarzowych. Przekłada się to oczywiście na wydłużenie dróg transportowych. Skutkuje to koniecznością zapewnienia dodatkowego

²⁵ Produkcja wyrobów przemysłowych w 2015 roku, <http://stat.gov.pl/obszary>, 2015.

wyposażenia technicznego tych dróg w postaci: środków transportu, wyposażenie wyrobisk oraz środków łączności i innych. Równocześnie wzrasta także liczba pracowników zatrudnionych do obsługi tych urządzeń. Powoduje to powstanie dodatkowych kosztów. Niestety w przypadku braku nowych szybów koszty te są konieczne, a wydłużanie się dróg transportowych jest oczywistym procesem związanym z prowadzeniem eksploatacji podziemnej.

Z danych przedstawionych w pracy *Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie*²⁶ wynika, że najbardziej niebezpieczną kategorią prac w kopalni są te związane z transportem, których konsekwencjami są ofiary śmiertelne lub ciężkie uszkodzenia ciała. Określanie lub oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia niebezpiecznych zdarzeń wywołanych zmianami kilku elementów łącznie, jak to ma miejsce w systemie transportowym kopalni, jest zagadnieniem trudnym i złożonym.

Nie podlega natomiast dyskusji, że transport kopalniany ma bardzo istotny wpływ na zapewnienie ciągłości ruchu przedsiębiorstwa górniczego i jako taki musi być uwzględniany we wszelkiego typu modelach eksploatacyjnych. W przypadku eksploatacji podziemnej, obok już wspomnianej wentylacji, ma fundamentalne znaczenie dla jej efektywności.

Dlatego też niezbędne jest prowadzenie analizy ryzyka transportu kopalnianego. Prawdopodobieństwo aktywizacji zagrożeń w tym obszarze może być wywołane różnymi czynnikami. Najistotniejsze spośród nich to:

- wzrost obłożenia pracą szybów w związku ze zwiększeniem ilości transportowanych materiałów, a tym samym pogarszającymi się warunkami pracy załogi,
- wzrost intensywności pracy w pozostałych eksploatowanych urządzeniach wyciągowych, ze względu na likwidację ponad 300 wyciągów szybowych (powoduje to zwiększenie prawdopodobieństwa wystąpienia sytuacji niebezpiecznej),
- rosnące ceny materiałów powodują przedłużanie czasu ich eksploatacji przez kopalnie, co może wpłynąć na zwiększenie stopnia ich zużycia,
- zwiększenie liczby urządzeń w układzie transportowym,
- zmniejszenie komfortu pracy załóg zatrudnionych przy pracach transportowych (wzrost odległości, wysoka temperatura itp.).

4. Proces decyzyjny przy doborze modelu eksploatacji

Aby podjąć właściwą decyzję co do dalszego sposobu eksploatacji należy rozważyć wszystkie możliwe rozwiązania techniczne, wpływ zagrożeń naturalnych, a także sposób udostępnienia. Błędnie podjęta decyzja w fazie początkowej może negatywnie wpływać

²⁶ Hanzel J. (red.): *Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie*. Monografia Centrum Badań i Dozoru Podziemnego Sp.z o.o., 2012.

w późniejszym czasie na kondycję finansową przedsiębiorstwa górniczego, a w skrajnych przypadkach nawet doprowadzić do jego likwidacji. Dlatego wszelkie procesy decyzyjne w tym zakresie należy poprzedzić przeprowadzeniem pełnej analizy ekonomicznej z wykorzystaniem wcześniej opracowanej analizy technicznej. Wielowariantowa analiza umożliwi opracowanie i wybranie właściwego modelu eksploatacji, co powinno przełożyć się także na większą efektywność całego procesu produkcyjnego.

Po dwudziestu siedmiu latach ciągłej restrukturyzacji przemysłu węglowego, jego potencjał wydobywczy został zredukowany o około 70%. Cały ten proces, z niewielkimi wyjątkami, miał na celu osiągnięcie chwilowych efektów. Skutkiem takich działań było praktycznie całkowite pominięcie inwestycji długoterminowych. Z tego też względu obecne działania w tej branży powinny być nakierowane na zrównoważony i realizowany w znacznie dłuższej perspektywie proces inwestycyjny. Konieczne w tym zakresie jest podjęcie decyzji odnośnie do przejścia odpowiedniego modelu eksploatacyjnego. Musi on skutkować osiągnięciem celów krótkoterminowych oraz długoterminowych, przy jednoczesnym uwzględnieniu specyfiki górnictwa objawiającej się zmiennością cen węgla i dużą konkurencją na rynku. Kluczowe w tym zakresie jest obniżenie kosztów produkcji oraz dywersyfikacja źródeł dochodu (ciepło, metan, woda itp.).

Obecnie, kiedy dla znacznej części kopalń wyczerpują się zasoby klasyczne i konieczne jest sięganie po zasoby podpoziomowe, zasadne staje się opracowanie metodyki doboru modelu eksploatacyjnego. Model ten powinien stać się podstawą do prowadzenia dalszych działań w celu optymalizacji procesu decyzyjnego w zakresie prowadzonej eksploatacji. W działaniach tych bardzo pomocny powinien być kompleksowy program technologicznej i technicznej modernizacji kopalń, bez której osiągnięcie znaczącego obniżenia kosztów będzie praktycznie niemożliwe. Kluczowymi działaniami w tym zakresie powinny być optymalizacja dróg transportowych, zmniejszenie liczby mało efektywnych przodków eksploatacyjnych oraz poprawa efektywności wykorzystania środków technicznych przez przedsiębiorstwa górnicze. Z tym bezpośrednio wiążą się usprawnienie procesów wydobywania oraz poprawa skuteczności zarządzania. Działania te powinny znacząco wpłynąć na uproszczenie modelu kopalni.

Proponowany przez Autorów algorytm działań optymalizujących proces decyzyjny przy wyborze modelu eksploatacji powinien obejmować następujące etapy:

Działanie 1 – opis warunków geologiczno-górnicznych w rejonie udostępnianego złoża:

- warunki geologiczne,
- tektonika,
- rodzaj i jakość kopaliny,
- warunki hydrogeologiczne,
- uwarunkowania górnicze,
- zagrożenia naturalne.

Działanie 2 – wybór modelu udostępnienia złoża:

- podpoziomowy,
- klasyczny, bazujący na pogłębianiu szybu (szybów),
- klasyczny, wykorzystujący nowy szyb (szyby).

Działanie 3 – określenie kosztów profilaktyki.

Działanie 4 – analiza możliwości wykorzystania infrastruktury powierzchniowej (zasilanie, wentylacja, określenie niezbędnych inwestycji i kosztów itp.).

Działanie 5 – opracowanie stosownych projektów:

- projekt rozcinki pokładów,
- projekt eksploatacji pokładów,
- dobór środków technicznych (obudowy, kompleksu ścianowego itp.),
- prognoza oddziaływań eksploatacji na środowisko,
- inne.

Działanie 6 – określenie niezbędnych ciągów technologicznych dla eksploatacji:

- ciąg technologiczny powierzchniowy,
- ciąg technologiczny dołowy.

Realizacja powyższych działań pozwoli na przeprowadzenie analizy przedsięwzięcia. Bardzo istotne znaczenie ma w tym przypadku dobór odpowiedniej metodyki analizy, która uwzględni przyjęte założenia obliczeniowe (ogólne oraz szacunki nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych).

Wyniki analizy finansowej, obliczeń wskaźników efektywności oraz wrażliwości umożliwią przeprowadzenie ostatecznej analizy porównawczej ocenianych modeli udostępnienia. Pozwoli to na wybór optymalnego modelu udostępnienia złoża. Proces ten można także wspomóc analizą opartą na metodzie drzewa decyzyjnego. Jest to graficzna metoda wyznaczania najbardziej optymalnej decyzji oparta na oczekiwanej wartości pieniężnej EMV, w której porównuje się wielkość ryzyka, czyli iloczyn prawdopodobieństwa zdarzenia gospodarczego pomnożony przez koszt lub zysk. Jest to metoda bardzo przejrzysta, ale wiąże się z koniecznością określenia wielkości prawdopodobieństwa dla wszystkich procesów decyzyjnych, co w przypadku eksploatacji górniczej może wymagać dodatkowych informacji. Bardzo istotne znaczenie ma także szerokie zastosowanie narzędzi informatycznych^{27,28,29}. Dzięki nim możliwe jest pozyskanie danych, informacji oraz wiedzy o realizacji procesów produkcyjnych. Pozyskane informacje powinny wspomagać proces decyzyjny.

²⁷ Brodny J., Tutak M., Michalak M.: The use of the TGŚP module as a database to identify breaks in the work of mining machinery. BDAS 2017, p. 441-452.

²⁸ Brodny J., Tutak M., Michalak M.: A Data Warehouse as an Indispensable Tool to Determine the Effectiveness of the Use of the Longwall Shearer. BDAS 2017, p. 453-465.

²⁹ Stecula K., Brodny J., Tutak M.: Use of intelligent informatics module for registration and assessment of causes of breaks in selected mining machines. ISPEM 2017, p.74-84.

Zaproponowany tok postępowania wydaje się optymalnym rozwiązaniem przy doborze i ocenie modelu udostępniania. Przedsiębiorstwo (kopalnia) musi bowiem określić, czy prowadzenie eksploatacji podpoziomowej stanowi szansę dla dalszej jej egzystencji czy może to doprowadzić do jej likwidacji. W tym drugim przypadku powinno się rozważyć także dwa pozostałe rozwiązania, czyli pogłębianie już istniejących szybów lub/i głębianie nowych.

5. Podsumowanie

Tematyka artykułu dotyczy istotnego problemu polskiego górnictwa węgla kamiennego, jakim jest wybór sposobu eksploatacji pokładów zalegających poniżej poziomów udostępnienia. Problem jest dlatego tak istotny, że może decydować o dalszej egzystencji niektórych kopalń. W większości przypadków kopalnie te mają odpowiednie złoża, natomiast problemem jest niedoinwestowanie ich w ostatnich talach, co skutkuje utrudnionym dostępem do tych złóż.

W artykule zaproponowano trzy warianty rozwiązania tego problemu. Pierwszy obejmuje prowadzenie eksploatacji podpoziomowej. Wiąże się on z wieloma zagrożeniami, ale z inwestycyjnego punktu widzenia najszybciej można go wdrożyć. Pogłębianie istniejących szybów wiąże się z kolei z większymi inwestycjami, natomiast z punktu widzenia bezpieczeństwa eksploatacji jest to rozwiązanie korzystniejsze. Budowa nowego szybu, jako kolejny wariant rozwiązania tego problemu, wymaga największych inwestycji, stwarza jednak możliwość bezpiecznej eksploatacji przez bardzo długi okres.

Wybór odpowiedniego rozwiązania, podejmowany najczęściej na poziomie grupy kapitałowej, powinien być poprzedzony bardzo wnikliwą analizą techniczno-ekonomiczną. W artykule zaproponowano metodykę przeprowadzenia takiej analizy. Wybór ostatecznej metody pozostaje jednak w gestii odpowiednich zespołów roboczych powołanych do podejmowania decyzji w tym zakresie.

Autorzy mają nadzieję, że prezentowane przemyślenia umożliwią podjęcie optymalnych decyzji przez zespoły. Jest to o tyle istotne, że w ostatnim okresie obserwujemy duże zainteresowanie węglem, jako surowcem energetycznym. Rosnące ceny i popyt powodują, że zasadne byłoby właśnie teraz zwiększenie wydobycia tego surowca. Umożliwiłoby to poprawę sytuacji ekonomicznej branży i wygenerowało dodatkowe środki, które można by przeznaczyć na inwestycje związane właśnie z udostępnieniem nowych złóż tego surowca.

Bibliografia

1. Brodny J., Tutak M., Michalak M.: A Data Warehouse as an Indispensable Tool to Determine the Effectiveness of the Use of the Longwall Shearer. 13th International Conference Beyond Databases, Architectures and Structures BDAS 2017, Beyond Databases, Architectures and Structures. Towards Efficient Solutions for Data Analysis and Knowledge Representation.
2. Brodny J., Tutak M., Michalak M.: The use of the TGŚP module as a database to identify breaks in the work of mining machinery. 13th International Conference Beyond Databases, Architectures and Structures BDAS 2017, Beyond Databases, Architectures and Structures. Towards Efficient Solutions for Data Analysis and Knowledge Representation.
3. Coal Information OECD, 2016.
4. Czaja P.: Ocena rozwiązań projektowych likwidacji szybów zastosowanych w procesie restrukturyzacji polskiego górnictwa węglowego. „Górnictwo i Geoinżynieria”, Rok 33, z. 3/1, 2009.
5. Energy Statistics Yearbook 2003, 2012. UN, New York 2006, 2015.
6. Gisman S.: Ilustrowany górniczy słownik encyklopedyczny. 1955.
7. Hanzel J. (red.): Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie. Monografia Centrum Badań i Dozoru Podziemnego Sp.z o.o., 2012.
8. International Energy Outlook 2016 With Projections to 2040. 2016.
9. Koczwara J., Wilczok B., Skrzydło A.: Głębień oraz pogłębianie szybów w polskim górnictwie w latach 2000-2017. Materiały konferencyjne. Konferencja TUR, 2017.
10. Konopko W. (red.): Bezpieczne prowadzenie robót górniczych poniżej poziomu udostępnienia złoża w kopalniach węgla kamiennego. GIG, Katowice 2006, 2008.
11. Leksykon górniczy. Wydawnictwo Śląsk, 1989.
12. Produkcja ważniejszych wyrobów przemysłowych w kwietniu 2017 roku, <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/>, 2017.
13. Produkcja wyrobów przemysłowych w 2015 roku, <http://stat.gov.pl/obszary>, 2015.
14. Prowadzenie robót eksploatacyjnych poniżej poziomu udostępnienia w polskich kopalniach węgla kamiennego. Opracowanie Wyższego Urzędu Górniczego, Katowice 2007.
15. Stecuła K., Brodny J., Tutak M.: Use of intelligent informatics module for registration and assessment of causes of breaks in selected mining machines. Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance ISPEM 2017, Advances in Intelligent Systems and Computing, No. 637.

16. Trenczek S.: Przewietrzanie prądami schodzącymi powietrza – identyfikacja zagadnień. „Górnictwo i Geologia”, t. 2, z. 2, 2007.
17. Turek M. (red.): Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2008.
18. Turek M., Jonek-Kowalska I.: Koncentracja przedsiębiorstw przemysłowych. Przyczyny, przebieg, efekty. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
19. Tutak M., Brodny J.: Analysis of Influence of Goaf Sealing from Tailgate On the Methane Concentration at the Outlet from the Longwall. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, No. 95, 2017.
20. Tutak M., Brodny J.: Influence of auxiliary ventilation devices on a distribution of methane concentration at the crossing of longwall and ventilation roadway. 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017. Vol. 17, Iss. 13. Albena, Bulgaria 2017.
21. United Nations Statistics Division. Monthly Bulletin of Statistics Online, <http://unstats.un.org/unsd/mbs>.