

# Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie

10(218)/2012

Miesięcznik Wyższego Urzędu Górniczego

ISSN 2081-4224



W numerze m.in.:

Znaczenie podziemnych magazynów gazu dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego

Porównanie kategorizacji zagrożenia wyrzutami gazów i skał w górnictwie polskim i innych krajów

Studium uwarunkowań emisji gazów ze zlikwidowanych kopalń SW części GZW (część VIII)

Wstępne rozpoznanie ośrodka gruntowo-wodnego zachodniej części Centralnego Zwałowiska Przechlebie z wykorzystaniem metody obrazowania elektrooporowego 2D

# Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie

nr 10(218)/2012

## Spis treści

Maciej Kaliski, Marcin Wojnar, Piotr Janusz Znaczenie podziemnych magazynów gazu dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego <i>Importance underground gas storage facilities in ensuring energy security</i> .....	3
Norbert Skoczylas, Mirosław Wierzbicki Porównanie kategoryzacji zagrożenia wyrzutami gazów i skał w górnictwie polskim i innych krajów <i>Comparison of the risk categories for outbursts of gases and rocks in mining in Poland and other countries</i> .....	11
Ireneusz Grzybek Studium uwarunkowań emisji gazów ze zlikwidowanych kopalń SW części GZW (część VIII) <i>The study of conditions of gases emission from abandoned mines of the south-west part of upper silesian coal basin (poland) (part VIII)</i> .....	18
Arlena Kowalska Wstępne rozpoznanie ośrodka gruntowo-wodnego zachodniej części Centralnego Zwałowiska Przechlebie z wykorzystaniem metody obrazowania elektrooporowego 2D <i>Preliminary examination of the ground and water medium in the western part of the Central Dumping Ground Przechlebie using the 2D resistivity imaging method</i> .....	31
Kronika <i>Chronicle</i> .....	38
To nie powinno się zdarzyć Wypadki, katastrofy <i>This Should not Happen Accidents, Disasters</i> .....	39
Ze świata Fakty - wydarzenia - opinie Górnictwo na świecie <i>World News Facts - Events - Opinions</i> .....	42
<i>World Mining</i> .....	43
Dopuszczenia do stosowania w zakładach górniczych <i>Approvals for Use in Mining Plants</i> .....	44
Normalizacja <i>Standardisation</i> .....	46
Przegląd aktów normatywnych <i>Review of Legislation</i> .....	47
Instrukcja dla autorów <i>Instruction for Authors</i> .....	48
Historia i współczesność górnictwa Adam Frużyński Dzieje pewnej maszyny parowej <i>History and the Present Time of Mining The history of a certain steam engine</i> .....	49

### Szanowni Autorzy,

Uprzejmie informujemy, że począwszy od drugiego półrocza br. publikowane artykuły podlegają procedurom recenzowania i zabezpieczenia oryginalności, zgodnym z wytycznymi MNiSW. W związku z tym, prosimy o przejrzenie tych procedur na naszej stronie internetowej i przekazywanie redakcji materiałów zgodnie z ich wymaganiami.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny / Editor-in-Chief:  
Mirosław Koziura

Z-ca redaktora naczelnego / Deputy Editor:  
Ireneusz Grzybek

Sekretarz redakcji / Co-editor:  
Anna Swinarska-Tadla

Redaktorzy tematyczni / Branch Editors:  
Przemysław Grzesiok, Józef Koczwarą,  
Janusz Malinga, Adam Mirek, Marek Tarabuta,  
Piotr Wojtacha

Redaktor statystyczny / Statistics Editor:  
Iwona Lejdy

Redaktor językowy / Language Editor:  
Marzena Rudnicka

Rada Programowa / Editorial Board:  
Józef Dubiński, Lech Gładysiewicz,  
Andrzej Gonet, Adam Idziak, Wiesław Koziół,  
Tadeusz Majcherczyk, Ryszard Mikosz,  
Czesława Rosik-Dulewska, Józef Sułkowski

Sekretariat / Secretary's office:  
Agnieszka Bednarczyk

Łamanie / Type-setting and make-up:  
Anna Sornek

Druk / Printing:  
Czerny Marian. Firma Prywatna GREG Zakład  
Poligraficzny

Adres redakcji / Editorial office address:  
Wyższy Urząd Górniczy  
ul. Poniałowskiego 31  
40-055 Katowice  
tel./fax: 32 736 17 72  
e-mail: miesiecznik@wug.gov.pl  
internet:  
www.wug.gov.pl/index.php?wydawnictwa/  
miesiecznik\_wug

Nakład / Edition: 750 egz.

Okładka / Cover:  
Szyb jesienią  
Fot. Magdalena Buchta

Wersją referencyjną miesięcznika jest wersja drukowana.

# Inhalt

Maciej Kaliski, Marcin Wojnar, Piotr Janusz

## **Bedeutung der Untergrundgasspeicher für die Gewährleistung der Energiesicherheit..... 3**

Im Artikel wurden die Arten von Untertage-Gasspeichern und ihre Bedeutung für die Gasversorgungssysteme besprochen. Es wurden die zurzeit in der Welt vorhandenen Speicher mit ihrem Speichervolumen sowie maximalen Gasempfangskapazitäten präsentiert. Die Autoren haben die Abhängigkeiten zwischen den Untergrundspeicherstandorten, Gasversorgungsrichtungen sowie der Größe des Gasverbrauchs in den ausgewählten Ländern analysiert.

Norbert Skoczylas, Mirosław Wierzbicki

## **Vergleich der Kategorisierung von Gas- und Gesteinsausbruchsrisiken in polnischem Bergbau und dem Bergbau anderer Länder ..... 11**

Der Artikel präsentiert eine Analyse der Vorschriften in den gewählten Ländern im Bereich der Grundlagen und der Methode der Kategorisierung von Gas- und Gesteinsausbruchsrisiken. Im Ergebnis dieser Analyse hat man festgestellt, dass die Vorschriften in europäischen Ländern und in China ähnlich sind. Diese Ähnlichkeit betrifft das Streben nach einer maximalen Formalisierung der gestellten Kategorisierungsanforderungen zusammen mit der Angabe der angewandten Kriterienparameter und ihrer Werte. Im Gegensatz zu ihnen bleiben die amerikanischen und australischen Gesetze, die eine einheitliche Einstellung zum Ausbruchsrisikomanagement für nicht korrekt halten und nur einen Überblick darüber geben, welche Elemente darin berücksichtigt werden sollen.

Ireneusz Grzybek

## **Studium der Bedingungen der Gasemissionen aus den stillgelegten Bergwerken im südwestlichen Teil des Oberschlesischen Kohlereviers (Teil VIII) ..... 18**

In allen stillgelegten Bergwerken findet eine Emission von Grubengasen statt und die Arten und Konzentrationen dieser Gase hängen u.a. von den Geologie- und Gasvoraussetzungen in dem die Abbauhohlräume umgeben-

den Gebirge ab (die Nullkonzentration von CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub> ist kein Hinweis auf den Mangel an Emissionen, sie weist nur daraufhin, dass in diesen Orten N<sub>2</sub> vorkommt). Diese Voraussetzungen sind der Hauptfaktor, der die Emission von Gasen aus den stillgelegten Gruben bestimmt. Weniger wichtig sind dagegen der Reihe nach: Entwässerung von Bergwerken und die Auswirkung von Belüftung und Demethanation. Ein zusätzlicher Faktor sind die Veränderungen des barometrischen Drucks. Der Ausstoß von Gasen in die Abbauhohlräume bewirkt Druckerhöhung innerhalb von ihnen. Die Beendigung ihrer Entwässerung beschleunigt das noch. Die Demethanation dieser Hohlräume und Lüftung der benachbarten Gruben, sowie das Entweichen von Gasen zur Oberfläche verhindert Gaskompression. Dieses Entweichen erfolgt nach der Druckerhöhung, die es ermöglicht, Strömungswiderstände zu überwinden. Diese Widerstände bestimmt u.a. der Charakter des Deckgebirges der kohletragenden Formationen. Beim Auftreten des Miozändeckgebirges findet der Gasausfluss vor allem durch stillgelegte Schächte statt, wo die Strömungswiderstände u.a. von der Tiefe der Verbindung des Schachtes mit den Abbauhohlräumen abhängig sind und am wichtigsten sind die flachsten Verbindungen. Außerdem fördert der steigende Wasserspiegel die Grubengase in die flacheren Schichten der Abbauräume, dessen Ergebnis eine Veränderung der Zusammensetzung der migrierenden Gase ist.

Arlena Kowalska

## **Ersturkundung eines Grundwassermediums im westlichen Teil der Zentralabraumkippe Przechlebie unter Anwendung der Methode der Elektrofusion-2D-Bildgebung ..... 31**

Die Studie präsentiert die Ergebnisse der geoelektrischen Erkundungsmessungen, die mithilfe der Elektrofusion-2D-Bildgebungsmethode auf dem Gelände der westlichen Umgebung der infolge der Kohleproduktion entstandenen Zentralabraumkippe „Przechlebie“ durchgeführt wurde. Der Zweck der Messungen war es, die Verteilung der Widerstände geologischer Schichten in der Gegend der Abraumkippe zu bestimmen. Die Messergebnisse zeigten eine mögliche Verunreinigung des oberirdischen Gewässers unterirdischer Gewässer mit den in den Abfällen enthaltenen

chemischen Verbindungen, die sich in der geologischen Umwelt ausbreiten.

## **Chronik ..... 38**

*Das sollte nicht vorkommen*

## **Unfälle, Katastrophen ..... 39**

*Aus der Welt*

## **Fakten – Ereignisse – Meinungen..... 42**

## **Bergbau in der Welt ..... 43**

## **Zulassungen zur Anwendung in Bergwerken ..... 44**

## **Normung ..... 46**

## **Übersicht der Normen ..... 47**

## **Hinweise für die Autoren ..... 48**

*Geschichte und Gegenwart des Bergbaus*

Adam Frużyński

## **Geschichte einer gewissen Dampfmaschine..... 49**

## Содержание

Мачей Калиски, Марчин Войнар,  
Пётр Януш  
**Значение подземных  
хранилищ газа для  
обеспечения энергетической  
безопасности** ..... 3

В статье рассматриваются типы ПХГ и их значение для газовых систем. Представлены хранилища, функционирующие в мире в настоящее время, с указанием их емкости хранения и максимальной выходной мощности газа. Представлен анализ зависимости между местоположением ПХГ, направлениями газоснабжения и объемом расхода газа в отдельных странах.

Норберт Скочилас, Мирослав  
Вежбицки  
**Сравнение категоризации  
угроз выброса газов  
и скальной породы  
польской и зарубежных  
горнодобывающих  
отраслей** ..... 11

Данная статья представляет анализ предписаний в отдельных странах, касающихся основ и методов классификации угроз выброса газа и скальной породы. В результате анализа было установлено, что предписания в странах Европы и Китая сходны. Сходство проявляется в стремлении к максимальной формализации требований категоризации, включая указание используемых параметров-критериев и их значений. В оппозиции к ним находятся американские и австралийские нормы, которые считают такой унифицированный подход к управлению угрозами выброса несоответствующим, указывая исключительно ориентировочно, какие элементы должны быть приняты во внимание.

Иренеуш Гжибек  
**Изучение причин выброса  
рудничных газов в  
заброшенных шахтах  
центрально-восточной части  
Верхнесилезского угольного  
бассейна (часть VIII)** ..... 18

Выброс рудничных газов имеет место во всех заброшенных шахтах, а их тип и концентрация зависят, среди прочих факторов, от геологических и газообразующих условий окружающей горной массы (нулевая концентрация  $CH_4$  и  $CO_2$

не свидетельствует об отсутствии выбросов, указывая, что в этих местах выходит только  $N_2$ ). Эти условия являются основным фактором, определяющим выброс рудничных газов из закрытых шахт. Менее важными факторами являются, по очереди: обезвоживание шахт и влияние вентиляции и удаления метана. Дополнительным фактором являются изменения барометрического давления. Выделение газов в выработки приводит к увеличению давления внутри них. Ускоряет процесс завершение дренажа (обезвоживание). Сжатие газов противостоит деме-танализация выработок и вентиляция соседних шахт, а также выход газа на поверхность. Такой выход имеет место после увеличения давления, что позволяет преодолеть сопротивление потока газа. Сопротивление определяется характером вскрыши угленосных формований. В присутствии вскрышных пород миоценового характера выход газа имеет место в основном через заброшенные шахты, в которых сопротивление потоку зависит, среди других факторов, от глубины соединения шахты с выработками, а самыми важными соединениями являются самые близкие к поверхности. Кроме того, повышение уровня грунтовых вод перемещает рудничные газы на более близкие к поверхности партии выработок, результатом чего являются изменения в составе мигрирующих газов.

Арлена Ковальска  
**Начальная диагностика  
почвенно-водного ресурса  
в западной части  
Центрального отвала  
Пшезхлебе  
с использованием метода  
электрического  
зондирования 2D** ..... 31

В статье представлены результаты разведки с помощью геоэлектрических измерений, выполненных методом электрического зондирования 2D на территории западного округа центрального отвала пустой породы от добычи угля „Пшезхлебе”. Цель измерений состояла в определении распределения сопротивления геологических слоев вблизи отвала. Результаты измерений указывают на возможное загрязнение приповерхностного слоя грунтовых вод химическими соединениями, содержащимися в отходах, которые распространяются на геологическую среду.

**Хроника** ..... 38

*Это не должно было случиться*  
**Несчастные случаи,  
катастрофы** ..... 39

*В мире*  
**Факты – события – оценки**... 42  
**Горнодобывающая  
промышленность в мире** ..... 43

**Разрешения на допуск  
к применению на горных  
предприятиях** ..... 44

**Стандартизация** ..... 46

**Обзор нормативных актов** ... 47

**Указания для авторов** ..... 48

*История и современность  
горной промышленности*  
Адам Фружиньски  
**История одной паровой  
машины** ..... 49

# Znaczenie podziemnych magazynów gazu dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego

## 1. Pojęcie bezpieczeństwa energetycznego

Podstawowa misja każdego państwa sprowadza się do zapewnienia jego obywatelom bezpieczeństwa we wszystkich dziedzinach życia. Zwykle pod pojęciem bezpieczeństwa rozumiane jest zapewnienie bezpieczeństwa militarnego oraz bezpieczeństwa wewnętrznego, których atrybutami są wojsko oraz służby wewnętrzne. Ich zadaniem jest zapewnić bezpieczeństwo fizyczne obywatelom. Mając na uwadze złożoność i wieloznaczność pojęcia „bezpieczeństwo” oraz zadania państwa w tym zakresie, wszystkie zadania i obowiązki państwa są szczegółowo regulowane w przepisach prawa. Poszczególne kraje Europy, w tym Polska, poczyniły już niezbędne działania w celu zapewnienia swoim obywatelom bezpieczeństwa militarnego oraz bezpieczeństwa wewnętrznego, koncentrując się obecnie na zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego. Przy stałym rozwoju gospodarczym, technologicznym i społecznym dostęp do nośników energii jest jednym z głównych elementów, zapewniających stały i stabilny rozwój państw i społeczeństw. Ostatnio pojęcie bezpieczeństwa energetycznego jest dość często używane, czasami można odnieść wrażenie, że jest ono nadużywane. Bezpieczeństwo energetyczne w zakresie sektora gazowego zostało zdefiniowane zarówno na poziomie krajowym – przez poszczególne państwa, jak i przez organizacje ponadnarodowe.

### TREŚĆ:

W artykule omówiono typy PMG i ich znaczenie dla systemów gazowniczych. Przedstawiono magazyny obecnie funkcjonujące w świecie, podając ich pojemności magazynowe oraz maksymalne moce odbioru gazu. Przeanalizowano zależności pomiędzy lokalizacjami PMG, kierunkami dostaw gazu oraz wielkością jego zużycia w wybranych krajach.

### SŁOWA KLUCZOWE:

gaz ziemny, bezpieczeństwo energetyczne, magazyny gazu

Znaczenie bezpieczeństwa energetycznego wynika ze szczególnej roli surowców energetycznych we współczesnym świecie. Rola ta ukierunkowana jest z jednej strony poziomem cywilizacyjnym i rozwojem technologicznym, a z drugiej faktem ograniczonej ilości zasobów oraz ich nierównomiernym rozmieszczeniem w poszczególnych regionach świata. Transport surowców energetycznych stwarza sytuację zależności od ich dostaw, związaną ze sprawnością środków transportu oraz okolicznościami towarzyszącymi przemieszczaniu się surowca. Stąd też, surowce energetyczne należy traktować jako towar strategiczny w wymiarze politycznym i gospodarczym, a więc jako istotny element szeroko pojętego bezpieczeństwa państwa. Omawiając zagadnienie bezpieczeństwa energetycznego należy mieć na uwadze, że jest to pojęcie bardzo złożone. Do głównych jego składowych zaliczyć należy: pewność dostaw, ekonomię, warunki polityczno-społeczne oraz ochronę środowiska [6]. Na rysunku 1 przedstawiono główne składowe bezpieczeństwa energetycznego oraz ich cząstkowe.



Rys. 1. Składowe bezpieczeństwa energetycznego, wg [6]

Fig. 1. Components of the energy security, acc. to [6]

Analizując pojęcie bezpieczeństwa energetycznego możemy rozróżnić jego trzy główne składniki [3]:

- bezpieczeństwo techniczne – infrastruktura techniczna gospodarki energetycznej państwa jest wystarczająca, niezawodna, dobrze eksploatowana i nie stwarza zagrożeń dla bezpieczeństwa energetycznego,
- bezpieczeństwo polityczne – dostęp do źródeł energii, dróg transportowych i urządzeń przetwarzających energię nie jest zagrożony,
- bezpieczeństwo technologiczne – zachowane są standardy jakości energii, gospodarka wykorzystuje nowe technologie i nowe źródła energii, badania naukowe i wdrożenia zapewniają dostęp do nowych technologii, kształcone są odpowiednie kadry dla potrzeb sektora energetycznego.

Ze względu na zróżnicowanie form energii oraz stopnia ich użycia w poszczególnych sektorach gospodarki, zagadnienie bezpieczeństwa energetycznego należy rozpatrywać w ujęciu sektorowym. W Polsce ma miejsce znaczne zróżnicowanie bezpieczeństwa dostaw poszczególnych surowców energetycznych.

Stan bezpieczeństwa energetycznego jest wynikiem zależności między zagrożeniem a zdolnością do obrony przed skutkami tego zagrożenia. Dla oceny bezpieczeństwa energetycznego należy dokonać porównania zbioru zagrożeń bezpieczeństwa energetycznego ze zbiorem środków obrony. Bezpieczeństwo może być zagrożone poprzez zdarzenia, zjawiska, procesy polityczne, społeczne i ekonomiczne o różnym charakterze [3, 6]:

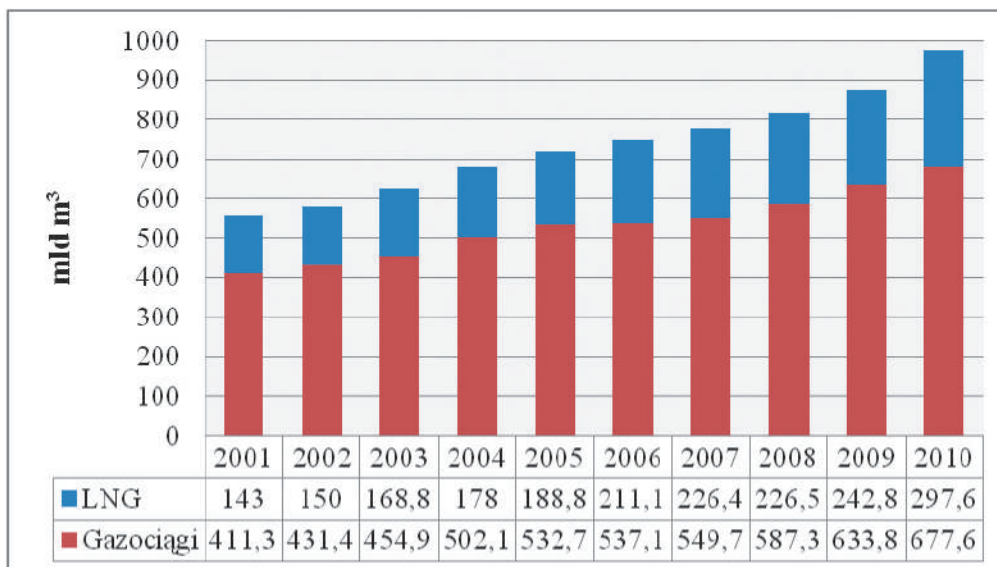
- występujące długotrwale o charakterze deterministycznym, znane i opisane,
  - zdarzenia powtarzalne o charakterze losowym, możliwe do opisanego (awarie elementów systemu technicznego),
  - nowe zdarzenia o charakterze losowym lub intencjonalnym, jednorazowe,
  - zdarzenia intencjonalne, planowane przez sprawców (działania polityczne, sabotaż i terroryzm).
- Środki obrony przed zagrożeniami mogą natomiast mieć charakter [3]:
- prewencyjny – powodują zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia,

– interwencyjny – w razie wystąpienia zdarzenia powodują zmniejszenie skutków zdarzenia.

## 2. Światowe zapotrzebowanie na energię

Światowe zapotrzebowanie na energię pierwotną cechuje stała tendencja wzrostowa. W 2010 r. zapotrzebowanie to wynosiło 12 002 Mtoe. Potrzeby energetyczne świata pokrywane są głównie przez kopalne nośniki energii pierwotnej, których udział w 2010 r. wyniósł 87,0% (ropa naftowa – 33,6%, gaz ziemny – 23,8%, węgiel – 29,6%), oraz przez energię atomową – 5,2%, i źródła odnawialne – 1,3%. W przypadku Unii Europejskiej zapotrzebowanie na energię pierwotną w 2010 r. wyniosło 1732 Mtoe i na przestrzeni ostatnich 10 lat utrzymuje się na ustabilizowanym poziomie. Do głównych nośników energii zużywanych w UE należą: ropa naftowa – 38,2%, gaz ziemny – 25,6%, węgiel – 15,6%, energetyka atomowa – 12%, energetyka wodna – 4,8%, oraz źródła odnawialne – 3,9% [1]. Jednym z głównych paliw pokrywających zapotrzebowanie na energię jest gaz ziemny. Wynika to między innymi z wielkości światowych zasobów tego paliwa, jak i z jego walorów ekologicznych. Jednakże, w wyniku rozlokowania zasobów gazu ziemnego znaczna większość państw, w celu pokrycia własnego zapotrzebowania na ten surowiec, zmuszona jest do jego importu. Należy również dodać, że dzięki rozwojowi technologii LNG w ostatnich latach regionalne rynki gazu ziemnego zostały zintegrowane, w wyniku czego utworzony został jeden światowy rynek gazu ziemnego. Na rys. 2 przedstawiono ilość i sposób transportu gazu ziemnego na świecie w ostatnich 10 latach.

Biorąc pod uwagę nierównomierności w zużyciu gazu ziemnego, spowodowane wahaniami sezonowymi (okresy: wiosna–lato oraz jesień–zima), oraz przeciwdziałanie ewentualnym zakłóceniom w dostawach tego paliwa, niezbędne stało się gromadzenie nadwyżek gazu w okresach, kiedy jego zużycie małało (wiosna–lato), aby móc pokryć niedobory w okresach charakteryzujących się zwiększonym zużyciem (jesień–zima) lub w wypadku przerw w jego dostawach. W początkowym okresie rozwoju branży gazowniczej nadwyżki gazu ziemnego



Rys. 2. Ilość oraz sposób transportu eksportowanego gazu ziemnego w okresie od 2001 do 2010 r., opracowano na podst. [1]

Fig. 2. Quantity and the way of transport of the exported natural gas in the period from 2001 to 2010, prepared on the base of data from [1]

magazynowano w metalowych magazynach naziemnych. Pierwszy tego typu magazyn, o pojemności kilkudziesięciu tysięcy metrów sześciennych, mający na celu magazynowanie gazu dla przemysłu, został wybudowany w okolicach Chicago (USA) w połowie XIX wieku [7].

Biorąc pod uwagę, że magazyny naziemne posiadają pewne ograniczenia, między innymi ograniczoną pojemność w stosunku do zapotrzebowania na gaz oraz konieczność zapewnienia właściwych warunków bezpieczeństwa eksploatacji, podjęto prace mające na celu umożliwienie magazynowania większych ilości gazu. Wynikiem tych prac była koncepcja magazynowania gazu ziemnego w strukturach geologicznych. W 1915 roku, w Kanadzie wybudowano pierwszy na świecie podziemny magazyn gazu ziemnego (PMG) w szcerpanym złożu. Kolejnym podziemnym magazynem w szcerpanym złożu był PMG Zoar-Erie, zbudowany w 1915–1916 r. w pobliżu Concord w stanie Nowy Jork (USA). Pojemność całkowita tego magazynu wynosiła 62 mln m<sup>3</sup>. Pierwszy PMG w strukturach zawodnionych został wybudowany także w USA, w 1946 roku, w zawodnionym, wyeksploatowanym złożu gazu ziemnego. Rozwój podziemnego magazynowania gazu w Europie nastąpił w II połowie XX wieku. Pierwszy PMG w Europie powstał w roku 1954 w Polsce (PMG Rostoki). Był to magazyn w szcerpanym złożu gazu ziemnego. Natomiast w 1956 r., we Francji powstał pierwszy w Europie PMG w strukturze zawodnionej [7].

Podziemne magazyny gazu można podzielić na następujące rodzaje obiektów [8]:

- w szcerpanych złożach gazu ziemnego lub ropy naftowej,
- w warstwach wodonośnych (*aquifer*),
- w kawernach solnych lub grotach skalnych,
- w wyeksploatowanych kopaniach węgla kamiennego lub soli kamiennej.

Każdy PMG charakteryzowany jest przez następujące parametry techniczne:

- pojemność czynna – jest to ilość gazu, jaka jest możliwa do załoczenia do magazynu pomiędzy minimalnym a maksymalnym ciśnieniem pracy; pojemność ta jest możliwa do odbioru w czasie eksploatacji magazynu,

- pojemność buforowa – jest to ilość gazu, która przez cały czas istnienia magazynu znajduje się w nim,
- pojemność całkowita – jest to suma pojemności czynnej i buforowej,
- maksymalne i minimalne ciśnienie pracy – w przypadku podziemnych magazynów w szcerpanych złożach wartość maksymalnego ciśnienia pracy jest uwarunkowana początkowym ciśnieniem złożowym,
- maksymalne natężenie poboru gazu – jest to maksymalna ilość gazu, jaką można odebrać z magazynu w jednostce czasu.

**PMG w szcerpanych złożach gazu.** Jest to najbardziej rozpowszechniony rodzaj PMG. Spowodowane jest to tym, że szcerpane złoża gazu posiada na ogół przygotowaną infrastrukturę zarówno do załoczenia gazu, jak i do jego odbioru: siatka odwiertów, system przygotowania gazu do transportu. Utworzenie tego typu magazynu wymaga więc stosunkowo najmniejszych nakładów. Planując budowę PMG w szcerpanym złożu, należy optymalnie wybrać czas przerwania wydobywania ze złoża. Wybranie tego momentu w sposób właściwy znacznie skraca okres budowy magazynu oraz zmniejsza nakłady poniesione na budowę [7, 8].

**PMG w warstwach wodonośnych.** Możliwość utworzenia podziemnego magazynu gazu ziemnego w warstwie wodonośnej (*aquifer*) istnieje tylko wówczas, gdy są spełnione dwa podstawowe warunki geologiczne:

- warstwa, do której będzie się właczać gaz, jest zbudowana ze skał o dużej porowatości (piasku, piaskowca),
- nad warstwą porowatą znajduje się nieprzepuszczalny nadkład, zapobiegający „ucieczce” magazynowanego gazu.

Gaz właczany do warstwy porowatej wypycha z niej wodę, która wraca w miarę późniejszego pobierania gazu. Granica zetknięcia gazu z wodą przesuwają się więc, a „ruchoma” woda zamyka i uszczelnia magazyn (także od spągu, czyli dolnej płaszczyzny ograniczającej warstwę magazynującą).

Objętość gazu, jaką można maksymalnie zmagazynować, zależy od objętości i porowatości warstwy oraz od temperatury i średniego ciśnienia, pod którym gaz

ma być magazynowany (ciśnienie zmienia się podczas wtlaczania, czy odbioru gazu). Warstwy wodonośne posiadają jeden z niepodważalnych walorów – poziom magazynowy posiada doskonale własności zbiornikowe, a obiekty te znajdują się dość często w bliskim sąsiedztwie dużych odbiorców lub dużych miast i aglomeracji miejskich [7, 8].

**PMG w kawernach solnych.** Magazynowanie gazu ziemnego w tego typu magazynach odbywa się w kawernach (komorach) wykonanych w złożu soli. Wyługowanie kawern magazynowych na gaz ziemny w złożu soli kamiennej nie zawsze jest możliwe. Aby wykonanie kawern było możliwe, złożo powinno spełniać określone warunki geologiczne, w tym posiadać odpowiednią formę, wielkość i głębokość zalegania, oraz odpowiedni skład soli. Technologia eksploatacji podziemnych magazynów gazu ziemnego w złożach soli jest złożona i specyficzna, praca instalacji naziemnej musi być odpowiednio skorelowana z geofizycznymi warunkami pracy komór podziemnych. Ponadto, natężenie poboru dobiera się w taki sposób, aby podczas odbioru gazu nie mogły zaistnieć warunki umożliwiające osadzanie się hydratów. Pomimo że przepustowość orurowania odwiertu jest duża, to jednak wykorzystuje się ją tylko częściowo – w takim stopniu, aby nie zagrażało wytworzenie się hydratów. Ze względu na swoją specyfikę, magazyny gazu w kawernach solnych charakteryzują się znacznie większymi natężeniami odbioru gazu niż wyżej wymienione typy PMG oraz posiadają jeden z niepodważalnych walorów – mogą spełniać rolę szczytowych magazynów gazu. Ponadto, tego typu magazyny kawernowe umożliwiają uzyskanie dużych pojemności magazynowych przy zajęciu niewielkiej powierzchni terenu. Kawerny solne są też bardzo dyspozycyjne, można wielokrotnie w ciągu roku zatłaczać do nich i odbierać z nich gaz.

Praktycznie, kawerny solne mogą być uzupełnieniem dla innych typów PMG. Mogą służyć do pokrywania krótkotrwałych bardzo dużych deficytów gazu, możliwych np. w razie awarii systemu gazociągów przesyłowych. Potrzebna jest wtedy odpowiednia dyspozycyjność PMG, tj. możliwość łatwego uzyskania bardzo dużego natężenia odbioru gazu z magazynu. Warunki takie spełniają podziemne magazyny gazu w kawernach. Magazyny tego rodzaju można również dostosować do pracy rewersyjnej w krótkich cyklach [7, 8].

**PMG w wyrobiskach górniczych.** Podziemne magazyny gazu ziemnego są również (jednak bardzo rzadko) budowane w wyeksploatowanych wyrobiskach górniczych i w tzw. pustkach skalnych. W przypadku tego rodzaju PMG zasadnicze znaczenie ma szczelność i organizacja stałej kontroli szczelności. Podziemne magazynowanie gazu w wyrobiskach górniczych lub grotach w naturalnym środowisku ma bardzo ograniczony zasięg. Pojedyncze tego typu magazyny występują tylko w niektórych krajach i wykorzystywane są praktycznie lokalnie [7, 8].

Podziemne magazyny gazu w szcerpanych złożach i w warstwach wodonośnych zalicza się do obiektów typu porowego i porowo-szczelinowatego, w których decydującą rolę (np. dla wydajności otworów) odgrywają czynniki geologiczne. W obiektach typu porowego największym ograniczeniem w procesie odbioru gazu jest samo złożo. Przy zastosowaniu dużych depresji zbliżonych do tzw. „granicznych”, przy wykorzystaniu walorów budowy geologicznej, specyfiki i optymalnej strefy złoża, można jednak uzyskać dużą wydajność i dużą moc PMG. W podziemnych magazynach gazu

w kawernach solnych i w wyrobiskach górniczych istotną rolę odgrywają natomiast aspekty techniczne, ponieważ ograniczenie występuje nie po stronie złoża – kawerny magazynowej, czy wyrobiska górniczego lub groty w naturalnym środowisku, lecz w dużym stopniu zależy od ograniczonej możliwości i przepustowości wyposażenia odwiertu i instalacji napowierzchniowych. W tych obiektach występują w zasadzie ograniczenia natury technicznej [7, 8].

Współcześnie podziemne magazyny gazu spełniają następujące funkcje [9]:

- strategiczna rezerwa na wypadek przerwania dostaw (dotyczy to zwłaszcza krajów silnie uzależnionych od importu),
- sezonowe równoważenie obciążeń w celu zaspokojenia szczytowego zapotrzebowania,
- umożliwienie bilansowania dobowego,
- arbitraż cen gazu, czy handlowa optymalizacja wahań cen gazu,
- ogólna optymalizacja funkcji całego systemu, w tym ułatwienia dla transakcji wymiennych gazu typu „swap”,
- podtrzymywanie przesyłu poprzez niwelowanie lokalnych ograniczeń przepustowości systemu lub krytycznych dopuszczalnych wielkości ciśnień.

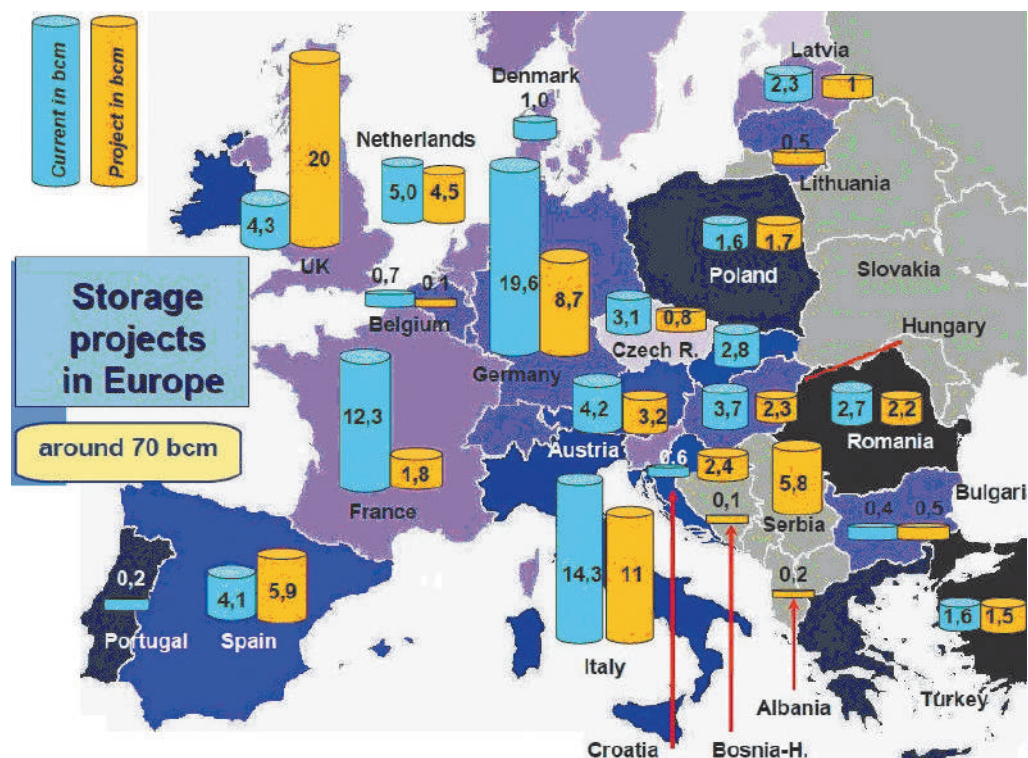
PMG odgrywają ważną rolę w zapewnieniu ciągłości dostaw gazu w normalnych warunkach (pobory szczytowe lub sezonowe), jak też w wyjątkowych i kryzysowych sytuacjach, spowodowanych przerwami w dostawach gazu lub okresowym brakiem gazu na rynku. Magazyny gazu stanowią istotną część systemu gazowniczego w każdym kraju. Podziemne magazyny gazu ziemnego w wielu krajach są ponadto eksploatowane jako rezerwa strategiczna, zabezpieczająca przed ewentualną niepewnością dostaw gazu z importu.

### 3. Podziemne magazyny gazu ziemnego na świecie

Mając na uwadze rolę podziemnych magazynów gazu w zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego, zaobserwować można systematyczny wzrost wielkości pojemności magazynowej. W 2006 r. funkcjonowało na świecie 610 podziemnych magazynów gazu, których czynna pojemność wynosiła 319 mld m<sup>3</sup>, co stanowiło 11,2% zużycia gazu ziemnego w tymże roku. Natomiast w 2010 r. eksploatowano już 642 podziemne magazyny gazu, których pojemność czynna wynosiła 333 mld m<sup>3</sup> – tj. 10,5% światowego zużycia gazu ziemnego. Zgodnie z obecnymi planami inwestycyjnymi do 2020 r. wielkość pojemności czynnej powinna przyrastać w tempie 3,3% rocznie. Planowane jest, że w 2020 r. eksploatowanych będzie 760 podziemnych magazynów gazu, których łączna pojemność czynna wynosić będzie około 465 mld m<sup>3</sup> [4, 5]. Na rysunku 3 przedstawiono pojemności czynne podziemnych magazynów gazu w wybranych państwach Europy oraz perspektywę ich rozbudowy.

W tabeli 1 przedstawiono liczbę i rodzaje podziemnych magazynów gazu w wybranych krajach. Na uwagę zasługuje fakt, że ze wszystkich eksploatowanych na świecie w 2010 r. PMG około 63% funkcjonowało w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Należy podkreślić, że są to stosunkowo niewielkie magazyny, gdyż ich sumaryczna pojemność czynna stanowiła około 37,5% PMG eksploatowanych w tymże roku. Kolejnym państwem posiadającym znaczne pojemności magazynowe była Rosja, w posiadaniu której było 25 magazynów





Rys. 3. Obecne i planowane pojemności podziemnych magazynów gazu w państwach europejskich, wg [4]

Fig. 3. Existing and planned capacity of underground gas storage in European countries, acc. to [4]

o łącznej pojemności czynnej 64 mld m<sup>3</sup>, co stanowiło około 19% ogółu eksploatowanej pojemności. Pozostała pojemność czynna eksploatowanych PMG była w posiadaniu następujących państw: Ukraina – około 10%, Kanada oraz Niemcy – po około 6%, Francja oraz Włochy – po około 4%. Następnie Austria, Norwegia, Wielka Brytania oraz Węgry, posiadające po około 2% tej pojemności. Pozostała pojemność czynna jest w posiadaniu pozostałych państw, jednak udział żadnego z tych państw nie przekracza 1%.

Obok scharakteryzowanych na wstępie typów podziemnych magazynów gazu, do pokrywania szczytowych zapotrzebowań na ten surowiec stosowany jest gaz ziemny w formie skroplonej (*Liquefied Natural Gas*). Istniejące instalacje do regazyfikacji gazu skroplonego służą między innymi do pokrywania szczytowego czy też sezonowego wzrostu zapotrzebowania na gaz.

W tabeli 2 przedstawiono możliwość pokrycia rocznego zapotrzebowania na gaz w wybranych krajach przez gaz zgromadzony w PMG. Analizując zawarte niżej informacje, należy mieć na uwadze kierunki dostaw gazu ziemnego do poszczególnych państw. Kraje, takie jak: Słowacja, Austria, Węgry, Czechy, Francja posiadają pojemności magazynowe, które pozwalają im na pokrycie od 26 do 50% rocznego zużycia gazu. Żaden z tych krajów nie wydobywa gazu krajowego, a ich głównym dostawcą błękitnego paliwa jest Rosja. Wyjątkiem w tej grupie jest Francja, która posiada 6 dostawców gazu ziemnego, dostarczanego gazociągami. Do Francji realizowane są także dostawy gazu w formie LNG. Państwami, które pomimo zdywersyfikowania źródeł dostaw gazu ziemnego lub posiadania własnego wydobycia tego surowca, posiadają znaczące pojemności PMG, pozwalające na pokrycie od 11 do 26% rocznego zapotrzebowania na gazy są:

– Niemcy – 15% rocznego zużycia gazu pochodzi z wydobycia własnego, pozostała ilość jest dostarczana

przez 5 dostawców, przy czym udział największego w rocznym zużyciu wynosi ok. 45%,

- Rumunia – około 80% rocznego zużycia pochodzi z wydobycia własnego,
- Dania, Kanada, Holandia – wydobycie własne pokrywa całość rocznego zapotrzebowania na gaz, nadwyżki są eksportowane,
- USA – około 88% rocznego zużycia pochodzi z wydobycia własnego, pozostała ilość jest importowana z Kanady,
- Włochy – około 10% rocznego zużycia pochodzi z własnego wydobycia, pozostała część jest dostarczana przez 5 dostawców, przy czym udział największego (Rosji) nie przekracza 45% rocznego zużycia.

Do trzeciej grupy krajów, które posiadają najmniejsze pojemności PMG, należą: Polska, Bułgaria, Turcja, Hiszpania, Irlandia, Belgia i Portugalia. Należy zaznaczyć, że Hiszpania i Portugalia posiadają terminale do odbioru LNG, dzięki którym pokrywają – odpowiednio około: 75 i 56% rocznego zapotrzebowania na gaz. W przypadku Polski, PMG pozwalają na pokrycie około 11% rocznego zapotrzebowania, natomiast w przypadku Turcji wielkość ta wynosi około 4%. Należy zaznaczyć, że głównym dostawcą gazu do Polski oraz Turcji jest Rosja.

Jak wspomniano, każdy z PMG jest charakteryzowany przez określone parametry techniczne. Spośród nich decydujący wpływ na eksploatację magazynu oraz wpływ na zapewnienie bezpieczeństwa krótkookresowego i sezonowego posiadają: pojemność czynna i maksymalne natężenie poboru. Od wartości tych parametrów uzależnione jest, jaka ilość gazu z PMG może pokrywać dobowe zapotrzebowanie oraz jak długo PMG może uzupełniać dostawy gazu. Na rysunku 4 przedstawiono korelacje wymienionych parametrów w istniejących magazynach. Z rysunku tego wynika, że najlepszą charakterystykę techniczną posiadają PMG zlokalizowane w: Niemczech, Kanadzie, Włoszech, Francji i Holandii.

Tab. 1. Rodzaje magazynów gazu zlokalizowane w wybranych państwach w 2010 r., opracowano na podst. [5]

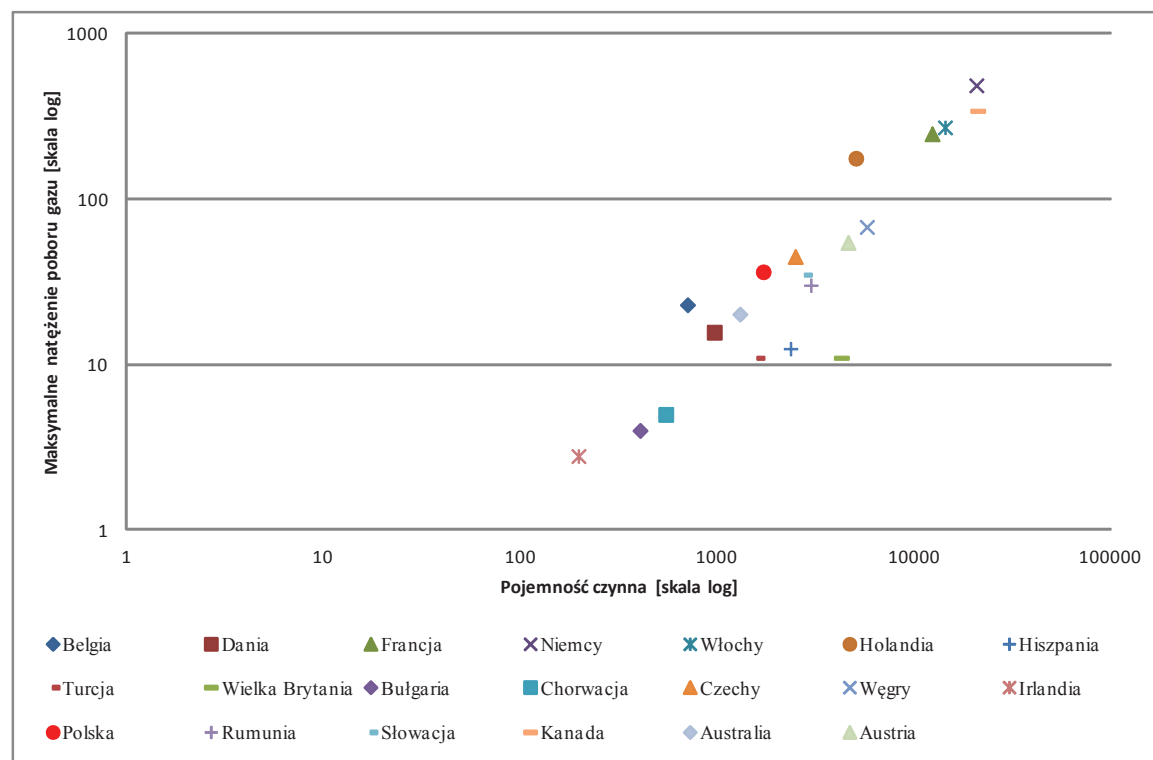
Tab. 1. Types of underground gas storage in selected countries in 2010, prepared on the basis of data from [5]

Kraj	PMG w szcerpanych złożach gazu	PMG w warstwie wodonośnej	PMG w kawernach solnych	PMG w wyrobiskach górniczych	PMG w grocie skalnej	LNG	SUMA	Łączna pojemność czynna [mln m <sup>3</sup> ]
Austria	5						<b>5</b>	4 639
Belgia		1				1	<b>2</b>	709
Dania		1	1				<b>2</b>	970
Francja		12	3				<b>15</b>	12 395
Niemcy	15	8	23	1			<b>47</b>	20 804
Włochy	10						<b>10</b>	14 417
Łotwa		1					<b>1</b>	2 300
Norwegia	3					1	<b>4</b>	5 078
Hiszpania	2						<b>2</b>	2 366
Szwecja					1		<b>1</b>	8,75
Turcja	2						<b>2</b>	1 600
Wielka Brytania	3		3			1	<b>7</b>	4 290
Bułgaria	1						<b>1</b>	470
Chorwacja	1						<b>1</b>	550
Czechy	5		1		1		<b>7</b>	2 501
Węgry	6						<b>6</b>	5 870
Irlandia	1						<b>1</b>	198
Polska	6		1				<b>7</b>	1 719
Portugalia			1				<b>1</b>	180
Rumunia	1						<b>1</b>	3 003
Serbia	1						<b>1</b>	475
Słowacja	1						<b>1</b>	2786
Rosja	17	8					<b>25</b>	64 000
Australia	4				1		<b>5</b>	1 309
Ukraina	11	2					<b>13</b>	32 130
Kanada	13		2			3	<b>18</b>	21 145
USA	326	43	34				<b>403</b>	123 740
<b>SUMA</b>	<b>434</b>	<b>76</b>	<b>69</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>589</b>	<b>329 653</b>

Tab. 2. Możliwość pokrycia rocznego zapotrzebowania na gaz ziemny przez podziemne magazyny gazu, %, opracowano na podst. [1, 5]

Tab. 2. Possibility of meeting the annual demand for the natural gas by underground gas storage, %, prepared on the basis of data from [1, 5]

Kraj	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Austria	34,8	32,8	35,5	32,1	29,7	28,2	30,3	46,1	44,7	49,9	45,9
Belgia	4,8	4,9	4,3	4,0	3,8	3,9	3,7	3,9	3,9	4,1	3,7
Dania	16,5	15,9	13,7	13,5	14,6	16,2	16,5	16,5	21,8	22,8	19,8
Francja	26,4	25,2	25,9	24,9	24,3	23,6	24,5	25,4	27,5	29,4	26,4
Niemcy	23,3	23,0	22,8	22,9	22,0	22,0	21,9	23,1	24,2	25,5	25,6
Włochy	19,6	19,6	19,7	17,9	17,2	16,2	17,1	16,6	16,6	20,0	18,9
Holandia	6,4	6,2	6,2	6,2	6,1	6,3	6,5	6,7	13,2	13,1	11,6
Hiszpania	7,5	7,8	6,8	9,0	7,7	7,3	7,0	6,7	7,0	7,9	6,9
Turcja	0,0	0,0	10,9	9,1	7,2	5,9	10,0	8,6	8,4	5,9	4,1
UK	3,7	3,8	3,8	3,8	3,7	4,0	4,8	4,8	4,8	5,0	4,6
Bułgaria	6,1	6,7	18,5	19,6	19,6	13,2	15,7	18,2	10,6	2,8	1,6
Czechy	24,7	23,1	23,7	25,1	24,7	23,8	24,6	27,2	28,7	30,5	26,9
Węgry	29,7	27,6	28,3	25,6	26,0	25,4	27,6	31,8	34,9	62,2	53,0
Polska	10,8	10,9	13,0	15,3	13,1	13,2	12,1	12,7	11,9	12,2	12,0
Portugalia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	2,7	3,8	3,6
Rumunia	4,9	9,4	11,7	13,7	17,2	21,5	20,4	22,9	21,8	24,3	22,6
Słowacja	41,1	39,7	42,2	43,5	44,9	41,5	45,7	45,6	48,6	56,9	49,8
Kanada	18,5	19,5	19,5	18,2	18,5	18,0	19,7	19,7	19,2	22,4	22,5
Australia	6,2	5,7	5,8	5,8	5,7	6,0	5,5	5,3	13,8	4,3	4,3
USA	16,7	17,8	17,2	17,8	17,9	18,3	18,7	17,9	18,1	18,7	18,1



Rys. 4. Zależność pomiędzy pojemnością czynną PMG oraz maksymalnym natężeniem odbioru gazu z PMG, opracowano na podst. [1, 5]

Fig. 4. Relation between the working capacity and peak output, prepared on the basis of data from [1, 5]

#### 4. Podsumowanie

O roli podziemnych magazynów gazu w zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego, krótkookresowego i sezonowego, można się było przekonać w czasie trwania rosyjsko-ukraińskiego kryzysu gazowego z początku 2009 r. W czasie trwania tego kryzysu dostawy gazu ziemnego z Rosji do odbiorców europejskich, w okresie od 7 do 21 stycznia 2009 r., zostały całkowicie wstrzymane. Należy zaznaczyć, że obecnie głównymi odbiorcami rosyjskiego gazu są kraje Unii Europejskiej (szczególnie Niemcy i Włochy) oraz Turcja. Odbierają one ponad 68%

gazu eksportowanego przez Rosję. Natomiast ponad 64% rosyjskiego surowca przesyłanego do Europy jest transportowane przez terytorium Ukrainy. Przerwami dostaw gazu do odbiorców europejskich, wskutek rosyjsko-ukraińskiego kryzysu gazowego, w różnym stopniu dotkniętych zostało 15 państw. Przeciwdziałanie skutkom kryzysu możliwe było między innymi dzięki posiadanym zasobom gazu, zgromadzonym w podziemnych magazynach. O znaczeniu PMG dla bezpieczeństwa energetycznego najlepiej świadczą plany rozbudowy pojemności magazynowych na świecie i w Unii Europejskiej.

**Artykuł recenzowany**

### Importance of underground gas storage facilities in ensuring energy security

**Summary:** This article discusses the types of underground gas storage facilities and their importance for gas systems. It presents the storage facilities currently used in the world, with the indication of their storage capacity and maximum gas collection capacity. Relations between the locations of underground gas storage facilities, directions of gas supplies and the volume of gas consumption in selected countries were analysed.

#### Literatura

---

1. Statistical Review of World Energy, BP 2009, [www.bp.com](http://www.bp.com).
2. Benquey R.: Underground Gas Storage in The World. Wyd. Cedigaz, 2010.
3. Bartodziej G., Tomaszewski M.: Polityka energetyczna i bezpieczeństwo energetyczne. Wyd. „Nowa Energia”, Racibórz 2009.
4. Joffre G. H. (Storengy) et al.: Study on Underground Gas Storage in Europe and Central Asia. Working Party on Gas, Geneva, January 2.04.2012.
5. International Energy Agency: Natural Gas Information 2000–2011.
6. Kaliski M., Staśko D.: Bezpieczeństwo energetyczne w gospodarce paliwowej Polski. Studia, Rozprawy, Monografie nr 138, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2006.
7. Michałowski W. S., Trzop S.: Rurociągi dalekiego zasięgu. Wyd. V., Odyseum, Warszawa 2006.
8. Reinisch R.: Wybrane, istotne aspekty podziemnych magazynów gazu u progu XXI wieku, Wyd. PLJ, Warszawa 2000.
9. Kosowski P.: Metodyka oceny efektywności ekonomicznej podziemnych magazynów gazu. Rozprawa doktorska. Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, (niepublikowana) Kraków 2008.

# Porównanie kategoryzacji zagrożenia wyrzutami gazów i skał w górnictwie polskim i innych krajów

## 1. Wstęp

Zagrożenie wyrzutami gazów i skał dotyczy niemal wszystkich zakładów górniczych wydobywających węgiel kamienny na świecie, przyczyniając się do poszerzania listy wypadków śmiertelnych w górnictwie. Ocenia się, że w górnictwie światowym wystąpiło ponad trzydzieści tysięcy wyrzutów. Najwięcej, bo około połowy z nich miało miejsce w Chinach (liczba ta stale rośnie). Więcej informacji o wyrzutach gazów i skał znajdziemy w rozdziale „Geography of Outbursts” opracowania R.D. Lamy i J. Bodzionego [1].

Poszczególne kraje, poprzez swoje ustawodawstwa, wypracowały uregulowania prawne mające na celu zminimalizowanie ryzyka wystąpienia wyrzutu oraz ograniczenia skutków jego ewentualnych następstw. Poniższe opracowanie ma na celu analizę przepisów prawnych obowiązujących w wybranych krajach, ze szczególnym uwzględnieniem podstaw i sposobu kategoryzowania pokładów bądź ich części do poszczególnych kategorii zagrożenia wyrzutowego.

## 2. Analiza przepisów dotyczących zagrożenia wyrzutami gazów i skał

Wykonane zostały analizy przepisów prawnych dotyczących oceny i klasyfikacji zagrożenia wyrzutowego w krajach wiodących w technologii wydobycia węgla kamiennego. Analizą, oprócz Polski, objęto przepisy w następujących krajach: Czechy,

### TREŚĆ:

Artykuł przedstawia analizę przepisów w wybranych krajach, dotyczących podstaw i sposobu kategoryzacji zagrożeń wyrzutami gazów i skał. W jej wyniku stwierdzono, że przepisy w krajach europejskich i Chinach są do siebie podobne. Podobieństwo to dotyczy dążenia do maksymalnego sformalizowania nakładanych wymogów kategoryzacji, łącznie ze wskazaniem stosowanych parametrów kryterialnych i ich wartości. W opozycji do nich pozostają przepisy amerykańskie i australijskie, które ujednolicone podejście do zarządzania ryzykiem wyrzutu uznają za niewłaściwe, dając jedynie zarys tego, jakie elementy muszą być w nim uwzględnione.

### SŁOWA KLUCZOWE:

wyrzuty gazów i skał, przepisy górnice, bezpieczeństwo, metan

Niemcy, Rosja, Chiny, Australia i USA. Jeśli to było możliwe, autorzy sięgali do oryginalnych źródeł w postaci: ustaw, dekrétów bądź instrukcji zatwierdzonych przez odpowiednie organy państwowe. W innych przypadkach wykorzystane zostały wiarygodne opracowania, odnoszące się do odpowiednich aktów prawnych. Nadrzędnym celem autorów była analiza sposobów kategoryzacji zagrożenia wyrzutami gazów i skał w różnych krajach. Przeanalizowane zostały także wszelkie aspekty dotyczące prognozowania i oceniania stanu zagrożenia wyrzutowego.

### 2.1. Przepisy polskie

Podstawą prawną regulującą pracę zakładów górniczych w Polsce jest ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze [2]. Zagrożenia naturalne w górnictwie – w tym zagrożenie wyrzutowe – omawiane są w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia

14 czerwca 2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych [3].

W rozdziale czwartym tego rozporządzenia znajduje się fragment dotyczący kategoryzacji zagrożenia wyrzutowego, ustalający dwie kategorie zagrożenia wyrzutami metanu i skał w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny:

- skłonne do występowania wyrzutów metanu i skał oraz
- zagrożone wyrzutami metanu i skał.

Wymienione zostały w nim obserwowane zjawiska oraz podane wartości mierzonych parametrów, na podstawie których dokonuje się wyboru kategorii zagrożenia. Do kategorii skłonnych do występowania wyrzutów metanu i skał zalicza się pokłady węgla kamiennego lub ich części, w których:

- metanonośność wynosi powyżej  $8 \text{ m}^3/\text{Mg}$ , w przeliczeniu na czystą substancję węglową, a zwięźłość węgla (wskaźnik Protodiakonowa) jest mniejsza niż 0,3 lub
- metanonośność wynosi powyżej  $8 \text{ m}^3/\text{Mg}$ , w przeliczeniu na czystą substancję węglową, a zwięźłość węgla wynosi co najmniej 0,3, ale intensywność desorpcji metanu jest większa niż 1,2 kPa.

Do kategorii zagrożonych wyrzutami metanu i skał zalicza się pokłady węgla kamiennego lub ich części, w których:

- wystąpił wyrzut metanu i skał lub
- wystąpił nagły wypływ metanu, lub
- stwierdzono występowanie innych objawów wskazujących na wzrost zagrożenia wyrzutami metanu i skał, oraz skłonne do występowania wyrzutów metanu i skał, w których stwierdzono intensywność desorpcji metanu większą niż 1,2 kPa, oraz wystąpiły objawy, o których mowa w §2 pkt 15 tego rozporządzenia (por. §16 ust. 4 cyt. rozporządzenia).

W rozporządzeniu wymienione są następujące objawy wskazujące na zwiększenie zagrożenia wyrzutami gazów i skał:

- zwiększona ilość zwiercin, wydmuchy zwiercin i gazów, zakleszczanie lub wypychanie wiertła w czasie wiercenia otworów,
- odpryskiwanie węgla z ociosów i czoła przodka oraz trzaski w głębi calizny,
- zwiększone wydzielanie gazów po robotach strzałowych,
- zwiększenie ilości urobku i jego rozrzucenie na większą odległość od przodka przy tej samej technologii wykonywania robót strzałowych,
- zmniejszenie zwięźłości i zmiany struktury węgla w czasie prowadzenia wyrobiska.

Kolejnym aktem prawnym wprowadzającym regulacje dotyczące pracy w podziemnych zakładach górniczych jest rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych [4]. Znajdziemy w nim informację, iż w pokładach węgla, w których metanonośność jest wyższa od  $8 \text{ m}^3/\text{Mg}$  czystej substancji węglowej, wykonuje się pomiary zwięźłości węgla i intensywności desorpcji metanu:

- po udostępnieniu pokładu,
  - w wyrobiskach korytarzowych drażonych w pokładach węgla, w odstępach nieprzekraczających 200 m w płaszczyźnie pokładu,
  - w rejonach występujących zaburzeń geologicznych.
- W razie stwierdzenia, w wyniku pomiarów, wskaźnika zwięźłości węgla kamiennego niższego od 0,3 lub intensywności desorpcji wyższej niż 1,2 kPa, wstrzymuje

się drażenie wyrobiska do czasu ustalenia warunków bezpiecznego prowadzenia dalszych robót.

W wyrobiskach korytarzowych, drażonych w pokładach węgla zagrożonych wyrzutami metanu i skał, wykonuje się kontrolne pomiary intensywności desorpcji metanu co najmniej raz na dobę. W razie stwierdzenia, w wyniku wykonanych pomiarów kontrolnych, intensywności desorpcji metanu większej od 1,2 kPa, oprócz pomiarów desorpcji, co najmniej raz na dobę powinno się wykonać dodatkowe pomiary zwięźłości węgla bobranego z najmniej zwięzłej warstwy w czole przodka oraz ilości zwiercin.

## 2.2. Przepisy czeskie

Czeskie przepisy dotyczące prowadzenia robót górniczych w warunkach zagrożenia wyrzutowego zebrane są w instrukcji Okręgowego Urzędu Górniczego w Ostrawie: Rozhodnutí OBU v Ostravě č.j. 3895/2002 a v Instrukci pro doły s nebezpečím průtrží hornin a plynů [5], opracowanej w 2002 r. Interesująca wydaje się zawarta w niej definicja wyrzutu, w której określono minimalną masę odrzuconej skały (0,5 Mg), warunkującą możliwość uznania zdarzenia za wyrzut.

W instrukcji wymienione są oznaki świadczące o zagrożeniu wyrzutowym:

- odrzut skał z wypływem gazu (przy masie odrzuconej skały niższej niż 0,5 Mg),
- odpryskiwanie węgla z calizny,
- zwiększenie naprężeń na obudowie,
- trzaski w caliznie,
- wydmuchy zwiercin z otworu,
- kleszczenie wiertła podczas wierceń.

Instrukcja nakłada na zakład górniczy obowiązek zatrudnienia inżyniera do spraw zagrożeń wyrzutowych i określa jego kwalifikacje. Wymagane jest prowadzenie lokalnej prognozy zagrożenia wyrzutowego. Określone są wymogi odnoszące się do dróg ucieczkowych.

Instrukcja określa sposób zaliczania pokładów węgla do poszczególnych stopni:

- zerowego (najniższego) – pokłady niezagrożone,
- pierwszego (niższego) stopnia zagrożenia wyrzutowego, który występuje, gdy stwierdza się wymienione w instrukcji oznaki zagrożenia wyrzutowego bądź możliwość zaistnienia wyrzutu,
- drugiego (wyższego) stopnia zagrożenia wyrzutowego, który występuje, gdy w pokładzie miał miejsce wyrzut lub wystąpiły objawy wymienione w instrukcji, bądź gdy pokład jest nierozpoznany.

Prognoza zagrożenia podzielona jest na prognozę bieżącą oraz prognozę długoterminową. Parametrami stosowanymi w prognozach są: ciśnienie złożowe gazu, intensywność desorpcji, emisja gazu z otworu badawczego, początkowa intensywność desorpcji metanu oraz indeks rozdrabniałości.

## 2.3. Przepisy niemieckie

Niemieckie przepisy dotyczące zagrożenia wyrzutowego odnajdziemy w wytycznych Urzędu Górniczego Nadrenii Północnej – Westfalii o przeciwdziałaniu niebezpieczeństwu nagłych wyrzutów węgla i gazu – Richtlinien des Landesoberbergamtes Nordrhein-Westfalen über die Abwehr von Gefahren des plötzlichen Freiwerdens großer Grubengasmengen mit oder ohne Auswurf von Kohle oder Gestein (Gasausbruchs-Richtlinien) vom 29.05.1996 [6].

W wytycznych zdefiniowane zostały pojęcia zagrożenia nagłym wypływem gazu oraz wyrzutem gazu i skał.

Definicja wyrzutu mówi tylko, iż jest to nagłe uwolnienie dużych ilości gazu z transportem masy skalnej. Rozróżnione są też pojęcia całkowitej oraz desorbowlanej zawartości gazu w węglu, przy czym przez zawartość desorbowlaną rozumie się różnicę między zawartością całkowitą a zawartością gazu pod ciśnieniem metanu 100 kPa. Ponadto, zdefiniowano w nich następujące parametry wykorzystywane do oceny stanu zagrożenia:

- $V_{30}$  – jest to ilość gazu wydobywająca się z węgla przez 30 minut po robotach strzałowych, przypadająca na tonę urobku, wyrażana w  $m^3/Mg$ ,
- $K_t$  – wskaźnik ten jest miarą zmiany intensywności desorpcji próbki węgla; wskaźnik  $K_t$  jest bezwymiarowy (tangens kąta linii, która pokazuje przebieg w czasie desorpcji metanu w podwójnie logarytmicznej skali),
- $q_{0-1}$  – to miara zawartości gazu desorbowanego z próbki, którego emisja miała miejsce w pierwszej minucie trwania procesu; ma wymiar  $m^3/Mg$ .

W wytycznych wskazano na dużą istotność zaburzeń tektonicznych. Następnie sprecyzowane zostały czynniki, które powodują wzrost poziomu zagrożenia: zawartość gazu w węglu, ciśnienie gazu i zmiany strukturalne węgla. Wyrzut następuje, gdy zachwiana zostaje równowaga pomiędzy siłami generowanymi przez gaz w pokładzie a wytrzymałością skał.

Wytyczne wskazują, że parametrem najistotniejszym (podstawowym) dla prognozy stanu zagrożenia jest desorbowlana zawartość gazu w węglu. Uznaje się, iż pokłady są zagrożone wyrzutami, gdy przekracza ona  $9 m^3/Mg$  lub  $5,5 m^3/Mg$  oraz równocześnie występują dodatkowe symptomy zagrożenia. Po przekroczeniu wartości granicznych desorbowlanej zawartości gazu powinno się wykonywać otwory badawcze w celu oznaczenia wartości parametru  $q_{0-1}$ .

Wymienione zostały następujące szczególne symptomy wzrostu zagrożenia wyrzutowego:

- zaburzenia tektoniczne,
- cechy strukturalne węgla (lokalizacja stref węgla o cechach mylonitu),
- miejsca podwyższonego ciśnienia gazu,
- miejsca nierozpoznane – nowe pokłady.

Wytyczne kładą duży nacisk na pracę geologów kopalnianych, by możliwie dokładnie oznaczane były miejsca zaburzeń tektonicznych. W przypadku zbliżania się do strefy zaburzeń geologicznych konieczne jest bowiem wykonywanie wyprzedzających otworów badawczych o głębokości takiej, by w każdym momencie eksploatacji wyprzedzały o przynajmniej 5 m bieżące położenie przodka. Podczas wiercenia otworów zalecana jest obserwacja dodatkowych symptomów zagrożenia, takich jak:

- wydmuchy gazu i zwiercin z otworu,
- efekty akustyczne,
- wstrząsy lub uderzenia wiertła,
- wzrost stężenia  $CH_4$ ,
- ilość zwiercin przekraczająca:  $8 dm^3/m$  – z otworu o średnicy 50 mm,  $50 dm^3/m$  – z otworu o średnicy 95 mm, lub  $90 dm^3/m$  – z otworu o średnicy 140 mm.

Przepisy niemieckie nie obligują do wykonywania pomiarów ciśnienia złożowego. Zakładają, że wartość zmierzonego ciśnienia nie będzie tak wysoka jak jest rzeczywiście w pokładzie.

#### 2.4. Przepisy rosyjskie

Odpowiednie przepisy rosyjskie odnajdziemy w instrukcji bezpieczeństwa prowadzenia prac w kopalniach z pokładami podatnymi na nagłe wyrzuty węgla i gazu,

opracowanej przez Federalny Urząd Górnictwa i Nadzoru Przemysłowego Rosji – Urząd Nadzoru Przemysłu Węglowego, zatwierdzonej dekretem z dnia 04.04.2000 r. Tytuł oryginalny: Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа [7].

Instrukcja stanowi bardzo obszerny dokument (ok. 230 stron), w którym sprecyzowane są wszelkie aspekty związane ze zjawiskiem wyrzutu, począwszy od opisu samego zjawiska, poprzez rozważania na temat jego przyczyn, kończąc na sposobach prognozowania oraz zapobiegania. W instrukcji występują fragmenty ogólne, jak i dedykowane dla konkretnych rejonów górniczych, wprowadzające najczęściej nieznaczne odstępstwa w stosunku do przepisów ogólnych.

We wstępie odnajdziemy definicję oraz wypunktowanie podstawowych symptomów zjawiska. Definicja mówi, iż wyrzut to zjawisko gazogeodynamiczne, niebezpieczne uwolnienie dużej ilości gazu i węgla, charakteryzujące się dynamicznym przebiegiem i skutkujące zniszczeniem calizny i emisją gazu.

Jako symptomy nagłego wyrzutu węgla wymienione zostały:

- odrzut węgla z calizny na odległość większą niż byłoby to możliwe bez udziału energii gazu,
- ilość węgla po robotach strzałowych przekraczająca typową ilość urobku przy wybranej metryce strzelniczej,
- nagły wypływ gazu,
- pojawienie się dużej ilości pyłu węglowego,
- trzaski w głębi calizny,
- odpryskiwanie węgla z czoła chodnika,
- pchanie bądź wciąganie narzędzi wiertniczych,
- wydmuchy gazu i zwiercin podczas robót wiertniczych,
- obniżenie wytrzymałości węgla przy jednoczesnym wzroście ciśnienia gazu.

W dalszej części dokumentu dokonano także podziału na kategorie zagrożenia wyrzutowego, wyróżniając pokłady bądź jego części: niezagrażone wyrzutami, skłonne do wyrzutów oraz zagrożone wyrzutami. Pokłady skłonne do wyrzutów to takie, w których wedle badań może nastąpić wyrzut. Zagrożone pokłady to takie, w których nastąpił wyrzut, występują jego symptomy lub wykonane prognozy wskazują na zagrożenie. Ponadto, za niebezpieczne uznaje się także pokłady poniżej pokładu, w którym miał miejsce wyrzut. W pokładach skłonnych i zagrożonych konieczne jest prowadzenie prognozy zagrożenia.

Za niebezpieczne przyjmuje się pokłady w okolicach zaburzeń tektonicznych. Wymienione zostały zalecane prace, mające na celu zagwarantowanie bezpiecznej eksploatacji. Należą do nich: prognoza zagrożenia, prace przygotowawcze w nierozpoznanych pokładach oraz kontrola efektywności podjętych prac profilaktycznych.

Przepisy zalecają, by wyrobiska nachylone pod kątem większym niż  $10^\circ$  prowadzone były po upadzie. Wszelkie przypadki wystąpienia zjawisk gazogeodynamicznych muszą być zgłaszane do odpowiedniego urzędu górniczego i analizowane przez powoływane komisje.

Instrukcja zawiera też informacje dotyczące wykonywania prognoz zagrożenia wyrzutowego, jak i oceny efektywności środków zapobiegania wyrzutom. Prognozy zagrożenia wyrzutowego prowadzone są podczas:

- prowadzenia badań stanu zagrożenia,
- udostępniania nierozpoznanych pokładów,
- robót przygotowawczych w kopalniach,
- kontroli skuteczności działań profilaktycznych.

W przepisach pojawia się informacja o tzw. głębokości krytycznej, poniżej której w danym rejonie górniczym mogą występować wyrzuty. W zależności od rejonu głębokości te zmieniają się od 150 do 500 m.

Dla kopalń w obwodzie rostowskim za zagrożone uznaje się pokłady, w których parametry węgla przekraczają wartości ujęte w tabeli 1. Pokłady uznaje się za bezpieczne, niezależnie od głębokości zalegania oraz gazonośności, jeśli wskaźnik stopnia metamorfizmu przekracza wartość 27,7 (tab. 1), a także, jeżeli dla danego stopnia metamorfizmu gazonośność oraz głębokość eksploatacji są mniejsze niż wartości przedstawione w tabeli 1.

Przepisy precyzują sposób prowadzenia badań wykorzystujący otwory badawcze. Otwory powinny być co najmniej 3-metrowe, oddalone od siebie niemniej niż o 1 metr. Z otworów, co każdy metr pobierane są próbki zwiercin do analiz.

Rosyjskie przepisy proponują wykorzystanie wskaźnika  $\Pi_B$ , wiążącego czynnik gazowy – ciśnienie gazu zmierzone w otworze, oraz czynnik wytrzymałościowy – zwięzłość węgla.

$$\Pi_B = P_{\max} - 14 f_{\min} \quad (1)$$

gdzie:

$P_{\max}$  to maksymalne zmierzone ciśnienie,

$f_{\min}$  to minimalna wyznaczona zwięzłość.

Jeżeli  $\Pi_B \leq 0$ , to warunki wyrzutowe uznaje się za bezpieczne. Jeżeli wykonywany jest tylko pomiar ciśnienia, to za wartość niebezpieczną przyjmuje się  $P_{\max} \geq 1000$  kPa.

W otworach badawczych wykonywany jest także pomiar wydatku gazu, prowadzony od drugiej minuty po wywierceniu odpowiedniego fragmentu otworu o głębokości nie mniejszej niż 3 metry.

Prognoza lokalna obejmuje badania nierozpoznanych pokładów, badania kontrolne podczas eksploatacji oraz badania dodatkowe, które mogą zostać nakazane przez odpowiednie służby przy zmianach technologii wydobycia węgla, oraz musi być wykonana w pobliżu zaburzeń geologicznych.

Prognoza lokalna zawiera: pomiary ciśnienia gazu w węglu i parametrów mechanicznych węgla w otworze penetrometrem, określenie miąższości pokładu, a także pomiar początkowej szybkości emisji gazu z otworu w odstępach 1,5, 2,5 i 3,5 m. Badania prowadzone są na 2–3 metrze otworu, co 20–30 m postępu przodka. Płaszcz

uszczelniający sondę mierzącą szybkość początkowej emisji gazu z otworu musi wywierać ciśnienie co najmniej 200 kPa. Przetwarzanie całościowych wyników badań obejmuje: wskaźnik stanu naprężeń w wyrobisku, współczynnik stateczności wyrobiska, wstępne dane z bieżącej prognozy: początkową szybkość emisji gazu z otworu, średnią miąższość pokładu, współczynnik określający zmienność parametrów wytrzymałościowych węgla, współczynnik zmienności miąższości węgla. Wyznaczany wskaźnik stanu naprężeń w wyrobisku  $P_a$  uwzględnia: ciśnienie gazu w pokładzie ( $P_r$ ) oraz głębokość wydobycia ( $H$ ) i dany jest zależnością:

$$P_a = P_r + 0,04\delta H \quad (2)$$

gdzie  $\delta$  to średnia gęstość skał równa  $2,5 \cdot 10^{-3}$  kg/cm<sup>3</sup>. Krytyczna wartość szybkości wypływu gazu z otworu, wykonywanego ręczną wiertarką  $\varnothing 43$  mm, zależna jest od wartości  $V^{daf}$ :

– dla  $V^{daf}$  co najmniej 15% wynosi ona 5 dm<sup>3</sup>/min,

– dla  $V^{daf}$  od 15 do 20% – 4,5 dm<sup>3</sup>/min,

– dla  $V^{daf}$  od 20 do 30% – 4,0 dm<sup>3</sup>/min, a

– dla  $V^{daf}$  ponad 30% – 4,5 dm<sup>3</sup>/min.

Duże podobieństwo względem przepisów rosyjskich wykazują przepisy ukraińskie, zarówno co to formy, jak i definicji oraz stosowanych parametrów.

## 2.5. Przepisy chińskie

Przepisy chińskie dotyczące zagrożenia wyrzutowego odnajdziemy w The Law of the People's Republic of China on Safety in Mines (Mining Safety Law) [8]. Chińskie wytyczne dotyczące przewidywania i kontroli wyrzutów, opracowane i wydane w 1995 r., są obecnie aktualizowane.

Regionalne prognozowanie wykonywane jest w trakcie poszukiwań węgla i w fazach rozwoju kopalni. Jego celem jest identyfikacja ryzyka wyrzutu w pokładach węgla i ich podział ze względu na podatność na wystąpienie wyrzutu na: obszary niezagrożone wyrzutem, obszary zagrożone wyrzutem oraz strefy wyrzutowe. W metodzie pojedynczych indeksów wykorzystywane są cztery wskaźniki (indeksy): stopień zniszczenia pierwotnej struktury węgla, początkowa intensywność desorpcji gazu z węgla, zwięzłość w skali Protodiakonowa i ciśnienie złożowe gazu. Każdy indeks ma wartość progową (tab. 2). Pokład węglowy jest klasyfikowany jako zagro-

Tab. 1. Parametry stosowane przy klasyfikacji pokładów w obwodzie rostowskim w Rosji

Tab.1. Specifications used for seam classification in Rostov Oblast in Russia

$V^{daf}$ %	Wskaźnik określający stopień metamorfizmu węgla*	Naturalna gazonośność węgla m <sup>3</sup> /Mg <sub>CSW</sub>	Głębokość, dla której prowadzona jest prognoza m
> 29	26,3... 27,7	8 i więcej	400
9... 29	24,5... 26,2	9 i więcej	380
	23,7... 27,6	9 i więcej	380
	17,6... 23,6	11 i więcej	320
	13,5... 17,5	12 i więcej	270
	9,0... 13,4	13 i więcej	230
< 9	-	15 i więcej	150

\*dla  $V^{daf}$  9–29%:  $M = V^{daf} - 0,16$ ,

dla  $V^{daf} > 29\%$ :  $M = 2,4 + (4V^{daf} - 91)/(y + 2,9)$



Tab. 2. Przepisy chińskie, metoda pojedynczych indeksów – wartości progowe

Tab. 2. Chinese regulations, single-index method – threshold values

Wskaźnik	Stopień zniszczenia pierwotnej struktury węgla	Początkowa intensywność desorpcji, mmHg	Zwięźłość w skali Protodiakonowa	Ciśnienie gazu w pokładzie, MPa
Wartość progowa	III, IV, V	≥10	≤ 0,5	≥0,74

żony wyrzutami tylko wtedy, gdy wszystkie wskaźniki osiągają lub przekraczają ich wartości progowe.

Ze względu na stopień zniszczenia pierwotnej struktury węgla podzielony jest na pięć typów: I, II, III, IV i V. Węgiel zaliczany jest do danego typu na podstawie jego: jasności, cech strukturalnych, spękań i wytrzymałości (spistości). Typ I jest zdefiniowany jako węgiel nieuszkodzony, silny, jasny lub półjasny, z widoczną typową strukturą. Typ V określa się jako pył węglowy, ciemny, bez struktury lub o strukturze ziemistej (*muddy-like*), miękki. Charakterystyki typów II, III i IV leżą pomiędzy węglami typu I i V.

Wartość początkową intensywności desorpcji gazu z węgla determinują fizyczne i mechaniczne właściwości węgla. Dla węgla o tej samej zawartości gazu, wyższe współczynniki desorpcji wskazują na uszkodzenia struktury i większą podatność na wyrzuty.

W złożonej metodzie wskaźnikowej, poprzez wskaźnik  $K$ , analizowana jest relacja pomiędzy czynnikiem gazowym (początkową intensywnością desorpcji  $\Delta P$ ) a czynnikiem geomechanicznym (zwięźłością węgla  $f$ ). Dodatkowy wskaźnik  $D$  uwzględnia głębokość prowadzenia robót  $H$ .

$$K = \frac{\Delta P}{f} \quad (3)$$

$$D = \left( \frac{0,0075H}{f} - 3 \right) (p - 0,74) \quad (4)$$

Ustalone wartości progowe dla wskaźników złożonych  $D$  i  $K$  przedstawia tabela 3. Pokład węgla jest klasyfikowany jako zagrożony wyrzutem tylko wtedy, gdy oba wskaźniki osiągają lub przekraczają ich wartości progowe.

Prognoza bieżąca wykonywana jest w trakcie rozwoju struktury wyrobisk w kopalni. Do oceny bieżącego stanu zagrożenia wyrzutowego najczęściej używane jest sześć wskaźników: złożone wskaźniki  $D$  i  $K$  (takie, jak w prognozach regionalnych), wskaźniki desorpcji gazu  $\Delta h_2$  i  $K_1$ , początkowe natężenie wypływu gazu z otworów ( $q$ ), współczynnik  $\alpha$ , indeks zwiercin  $S_{max}$  oraz  $R$ .

Wartość wskaźnika desorpcji gazu  $\Delta h_2$  odnosi się do ciśnienia gazu w węglu kamiennym i stopnia destrukcji pierwotnej struktury węgla.  $\Delta h_2$  jest mierzony za pomocą desorbometru *MD-1*, opracowanego przez China Coal Research Institute (CCRI) Fushan. Jeśli wartość  $\Delta h_2$  jest równa lub większa niż 200 Pa – dla węgla suchego, lub 160 Pa – dla węgla wilgotnego, to uznaje się iż węgiel jest wyrzutowy.

Wskaźnik desorpcji gazu  $K_1$  jest podobny do  $\Delta h_2$ .  $K_1$  jest mierzony za pomocą urządzenia „WTC – prognoza wyrzutowa”, opracowanego przez CCRI Chongqing. Jeśli

Tab. 3. Przepisy chińskie, metoda wskaźników złożonych – wartości progowe

Tab. 3. Chinese regulations, composite ratios method – threshold values

Wskaźnik	$D$	$K$	
		Antracyt	Węgiel bitumiczny
Próg	≥ 0,25	≥20	≥15

wartość  $K_1$  jest równa lub większa niż 0,5 ml/(g·min<sup>1/2</sup>) – dla węgla suchego, lub 0,4 ml/(g·min<sup>1/2</sup>) – dla węgla wilgotnego, to węgiel taki określany jest jako wyrzutowy.

Początkowa szybkość wypływu gazu z otworów badawczych ( $q$ ) i współczynnik  $\alpha$  określający tempo spadku mierzonego wydatku gazu – metoda ta daje wyniki zależne od ciśnienia gazu (a więc i zawartości gazu w węglu) oraz przepuszczalności węgla i stopnia jego szczelinowatości. Jeśli wartość  $q$  jest równa lub większa niż 5 l/(min·m) i  $\alpha$  jest równy lub mniejszy niż 0,75, to węgiel jest klasyfikowany jako wyrzutowy.

Wartość indeksu  $R$  jest zależna od maksymalnej początkowej szybkości wypływu gazu z otworów  $q_{max}$  [l/(min·m)] oraz maksymalnej ilości zwiercin z jednostkowej długości otworu badawczego  $S_{max}$  [l/m]. Wartość  $R$  dana jest wzorem:

$$R = (S_{max} - 1,8) * (q_{max} - 4) \quad (5)$$

Jeśli wartość  $R$  jest równa lub większa od 6, to węgiel uznaje się za wyrzutowy.

Możliwa jest także prognoza w oparciu o zestawienie indeksu  $S_{max}$  z indeksem  $\Delta h_2$  lub  $K_1$ . Jeśli wartość  $S_{max}$  jest równa lub większa niż 5,4 l/m oraz  $\Delta h_2$  jest równa lub większa niż 200 Pa, to węgiel uznaje się za podatny do wyrzutów. Jeśli wartość  $S_{max}$  jest równa lub większa niż 5,4 l/m i  $K_1$  jest równa lub większa niż 0,5 ml/(g·min<sup>1/2</sup>), to węgiel uznaje się za podatny do wyrzutów.

## 2.6. Przepisy australijskie

Aspekty bezpieczeństwa w australijskich kopalniach są regulowane na podstawie przepisów państwowych. Regulacje te mogą mieć formę przepisów dotyczących bezpieczeństwa pracy, uwzględniających górnictwo węgla kamiennego (Tasmania), lub szczególnych przepisów górniczych, które są podporządkowane przepisom bezpieczeństwa i higieny pracy (Nowa Południowa Walia), lub szczególnych przepisów górniczych (Queensland). W żadnym z przypadków przepisy nie ustalają ostatecznie wszystkich wymagań (jak w wielu krajach europej-

skich) lecz raczej opisują wymagania systemu zarządzania ryzykiem, które muszą być wdrożone przez kopalnie do zarządzania wszystkimi zagrożeniami na poziomie tak niskim, jak to jest możliwe.

Przepisy (wytyczne) Nowej Południowej Walii – Outburst Mining Guideline [9], opracowane zostały przez Departament Zasobów Mineralnych Nowej Południowej Walii w 1995 r. Według nich ogólny charakter ryzyka wyrzutu jest bardzo lokalny, więc trudno go uogólniać nie tylko między kopalniami, ale również w poszczególnych wyrobiskach. Jednolite, niezmiennie podejście do zarządzania ryzykiem jest więc niewłaściwe. Nie jest intencją wytycznych szczegółowy opis, w jaki sposób prowadzić zarządzanie ryzykiem wyrzutu. Dają one natomiast zarys tego, jakie elementy muszą być uwzględnione w rozwoju zarządzania tym ryzykiem. Sformułowane w nich części proceduralne dotyczą udziału ludzi lub procedur opartych na określonych działaniach. W wytycznych określono też techniczne standardy i poziom wymaganego sprzętu dla procesu.

Wytyczne zawierają definicje wyrzutu i całkowitej zawartości gazu. Wyrzut to nagłe uwolnienie gazu i materiału skalnego, które może różnić się co do wielkości i intensywności. Całkowita zawartość gazu to zawartość gazu mierzona z próbki węgla zgodnie z instrukcją AS 3980 lub inną zatwierdzoną metodą. Analizy zawartości gazu w węglu oraz jego składu prowadzone są za pomocą metody AS 3980 lub równoważnej, zatwierdzonej metody. Odpowiednie wartości progowe zawartości gazu w węglu muszą być określone w każdym systemie zarządzania ryzykiem wyrzutowym.

Najczęściej stosowanym wskaźnikiem stanu zagrożenia jest intensywność desorpcji gazu Hargreavesa. Zgodnie z przepisami zwiększenie lub zmniejszenie intensywności desorpcji gazu może być wskaźnikiem zagrożenia wyrzutowego.

Intensywność desorpcji Hargreavesa to emisja gazu z próbki węgla ( $4\text{ g} \pm 8\%$ ) klasy ziarnowej 0,125–0,5 mm, pobranej *in-situ*. Pomiar wykonywany jest praktycznie bez nadciśnienia mierzonego gazu. Reżim czasowy pomiaru zakłada jego wykonanie pomiędzy 2 a 6 minutą od momentu rozpoczęcia wiercenia fragmentu otworu, z którego pochodzą badane zwierciny. Najczęściej badania wykonywane są na drugim metrze otworu badawczego. Wskaźnik ten jest szeroko stosowany w kilku australijskich kopalniach węgla kamiennego, zwłaszcza w kopalni Metropolitan i innych kopalniach południowych złóż węgla w Nowej Południowej Walii, oraz w niektórych kopalniach stanu Queensland.

## 2.7. Przepisy w USA

Pierwsze nowoczesne przepisy z zakresu prawa górniczego w USA zawierał Federal Coal Mine Health and Safety Act of 1969 (Coal Act). Przepisy te Kongres USA zastąpił przez Federal Mine Safety and Health Act of 1977 (Mine Act) [10], który był rozbudowywany i precyzowany – i obowiązuje do dziś. Kongres powołał, działającą przy Departamencie Pracy, organizację Mine Safety and Health Administration (MSHA). Dziś MSHA jest odpowiedzialna za wdrażanie i egzekwowanie przepisów zawartych w „Mine Act”. MSHA jest odpowiedzialna za politykę rozwoju standardów bezpieczeństwa w kopalniach oraz kontrolę ich egzekwowania.

Przepisy wydawane przez MSHA regulują następujące aspekty:  
– certyfikację sprzętu górniczego,

– szkolenia w zakresie monitorowania metanu, pyłu węglowego, wentylacji, hałasu, urządzeń elektrycznych, materiałów wybuchowych, pożarów, transportu, reagowania kryzysowego.

MSHA ma pełne, bezpośrednie upoważnienia, łącznie z upoważnieniem do zamknięcia kopalni ze względu na występujące bezpośrednie zagrożenia. Ustawa wymaga, aby kopalnie co najmniej cztery razy w roku były kontrolowane przez inspektorów. Dodatkowe inspekcje i dochodzenia są wymagane w przypadku wypadków, skarg dotyczących bezpieczeństwa lub zdrowia oraz zażaleń w sprawach dyskryminacji. Kopalnie muszą posiadać plany procedur ewakuacji. Muszą również posiadać przepisy dotyczące zespołów ratownictwa górniczego i planów reagowania kryzysowego. Kopalnie są zobowiązane do posiadania planu ratownictwa górniczego.

Przepisy w USA (podobnie jak w Australii) nie precyzują ani aspektów kategoryzacji zagrożenia wyrzutowego, ani obligatoryjnych pomiarów w kopalniach zagrożonych wyrzutami. Określają natomiast szereg obowiązków nakładanych na kopalnie, mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa i zarządzanie ryzykiem.

## 3. Podsumowanie

Analiza aktów prawnych normujących środki bezpieczeństwa, dotyczące prowadzenia robót górniczych w rejonach zagrożonych wyrzutami węgla i gazu, w krajach przodujących w technologii wydobycia prowadzi do następujących wniosków:

Istnieje duże podobieństwo przepisów w krajach europejskich. Podobieństwo to dotyczy zarówno ogólnej koncepcji przepisów, w których dąży się do maksymalnego sformalizowania nakładanych wymogów, łącznie ze wskazaniem konkretnych parametrów górniczych oraz ich wartości kryterialnych, na bazie których pokłady węgla, bądź ich części, klasyfikowane są do poszczególnych klas (stopni, kategorii) zagrożenia wyrzutowego. Podobny podejście w ustawodawstwie w zakresie bezpieczeństwa w górnictwie reprezentują Chiny. Ustalane są najczęściej dwie lub trzy klasy zagrożenia. Podstawą do zaliczenia pokładu do najwyższej klasy zagrożenia są często incydenty wyrzutów bądź poważnych symptomów, mogących świadczyć o zagrożeniu.

W całkowitej opozycji do przepisów europejskich i chińskich znajdują się przepisy amerykańskie i australijskie. W przepisach tych wyraźnie zaakcentowany jest fakt, iż charakter ryzyka wyrzutowego jest bardzo lokalny, więc trudno go uogólniać nie tylko między kopalniami, ale również w poszczególnych wyrobiskach. Jednolite, niezmiennie podejście do zarządzania ryzykiem, zgodnie z przepisami australijskimi, jest więc niewłaściwe. Przepisy te nie podają szczegółowego opisu, w jaki sposób prowadzić zarządzanie ryzykiem wyrzutu. Dają natomiast zarys tego, jakie elementy muszą być uwzględnione w rozwoju zarządzania tym ryzykiem.

Dominującym parametrem w podstawowej ocenie zagrożenia wyrzutowego jest zawartość metanu w pokładzie węgla. W aktach prawnych wszystkich krajów, które narzucają konkretne sposoby określania stanu zagrożenia, jedynie przepisy chińskie nie obligują do badań zawartości gazu w węglu. W przepisach chińskich pojawia się natomiast pomiar ciśnienia gazu.

Osoby odpowiedzialne za tworzenie nowych przepisów związanych z bezpieczeństwem pracy w górnictwie muszą określić, jaki kierunek wybrać. Czy wprowadzić rozwiązania szczegółowe, które mogą sprowadzić pra-

owników odpowiedzialnych za bezpieczeństwo na kopalniach do roli „egzekutorów przepisów”, czy też kierować się w stronę rozwiązań dających szersze możliwości służbom kopalnianym, które najlepiej znają lokalne warunki górnicze.

*Pracę wykonano w ramach Programu Strategicznego: Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach, finansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.*

**Artykuł recenzowany**

## Comparison of the risk categories for outbursts of gases and rocks in mining in Poland and other countries

**Summary:** The article presents an analysis of the regulations on the grounds and methods of classification of the risks of outbursts of gases and rocks in selected countries. The analysis shows that the regulations in European countries and in China are similar. This similarity concerns the drive towards a maximum formalisation of the imposed classification requirements, including the indication of relevant criteria parameters and their values. The American and Australian regulations are in opposition and consider an uniform approach to the outburst risk management to be inappropriate, giving only an outline of the elements that must be taken into account.

### Literatura

---

1. Lama R.D., Bodziony J, 1998: Management of outburst in underground coal mines. *International Journal of Coal Geology* 35, 1998, s. 83–115.
2. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. Nr 163, poz. 981).
3. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz. U. Nr 94, poz. 841, z późn. zm.).
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. Nr 139, poz. 1169, z późn. zm.).
5. Rozhodnutí OBÚ v Ostravě č.j. 3895/2002 a v Instrukci pro doly s nebezpečím průtrží hornin a plynů.
6. Richtlinien des Landesoberbergamtes Nordrhein-Westfalen über die Abwehr von Gefahren des plötzlichen Freiwerdens großer Grubengasmengen mit oder ohne Auswurf von Kohle oder Gestein (Gasausbruchs-Richtlinien) vom 29.05.1996.
7. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа.
8. The Law of the People's Republic of China on Safety in Mines (Mining Safety Law) 1995.
9. Outburst Mining Guideline, Department of Mineral Resources of the New South Wales, Australia 1995.
10. The United States Federal Mine Safety and Health Act of 1977 (Mine Act).

# Studium uwarunkowań emisji gazów ze zlikwidowanych kopalń SW części GZW (część VIII)

## TREŚĆ:

Emisja gazów kopalnianych zachodzi ze wszystkich zlikwidowanych kopalń, a rodzaj i koncentracje emitowanych gazów zależą m.in. od warunków geologiczno-gazowych w otaczającym zroby górotworze (zerowe koncentracje CH<sub>4</sub> i CO<sub>2</sub> nie świadczą o braku emisji, wskazując, że w miejscach tych wydostaje się tylko N<sub>2</sub>). Warunki te są głównym czynnikiem determinującym emisję gazów ze zlikwidowanych kopalń. Mniej istotnymi są natomiast, kolejno: odwadnianie kopalń oraz wpływ wentylacji i odmetanowania. Dodatkowym czynnikiem są zmiany ciśnienia barometrycznego. Wydzielanie gazów do zrobów powoduje wzrost ciśnienia w ich obrębie. Przyspiesza go zakończenie ich odwadniania. Sprężaniu gazów przeciwdziała odmetanowanie zrobów i wentylacja sąsiednich kopalń, oraz ucieczka gazów na powierzchnię. Ucieczka taka ma miejsce po wzroście ciśnienia, umożliwiającym pokonanie oporów przepływu. Opory te determinuje m.in. charakter nadkładu formacji węglonośnych. Przy występowaniu nadkładu miocenijskiego ucieczka gazów ma miejsce głównie przez zlikwidowane szyby, w których opory przepływu są zależne m.in. od głębokości połączenia szybu ze zrobami, a najważniejsze są połączenia najpłytsze. Ponadto, podnoszące się zwierciadło wody przemieszcza gazy kopalniane do płytszych partii zrobów, czego efektem jest zmiana składu migrujących gazów.

## SŁOWA KLUCZOWE:

gazy kopalniane, emisja gazów, mechanizmy emisji, likwidacja kopalń, GZW

Artykuł stanowi kontynuację szerszej pracy o powyższym, wspólnym tytule, której poprzednie części [13], opublikowano we wcześniejszych numerach pisma. W prezentowanej poniżej, ósmej i ostatniej części przedstawiono dyskusję wyników pracy i wynikające z niej wnioski. Dla zachowania przejrzystości całości pracy, w kolejnych jej częściach zachowano ciągłą numerację rozdziałów, rysunków i tabel. Przy odwołaniach do tych z nich, które opublikowano w innych częściach, dla ułatwienia każdorazowo przywołano ich odpowiedni numer (np.: tab. 7. – cz. III).

## 11. Warunki geologiczno-gazowe w udostępnionych częściach złóż węgla, jako główny spośród wielu czynników kontrolujących emisję gazów kopalnianych

Dane i obserwacje, przedstawione w poprzednich czterech rozdziałach pracy, pozwalają na weryfikację lub potwierdzenie szeregu dotychczas przyjmowanych założeń oraz na wyciągnięcie nowych wniosków, dotyczących emisji gazów kopalnianych ze zlikwidowanych wyrobisk i kopalń węgla kamiennego oraz mechanizmów jej przebiegu. W pierwszym rzędzie umożliwiają to dane nt. metanowości kopalń, położonych w wyróżnionych rejonach gazowych GZW (rys. 8 – cz. III). Jakkolwiek wynikające z nich spostrzeżenia zasadniczo jedynie potwierdzają od dawna znaną zależność metanowości czynnych kopalń od metanonośności pokładów węgla, to jednak wiążą metanonośność, a zatem i metanowość, z budową geologiczną i wynikającymi z niej strukturami rozkładu przestrzennego metanonośności. Innymi słowy – pokazują, że ilość metanu, wydzielającego się z górotworu do wyrobisk górniczych, jest pochodną ich usytuowania względem stref gazowych, w obrębie wyróżnionych struktur pola metanonośności. Największe wydzielanie obserwuje się bowiem w kopalniach o strukturze zamkniętej (IV i V rejon gazowy GZW), charakteryzujących się występowaniem zarówno allo-, jak i autochtonicznej wysokometanowej strefy gazowej i związaną z tym, zredukowaną miąższością stref

prześciowych i odgazowanej. Równie duże wydzielanie ma miejsce także w tych kopalniach o strukturze prześciowej, które rozcinają w przewodzie autochtoniczną strefę wysokometanową (III rejon gazowy). Najmniejsze wydzielanie metanu zachodzi natomiast w kopalniach o strukturze otwartej (rejon I, II i VII), gdzie do znacznych głębokości występuje jedynie strefa odgazowana, oraz w takich kopalniach o strukturze prześciowej, których wyrobiska udostępniają przede wszystkim tą właśnie strefę gazową (rejon VI).

Równocześnie, kształtowanie się metanowości absolutnej KWK „1 Maja” po zakończeniu robót górniczych (rys. 18 – cz. IV), a także funkcjonowanie i przebieg odmetanowania zrobów, prowadzonego po likwidacji kopalń: „1 Maja” (rys. 18 – cz. IV), „Moszczenica” (rys. 31 – cz. VI) i „Żory” (rys. 28 – cz. VI) oraz pola Czyżowice KWK „Anna” (rys. 27 – cz. VI), dowodzą, że nawet po likwidacji poszczególnych kopalń metan nadal wydzielają się z górotworu do ich zrobów. Co więcej, spadek metanowości KWK „1 Maja” po przerwaniu robót górniczych, do około 25% jej wartości z okresu prowadzenia eksploatacji, oraz zanik niekontrolowanej migracji metanu ze zrobów KWK „Żory”, po wzroście ujęcia odmetanowaniem do 20,5% metanowości kopalni z czasu jej funkcjonowania, są zasadniczo zgodne z modelem K. Cybulskiego i innych (1999, vide: [24, 25]). Potwierdzają tym samym jego prawidłowość. Ponieważ model ten zakłada proporcjonalny do metanowości czynnej kopalni jej spadek po zakończeniu wydobywania węgla, to jego poprawność dowodzi, że ilości metanu wydzielającego się do zrobów zlikwidowanych kopalń także są pochodną struktur rozkładu przestrzennego metanowości i usytuowania zrobów względem stref gazowych.

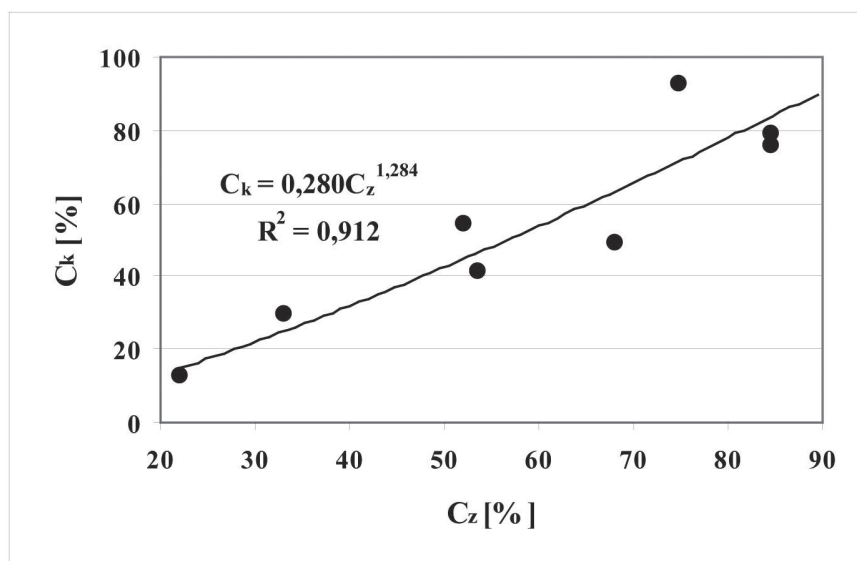
Dodatkowych wskazówek dostarcza zróżnicowanie koncentracji metanu w gazach kopalnianych, ujmowanych lub migrujących z różnych głębokości (poziomów) zlikwidowanych kopalń: „1 Maja” (tab. 8 – cz. IV), „Morcinek” (tab. 11 – cz. V), „Moszczenica” (tab. 14 – cz. VI) i „Żory” (tab. 12 – cz. VI). Świadczy bowiem o tym, że

zależność ilości metanu wydzielającego się do zrobów od warunków geologiczno-gazowych górotworu ujawnia się nie tylko w odniesieniu do całych kopalń, lecz także do poszczególnych ich poziomów. Jak już wcześniej wykazano to w oparciu o dane przybliżone [12], koncentracja metanu w gazach kopalnianych, z określonych poziomów zrobów, wykazuje bowiem korelację z jego koncentracją w gazach złożowych z udostępnionych tymi poziomami stref gazowych. Dla potrzeb tej pracy przeprowadzono analogiczne obliczenia. Oparto je jednak na danych z ww. kopalń, częściowo zaktualizowanych w zakresie składu gazów kopalnianych (tab. 8 – cz. IV, tab. 11 – cz. V, tab. 12 i 14 – cz. VI) i położenia miejsc ich pochodzenia w odniesieniu do stref gazowych. Wykorzystano w nich także przeciętny skład gazów złożowych tych stref w odpowiednich rejonach gazowych GZW (tab. 4 – cz. III). W obliczeniach uwzględniono tylko dane z kopalń nieodwadnianych, a więc bez zachodniej części KWK „Moszczenica”. Dla pierwszej strefy wysokometanowej w rejonie V przyjęto koncentrację metanu jak w rejonie IV (por.: tab. 6 – cz. III), a zawartość metanu w gazach kopalnianych z poziomów –120 i –240 m KWK „Moszczenica” uśredniono, gdyż udostępniają one tę samą strefę gazową. Przeprowadzone obliczenia z dużo większym prawdopodobieństwem potwierdziły wcześniejsze wyniki, uzyskane na podstawie danych przybliżonych. Otrzymano bowiem bardzo wysoką wartość współczynnika korelacji ( $R = 0,955$ ), mimo nielicznych danych ( $n = 8$ ) istotną na poziomie istotności ( $\alpha < 0,001$ ) graniczącym niemal z pewnością (rys. 39).

Niezależnie, po zniwelowaniu wpływów powietrza atmosferycznego lub wentylacyjnego, w gazach kopalnianych każdego z szybów I i II KWK „Morcinek” odrębnie, jak i z szybu III oraz pochylni DM KWK „1 Maja”, zwraca uwagę ewidentna, odwrotna proporcjonalność koncentracji metanu i azotu oraz brak współzależności koncentracji metanu i ditlenku węgla (rys. 40c, d i 41c, d). Analogiczną proporcjonalność i brak współzależności obserwuje się także w gazach złożowych odpowied-

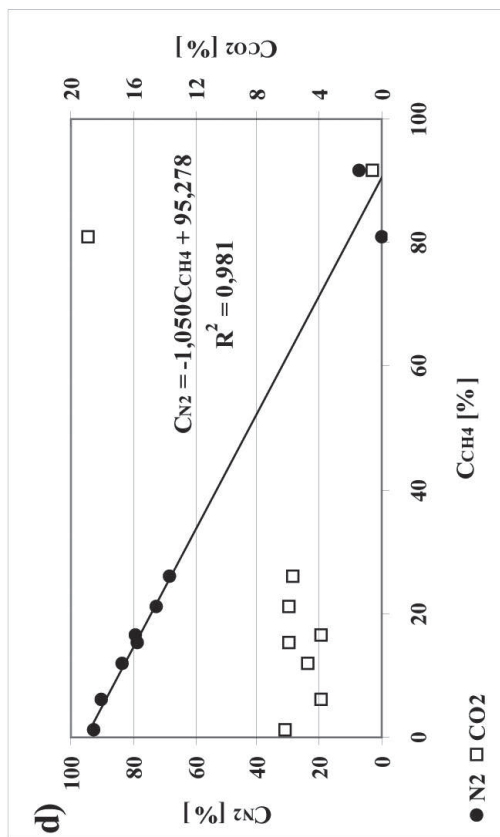
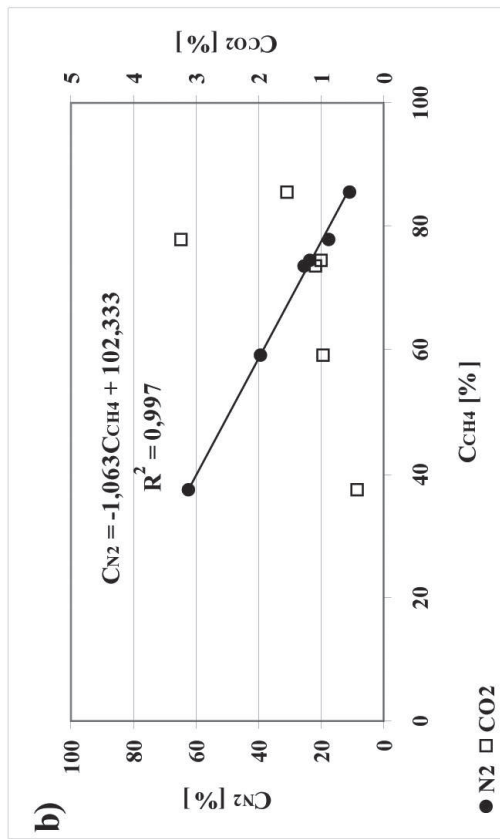
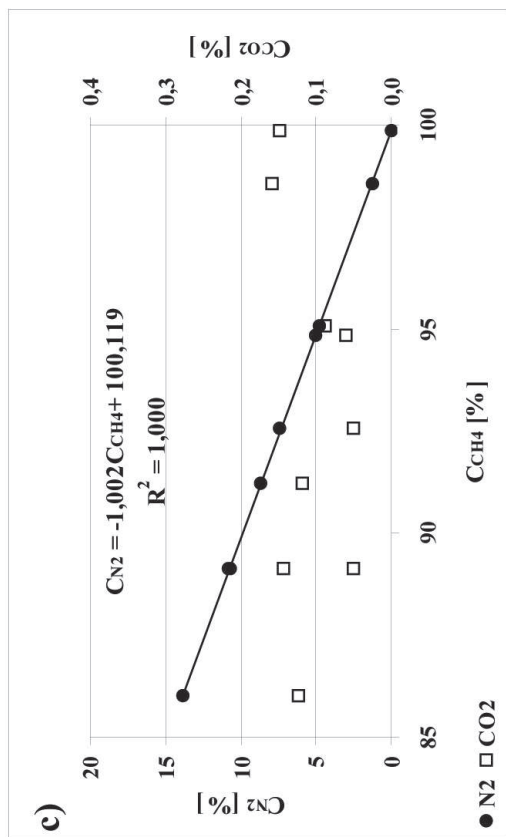
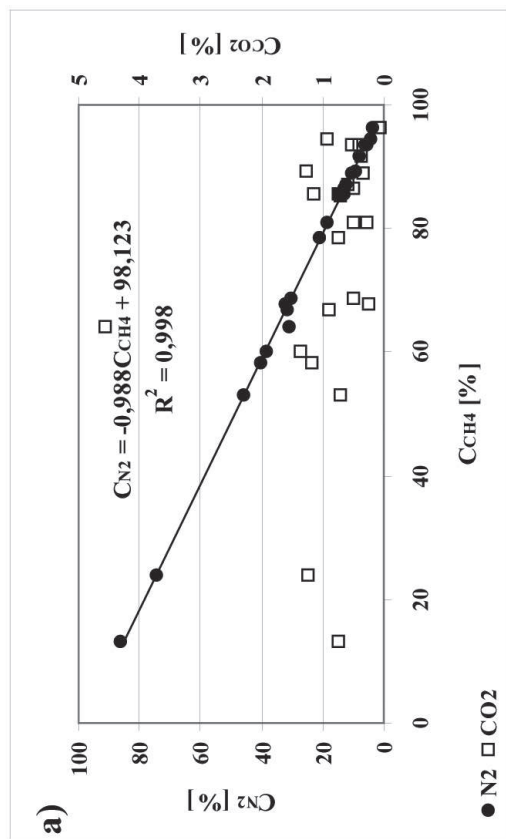
nich stref gazowych (rys. 40a, b i 41a, b). Mimo że obserwacje te w gazach złożowych dotyczą zmienności przestrzennej, a w kopalnianych zróżnicowania w czasie, to jednak można je z sobą porównać. Fluktuacje koncentracji poszczególnych gazów kopalnianych są bowiem wynikiem sukcesywnej zmiany w czasie miejsc górotworu, z których dopływają. Na taki proces wskazuje m.in., znana z czynnych wyrobisk górniczych, większa nierównomierność wydzielania metanu z pokładów o wyższej metanowości (np.: [8]). Koresponduje ona ze znaczną zmiennością nasycenia węgla metanem (por.: [20]), szczególnie w pokładach zawierających gaz o pochodzeniu allochtonicznym lub mieszanym, allochtoniczno-autochtonicznym (por.: tab. 2 – cz. III), najczęściej eksploatowanych w GZW.

Niewielkie liczebności możliwych do wykorzystania analiz gazów kopalnianych (KWK „Morcinek” –  $n = 9$ ) i złożowych (druga



Rys. 39. Zależność średniej koncentracji metanu w gazach kopalnianych ( $C_k$ ) zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego od jego koncentracji w gazach złożowych ( $C_z$ ) odpowiednich stref gazowych, na podst. danych z kopalń: „1 Maja”, „Morcinek”, „Moszczenica” (tylko część zachodnia) i „Żory”;  $R$  - współczynnik korelacji.

Fig. 39. Dependence of average concentration of methane within mine gases ( $C_k$ ) of abandoned coal mines on methane concentration within deposit gassy zones, on the basis of data from mines: “1 Maja”, “Morcinek”, “Moszczenica” (the W part only) and “Żory”;  $R$  - correlation coefficient.



Rys. 40. Porównanie zależności koncentracji azotu ( $C_{N_2}$ ) i ditlenku węgla ( $C_{CO_2}$ ) od koncentracji metanu ( $C_{CH_4}$ ), obserwowanych w gazach złożowych strefy wysokometanowej (a) i przejściowej (b) w IV rejonie gazowym GZW, z obserwowanymi w gazach kopalnianych z szybow I (c) i II (d) KWK „Morcinek”, udośćwiających odpowiednio takie same strefy V rejonu GZW; R - współczynnik korelacji.

Fig. 40. Comparison of the dependencies of concentrations of nitrogen ( $C_{N_2}$ ) and carbon dioxide ( $C_{CO_2}$ ) on methane concentration ( $C_{CH_4}$ ), observed in deposit gases from high-methane (a) and transient (b) zones in the IV gassy region of USC B, with analogous dependencies observed in mine gases from the I (c) and II (d) shafts of “Morcinek” mine, which open - adequately - the same zones in the V gassy region of USC B; R - correlation coefficient.

strefa przejściowa w rejonie VI – n = 6) lub ich brak (rejon V), zmuszający do porównań z danymi z rejonu najbardziej podobnego (tu: IV, vide: tab. 6 – cz. III), uniemożliwiają porównanie rozkładów składu gazów kopalnianych i złożowych metodami statystycznymi. Podobieństwo obserwowanych w nich zależności lub ich braku pomiędzy metanem, azotem i ditlenkiem węgla, w powiązaniu z wyraźną zależnością koncentracji metanu w gazach kopalnianych i złożowych, pozwala jednak na uogólnienie spostrzeżeń sformułowanych powyżej w odniesieniu do samego metanu. Można więc stwierdzić, że w każdej ze zlikwidowanych kopalń, jak i na odrębnych poziomach ich zrobów, skład cząsteczkowy gazów kopalnianych w znacznym stopniu odzwierciedla skład gazów złożowych. Tym samym można przyjąć, że z górotworu do zrobów wydzielają się, oprócz metanu, także inne gazy złożowe – w ilościach proporcjonalnych do ich udziału w składzie cząsteczkowym.

Jeśli nawet założyć stałą objętość zrobów zlikwidowanych kopalń węgla (w praktyce malejącą wskutek ich zaciskania), to wydzielanie gazów złożowych do ich zamkniętych przestrzeni, zgodnie z prawem Boyle-Mariotta, musi powodować wzrost ciśnienia zbiornikowego w ich obrębie. Jak ilustrują to obliczenia ciśnienia w zrobach KWK „Morcinek”, przyczyną przyspieszenia wzrostu ciśnienia gazów kopalnianych jest także zakończenie odwadniania zrobów. Wskazują na to również pomiary nadciśnienia na poziomie 705 m KWK „Żory” (rys. 29 – cz. VI) i – z pewnymi zastrzeżeniami – w pochylni DM KWK „1 Maja”. W świetle przywołanego prawa Boyle-Mariotta jest to dość oczywiste, gdyż wody dopływające z górotworu, zalewając stopniowo zrob, zmniejszają ich objętość, dostępną dla gazów.

Prawo to uzasadnia także oddziaływanie niektórych z omówionych w pracy czynników górniczych, przeciwdziałające sprężaniu gazów kopalnianych. Pierwszym z nich są systemy odmetanowania zrobów. Odprowadzając część lub – jak np. w KWK „Żory” – nawet całość gazów dopływających do zrobów, powodują bowiem spadek ich ilości w określonej, w danej chwili, objętości zrobów. Tym samym, wpływają na wolniejszy wzrost, stabilizację lub wręcz spadek ciśnienia zbiornikowego. Drugim z takich czynników są natomiast systemy wentylacyjne, tak kopalń likwidowanych, jak i kopalń czynnych, sąsiadujących ze zlikwidowanymi. Depresja wywierana przez nie na zrobie powoduje bowiem przepływ części lub całości gazów ze zrobów do czynnych wyrobisk. Oddziałuje więc analogicznie jak odmetanowanie, choć zazwyczaj znacznie od niego silniej. Dowodzi tego m.in.: odwrócenie kierunku przepływu gazów w zrobach KWK „1 Maja” po wzroście depresji wentylacyjnej, wywołanym zasypaniem wlotów szybów centralnych na poziomie 610 m, jak i przenikanie gazów ze zrobów KWK „Żory” do czynnych wyrobisk kopalń „Borynia” i „Jankowice”, przed znaczącym wzrostem ich ujęcia odmetanowaniem. Pośrednio przemawia za tym także koncentracja metanu w gazie ujmowanym z zachodniej części zrobów KWK „Moszczenica”, poddanej oddziaływaniu wentylacji KWK „Jas-Mos”, niższa niż w części wschodniej (tab. 14 – cz. VI), oddziaływaniu takiemu nie podlegającej.

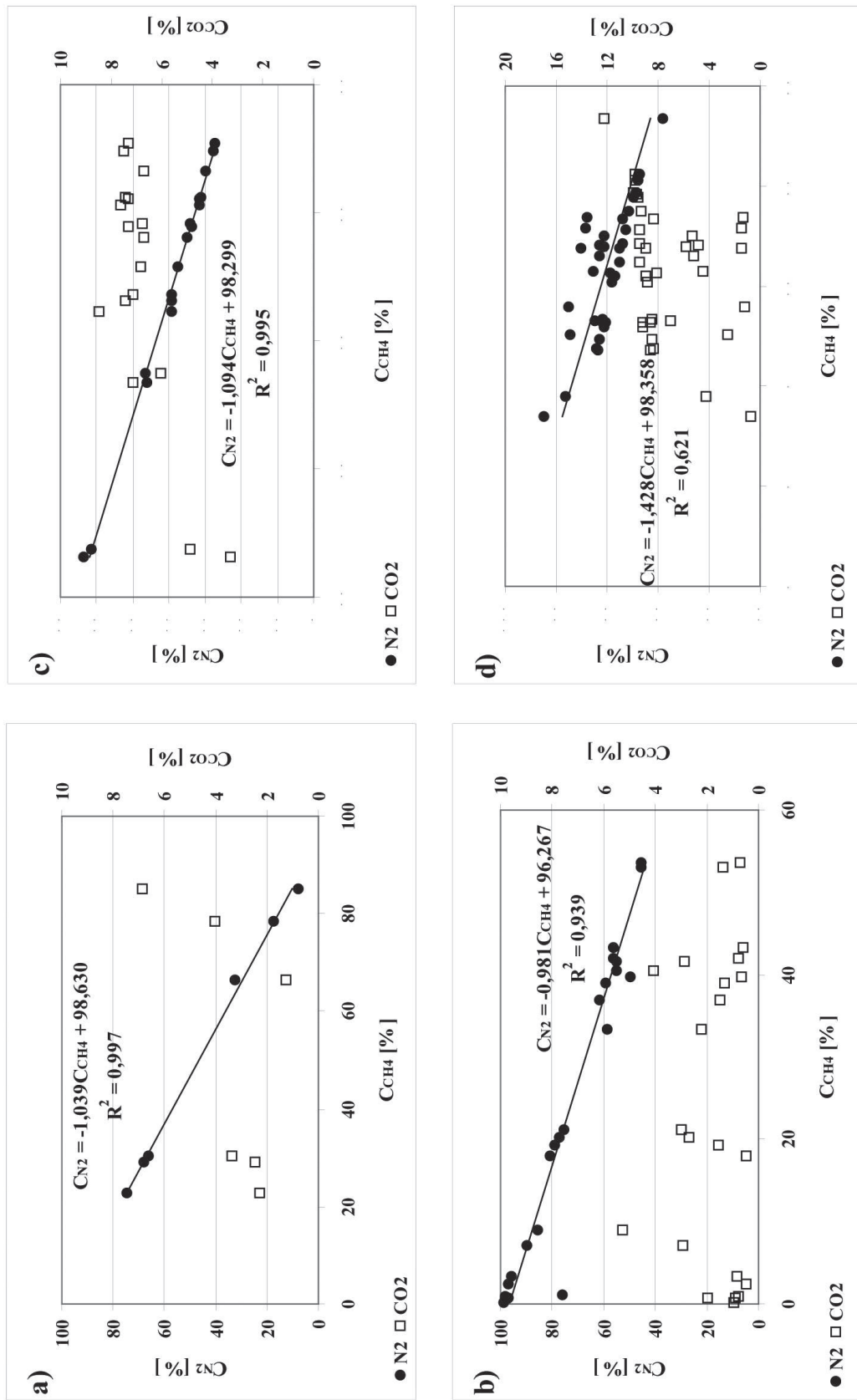
Dotychczasowe stwierdzenia pokazują, że wzajemne, w części przeciwstawne oddziaływanie i względne natężenie omówionych powyżej czynników, czyli: wydzielania gazów złożowych, dopływu wody oraz odprowadzania gazów kopalnianych systemami odmetanowania i wentylacji, określają przebieg zmian ciśnienia gazów w zrobach zlikwidowanych kopalń. Oprócz nich, dla zmian ciśnienia znaczenie mają także połączenia zrobów z powierzchnią

terenu. Połączenia takie stanowią bowiem drogi ucieczki (migracji) gazów kopalnianych i miejsca ich emisji do atmosfery. Obliczenia ciśnienia w zrobach KWK „Morcinek” wskazują jednak, równocześnie, że ucieczka taka – w znaczącej skali – a zatem i jej wpływ na ciśnienie zbiornikowe, jest możliwa dopiero po jego wzroście do określonej wartości, umożliwiającej pokonanie przez gazy kopalniane napotkanych oporów przepływu.

W świetle szerzej omówionych, jak i tylko wzmiankowanych obserwacji, przedstawionych w tej pracy, dość oczywistym wydaje się stwierdzenie, że opory przepływu gazów kopalnianych determinowane są lokalnymi warunkami górniczo-geologicznymi. Dane przedstawione w pracy, w odniesieniu do GZW, spośród licznych czynników geologicznych pozwalają zwrócić uwagę tylko na charakter nadkładu formacji węglonośnych. Umożliwia to porównanie obecności ditlenku węgla w powietrzu glebowym na obszarach kopalń „1 Maja” i „Moszczenica”, przykrytych słaboprzepuszczalną pokrywą mioceńską, ze wspomnianym na początku pracy pojawieniem się tego gazu w podpiwniczeniach budynków, położonych w granicach obszaru KWK „Katowice-Kleofas”, pozbawionego takiej pokrywy. Jeśli bowiem uwzględnić badania w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym (m.in.: [16, 18, 19]), wskazujące na wielokrotnie wyższe koncentracje gazów kopalnianych w powietrzu glebowym niż w obiektach budowlanych na powierzchni, to porównywalne koncentracje ditlenku węgla, zmierzone w podpiwniczeniach budynków ponad zrobami KWK „Katowice-Kleofas” (do 8,0%) oraz w powietrzu glebowym na obszarach KWK „1 Maja” i KWK „Moszczenica” (do 6,0–6,5% [5, 28]), wskazują na znacznie większe opory przepływu, jakie gazom stwarza nadkład mioceński. Potwierdzają tym samym jego izolujący charakter. Powyższa przesłanka jest tym silniejsza, że wspomniana obecność ditlenku węgla w powietrzu glebowym może być przejawem biologicznych procesów glebowych, a nie migracji gazów kopalnianych. Taki przypadek wskazywałby natomiast, że nadkład mioceński nie tyle stwarza gazom większe opory przepływu, co wręcz przepływ taki uniemożliwia.

Powyższe stwierdzenie jest szczególnie istotne w odniesieniu do przedmiotu i obszaru badań, objętego tą pracą. Jeśli bowiem pominąć KWK „Dębieńsko”, to pozostałe kopalnie, zlikwidowane w granicach tego obszaru, charakteryzują się występowaniem miększej pokrywy ilów mioceńskich (rys. 5 – cz. II). Tym samym można oczekiwać, że znacząca ilościowo ucieczka gazów kopalnianych na powierzchnię ma tu miejsce niemal wyłącznie poprzez zlikwidowane szyby i otwory wiertnicze, przebijające utwory miocenu. Opory, jakie napotykają przepływające nimi gazy, są więc uzależnione głównie od czynników górniczych. Porównanie swobodnego wpływu metanu szybami pola Czyżowice, przed ich zasypaniem, z późnym pojawieniem się znaczących koncentracji metanu w szybach KWK „Morcinek”, a także z wyraźnie opóźnioną „reakcją” szybu III KWK „1 Maja” na zmiany w systemie wentylacji kopalni, w trakcie jej likwidacji, wskazuje, że głównym z czynników górniczych jest metoda likwidacji szybów (otworów?). W przeciwieństwie do zasypiania szybu, jego „likwidacja” przez tzw. „trwałą izolację płytą na zrębie” praktycznie nie zapewnia bowiem nawet częściowej gazoszczelności „izolacji” zrobów od powierzchni terenu, umożliwiając niemal swobodną ucieczkę gazów kopalnianych do atmosfery.

Następnym czynnikiem górniczym, wpływającym na opory przepływu gazów kopalnianych, wydaje się sposób zamknięcia połączeń szybów z poszczególnymi poziomami zrobów. Zagadnienia tego szerzej tu nie analizowano.



Rys. 41. Porównanie zależności koncentracji azotu ( $C_{N_2}$ ) i ditlenku węgla ( $C_{CO_2}$ ) od koncentracji metanu ( $C_{CH_4}$ ), obserwowanych w gazach złożowych stref przejściowej (a) i odgazowanej (b) w VI rejonie gazowym GZW, z obserwowanymi w gazach kopalnianych z szybu III (c) i pochylni DM (d) KWK 1 Maja, udostępniających odpowiednio te strefy; R - współczynnik korelacji.

Fig. 41. Comparison of concentrations of nitrogen ( $C_{N_2}$ ) and carbon dioxide ( $C_{CO_2}$ ) on methane concentration ( $C_{CH_4}$ ), observed in deposit gases from transient (a) and degassed (b) zones in the VI gassy region of USCIB with analogous dependencies observed in mine gases from the III shaft (c) and the DM dip road (d) of 1 Maja mine, which open - adequately - these zones; R - correlation coefficient.



Jednak, znacznie szybsze ujawnienie się emisji gazów kopalnianych w szybie III (520 dni) niż w pozostałych szybach KWK „Morcinek” (890 dni), przy równoczesnych przesłankach wskazujących na zniszczenie korków oporowych przy tym szybie, zdaje się świadczyć, że czynnik ten ma istotne znaczenie.

Ostatnim z czynników, którego wpływ na opory przepływu gazów ujawnił materiał przedstawiony w tej pracy, jest głębokość połączenia szybu (otworu) ze zrobami zlikwidowanej kopalni. Świadczą o tym przede wszystkim obserwacje i obliczenia ciśnienia zbiornikowego dotyczące KWK „Morcinek”. Wahania koncentracji metanu w przyujściowych częściach szybów I i II wykazują tu bowiem wyraźną korelację (rys. 23a – cz. V). Równocześnie, tylko w szybie II stwierdzono wysoką koncentrację tlenu i odwrotną proporcjonalność zmian koncentracji metanu i tlenu (rys. 22 – cz. V). Wskazuje to, że – odmiennie niż w szybie I – na skład gazów w szybie II znacznie większy wpływ niż ciśnienie zbiornikowe wywierały wahania ciśnienia barometrycznego. Wyjaśnienia tego dostarcza odmienna głębokość najpłytszego udostępnienia zrobów kopalni oboma szybami, wynosząca 650 m – w szybie I, i 800 m – w szybie II, a tym samym dłuższa droga przepływu gazów i wynikający z niej, niższy gradient ciśnienia zbiornikowego w szybie II niż w szybie I. Potwierdzenia znaczenia głębokości udostępnienia zrobów zdaje się dostarczać także porównanie czasu, w jakim zmiany reżimu ciśnienia w zrobach znajdowały odzwierciedlenie we wzroście koncentracji metanu w szybach. Czas ten był znacznie krótszy (kilka dni) w połączonym z poziomem 215 m szybie III KWK „1 Maja”, niż w szybach I, II i III KWK „Morcinek” (520 i 890 dni), udostępniających poziomy 650 i 800 m. Można więc stwierdzić, że dla migracji gazów kopalnianych szybami decydujące znaczenie mają najpłytsze ich połączenia ze zrobami kopalni, szczególnie jeśli pominąć technologię ich likwidacji, w obszarze badań generalnie bardzo podobną.

Powyższe ma duże znaczenie dla wyjaśnienia pozornie nieuporządkowanego rozkładu maksymalnych koncentracji metanu, zmierzonych w objętych kontrolą gazową, zasypanych szybach zlikwidowanych kopalń węgla SW części GZW (tab. 16 – cz. VII). Ich porównanie ze średnimi koncentracjami metanu w strefach gazowych, położonych na głębokościach odpowiadających najpłytszym połączeniom szybów ze zrobami (tab. 20 – cz. VII), szczególnie w szybach o niezerowych koncentracjach metanu (rys. 36 – cz. VII), wykazało bowiem wysoką korelację pomiędzy koncentracjami w szybach i w gazach złożowych. W powiązaniu z wykazanim powyżej, analogicznym związkiem składu cząsteczkowego gazów kopalnianych i złożowych (rys. 39) pozwala to, po raz kolejny, uogólnić spostrzeżenia wysnute w oparciu o pomiary koncentracji metanu i stwierdzić, że skład gazów kopalnianych emitowanych na powierzchnię i do atmosfery jest pochodną składu cząsteczkowego gazów złożowych. Tym samym, zwłaszcza jeśli uwzględnić związek pomiędzy koncentracjami metanu i azotu, wykazany na przykładzie szybów KWK „1 Maja” i „Morcinek” (rys. 40c, d i rys. 41c, d), należy przyjąć, że zerowe wyniki kontroli gazowej miejsc potencjalnej emisji gazów kopalnianych, ograniczonej jednak do pomiarów koncentracji metanu i – rzadziej – ditlenku węgla, nie muszą świadczyć o jej braku. Wyniki takie wskazują jedynie, że w danym miejscu występuje tylko azot. Wobec tego, oczywistym staje się, że emisja gazów kopalnianych, w mniejszym lub większym zakresie, w sposób ciągły lub tylko okresowy, ma miejsce ze wszystkich zlikwidowanych kopalń, a rodzaj emitowanych gazów oraz ich koncentracje w dużej mierze zależą od warunków geologiczno-gazowych w górotworze.

Dane analizowane w pracy dotyczą jednak początkowego okresu po zakończeniu likwidacji kopalń. Jak przekonuje o tym wypychanie szybem III KWK „Morcinek” załoczonego w trakcie jego likwidacji azotu, podnoszące się zwierciadło wody z czasem spowoduje jednak przemieszczenie gazów kopalnianych z głębszych do płytszych partii zrobów. W kopalniach, które udostępniały różne strefy gazowe efektem tego będzie zmiana składu cząsteczkowego migrujących gazów. Podkreślane dotychczas, dla wyjaśnienia tego zjawiska, zróżnicowanie własności fizycznych poszczególnych gazów odgrywa tu najprawdopodobniej mniejszą rolę, choć też nie jest bez znaczenia. Wskazują na to koncentracje metanu w gazach, ujmowanych z wyodrębnionych zbiorników w zrobach KWK „Moszczenica”: w części zachodniej nieznacznie wyższe na poziomie +130 m n.p.m. niż na poziomach +70 i ±0 m n.p.m., a w części zachodniej na poziomie -120 m n.p.m. niż na poziomie -240 m n.p.m. (tab. 14 – cz. VI).

Dane zebrane z kopalń SW części GZW nie pozwalają, niestety, ocenić natężenia emisji gazów kopalnianych. Analiza koncentracji metanu, obserwowanych w zasypanych tu szybach, umożliwia jednak porównanie względnego znaczenia wpływu części z omówionych w pracy czynników na rodzaj, jak i – przede wszystkim – na wysokość koncentracji emitowanych gazów. Zagadnienia te rozwiązano z użyciem metod statystycznych. W odniesieniu do wszystkich zasypanych szybów, objętych kontrolą gazową, zastosowanie testu serii Walda i Wolfowitza oraz testu niezależności cech jakościowych pozwoliło, przede wszystkim, stwierdzić istotną różnicę pomiędzy rozkładami koncentracji metanu w szybach z grup kopalń czynnych i zlikwidowanych (tab. 17 – cz. VII). Wykazały one równocześnie zależność pojawienia się metanu w szybach obu grup kopalń od tego samego zespołu czynników (tab. 18 – cz. VII). Zgodnie z oczekiwaniami potwierdza to, że czynniki te, determinujące tak ciśnienie zbiornikowe, jak i przepływ gazów w zrobach, mają charakter uniwersalny, a o wystąpieniu lub braku niekontrolowanej migracji i emisji gazów kopalnianych decyduje względne natężenie ich przeciwstawnego oddziaływania. W kopalniach czynnych, odprowadzanie systemami wentylacji, odmetanowania i odwadniania prawie całości dopływających z górotworu gazów i wód złożowych powoduje jednak, że niekontrolowana migracja gazów kopalnianych, jeśli nawet występuje, to jedynie lokalnie i w niewielkiej skali (por. tab. 15 – cz. VI). Znacznie szybsze, niż po zakończeniu odwadniania (rys. 38a i b – cz. VII), pojawianie się metanu w szybach po przerwaniu wentylacji kopalń – i to często niemal od razu w najwyższych dla danego szybu koncentracjach (rys. 38c i d – cz. VII) – wskazuje równocześnie, że w kopalniach czynnych głównym czynnikiem przeciwdziałającym niekontrolowanej migracji i emisji gazów jest funkcjonowanie systemów wentylacji.

W granicach kopalń zlikwidowanych, stanowiących zasadniczy przedmiot tej pracy, emisję metanu stwierdzono w ponad połowie zasypanych szybów, w tym w części w znacznych koncentracjach (tab. 16 – cz. VII). Analizę danych z szybów tej grupy, z uwagi na ich jakościowy charakter, przeprowadzono z użyciem korelacji rang. Obliczenia współczynnika korelacji rang Spearmana ( $r$ ) pomiędzy maksymalnymi koncentracjami metanu w szybach, a:

- typem strefy gazowej, udostępnionej najpłytszym poziomem szybów,
- funkcjonowaniem lub zakończeniem odwadniania, i
- oddziaływaniem systemów wentylacji i odmetanowania, względnie jego brakiem,

dało w wyniku wartości współczynnika korelacji istotne na poziomie istotności 0,008–0,052 (tab. 22). Współ-

czynniki determinacji, obrazując w jakiej części zmienność koncentracji metanu zależy od poszczególnych czynników, pozwoliły natomiast ocenić ich względne znaczenie. I tak, najważniejszym czynnikiem okazał się typ strefy gazowej ( $r^2 = 0,460$ ), a mniej istotnymi kolejno: odwadnianie kopalń ( $r^2 = 0,325$ ) oraz wpływ wentylacji i odmetanowania ( $r^2 = 0,220$ ). Biorąc pod uwagę wcześniejsze stwierdzenia, przedstawione w tym rozdziale, i ponownie uogólniając spostrzeżenia dotyczące metanu na wszystkie gazy kopalniane, można więc stwierdzić, że warunki geologiczno-gazowe w górotworze są nie tyle jednym z wielu, co wręcz głównym czynnikiem determinującym rodzaj i koncentracje gazów emitowanych ze zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego.

Bazując na obliczonych powyżej wartościach współczynników determinacji (tab. 22), za pomocą korelacji wielorakiej, obliczono łączny wpływ ww. czynników na emisję metanu. W odniesieniu do szybów w obszarach kopalń zlikwidowanych oceniono, że czynniki te odpowiadają za jej zmienność w 71,6% ( $r^2 = 0,716$ ). Wyjaśniają więc zróżnicowanie emisji metanu i gazów kopalnianych w znacznym, choć nie w wyczerpującym stopniu.

Biorąc pod uwagę malejące koncentracje metanu i tlenu węgla w szybach pola Czyżowice, spowodowane wypełnianiem wyrobisk pola materiałem przemieszczającym się do nich z szybów, można przypuszczać, że do innych czynników, istotnych dla migracji i emisji gazów kopalnianych, należy także technologia likwidacji wyrobisk górniczych (podsadzanie lub tylko ich otamowanie, doszczelnianie zrobów itp.), a nawet metoda eksploatacji (zawał, podsadzka). Równocześnie, dane dotyczące historii kształtowania się metanowości nowo udostępnianych złóż i ich partii (por. np.: [29]) wskazują, że w miarę ich rozcinania metanowość wentylacyjna szybko rośnie, a następnie – po osiągnięciu swego maksimum – stopniowo spada wskutek postępującego ich odgazowania. Sugeruje to, że kolejnym czynnikiem, wpływającym na koncentracje emitowanych gazów, może być zakres eksploatacji na najpłytszym poziomie udostępnionym danym szybem i jego stosunek do zakresu eksploatacji na innych poziomach z nim połączonych. W powyższym kontekście trudno nie brać pod uwagę także czasu zakończenia robót górniczych na poszczególnych poziomach kopalni. Wraz z jego upływem należy bowiem oczekiwać tak większego odgazowania złoża przed ostateczną likwidacją kopalni, jak i postępu w zaciskaniu zrobów i wyrobisk, ograniczającego możliwości przepływu gazów. Wskazuje na to m.in. brak praktycznego wpływu wentylacji likwidowanej KWK „1 Maja” na szyb III, poprzez wyrobiska

starszego poziomu 280 m, po wentylacyjnym odcięciu młodszego poziomu 410 m. Szczegółowa analiza tych, jak i innych czynników przekraczałaby jednak znacznie ramy tej pracy. W związku z tym zagadnienia ich dotyczące pozostawiono nadal otwarte.

W pracy podjęto jednak próbę wyjaśnienia roli jeszcze innego czynnika opisywanego w literaturze, a mianowicie zmian ciśnienia barometrycznego. Brak szczegółowych danych nt. kształtowania się ciśnienia, poza okresem lat 2002–2004, i mała liczebność szybów o niezerowej koncentracji metanu, obserwowanej w tym okresie, powoduje jednak, że nie da się ocenić ilościowo znaczenia tego czynnika w odniesieniu do znaczenia pozostałych, szerzej omówionych powyżej. W ujęciu jakościowym, umożliwia to jednak porównanie zmian ciśnienia barometrycznego i koncentracji metanu w szybach KWK „1 Maja” (rys. 21 – cz. IV) i KWK „Morcinek” (rys. 25 i 26 – cz. V). Pewne światło na znaczenie ciśnienia barometrycznego rzuca także brak zależności od typu trendu barycznego pojawiania się metanu w analizowanych szybach SW części GZW (tab. 21 – cz. VII), jak i w szybach i otworach KWK „Moszczenica” (tab. 13 – cz. VI), przy równocześnie wyraźnie częstszym stwierdzeniu maksymalnych jego koncentracji w okresach trendów niżowych. Spostrzeżenia te dowodzą, że zmiany ciśnienia barometrycznego istotnie wpływają na emisję gazów kopalnianych. Ich wpływ odzwierciedla się w wahaniach koncentracji migrujących gazów wokół charakterystycznego dla danego szybu (otworu) średniego poziomu (rys. 21 – cz. IV, rys. 25 i 26 – cz. V), którego wysokość wynika raczej z pozostałych, omówionych powyżej czynników.

Reasumując powyższe stwierdzenia, w kontekście stawianych przed tą pracą celów użytkowych, trzeba więc stwierdzić, że emisji gazów kopalnianych w GZW można oczekiwać ze wszystkich zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego. Jej wystąpienia należy natomiast spodziewać się szczególnie tam, gdzie zrobów nie obejmuje wystarczająco silne odmetanowanie lub oddziaływanie wentylacji sąsiadujących kopalń czynnych, względnie pompowni utworzonych w oparciu o część wyrobisk kopalń zlikwidowanych. Równocześnie, w większym natężeniu emisja taka może występować z kopalń całkowicie lub częściowo zatapianych – w okresach ich zalewania. Natomiast w kopalniach odwadnianych natężenie wypływu gazów będzie prawdopodobnie mniejsze i ograniczone głównie do okresów niżowych trendów barycznych. Nawiązanie do warunków geologiczno-gazowych GZW, scharakteryzowanych w pracy, pozwala też ocenić, że w rejonach gazowych o przejściowej lub zamkniętej

Tab. 22. Zestawienie wartości współczynnika korelacji rang Spearmana ( $r$ ) pomiędzy maksymalnymi koncentracjami metanu w szybach SW części GZW, położonych w obszarach zlikwidowanych kopalń, a wybranymi czynnikami geologiczno-gazowymi, wraz z wartościami wykorzystanej do weryfikacji jego istotności zmiennej losowej  $u^*$  i poziomem ufności  $\alpha$ .

Tab. 22. Values of Spearman's rank correlation coefficient ( $r$ ) between maximum values of methane concentration in the shaft located within concession areas of abandoned coal mines from the SW part of USCB and selected mining-geological agents, and values of stochastic " $u$ "\* variable used to verify the coefficient essentiality, as well as confidence level  $\alpha$ .

Czynnik:	$r$	$r^2$	$u$	$\alpha$
Strefa gazowa	0,678	0,460	2,712	0,008
Owadnianie	0,570	0,325	2,280	0,015
Wentylacja (odmetanowanie)	-0,469	0,220	-1,876	0,052
Korelacja wieloraka		0,716		

\*  $u = r / \sqrt{1/(n-1)}$ ,  $r$  jest istotne, jeżeli  $|u| > u_{\alpha}$ , gdzie:  $u_{\alpha}$  – wartość krytyczna zmiennej  $u$  na poziomie istotności  $\alpha$  ( $u_{\alpha}=1,960$  dla  $\alpha=0,05$ )

strukturze rozkładu przestrzennego metanonośności głównym emitowanym gazem będzie zazwyczaj metan, a w pozostałej części Zagłębia azot – z zastrzeżeniem, że lokalnie może pojawiać się także ditlenek węgla. Ocena taka dobrze tłumaczy różnicowanie przejawów emisji odnotowanych dotychczas w GZW. Mimo nieznacznej zawartości ditlenku węgla w gazach złożowych i kopalnianych GZW oraz – w konsekwencji – stosunkowo niskich jego koncentracji, jakich w porównaniu z metanem można spodziewać się w elementach infrastruktury powierzchniowej terenu, zagrożenie bezpieczeństwa powszechnego z jego strony paradoksalnie może okazać się jednak poważniejsze niż ze strony metanu. Migracji metanu przez szczelną pokrywę mioceńską można bowiem oczekiwać głównie w otoczeniu ograniczonych ilościowo, a więc stosunkowo łatwych do kontroli, zlikwidowanych szybów i otworów wiertniczych. Ewentualny wpływ ditlenku węgla, przy braku takiej pokrywy, może natomiast zachodzić nie tylko w pobliżu takich wyrobisk, lecz także – podobnie jak w DZW [18] – wzdłuż szeroko rozprzestrzenionych, a tym samym trudnych do kontroli, krawędzi płytkiej eksploatacji oraz wychodni pokładów węgla i skał gruboklastycznych. Dodatkowo, należy pamiętać o możliwości zmiany składu cząsteczkowego emitowanych gazów i – w efekcie – skali ewentualnego zagrożenia. Jego ocena wymaga więc każdorazowo indywidualnej analizy warunków geologiczno-gazowych i górniczych każdej zlikwidowanej kopalni.

## 12. Dyskusja wyników

Stwierdzenia przedstawione w pracy wysnuto w całości opierając się na wynikach analiz, badań i obserwacji, wykonanych dla potrzeb ruchomych kopalń węgla kamiennego. Niektóre z nich prowadziły osoby o różnicowanym podejściu do swych obowiązków, z użyciem na ogół takich samych, lecz zapewne nie zawsze identycznie wyskalowanych instrumentów pomiarowych. Mimo obowiązywania, w całym górnictwie węgla kamiennego, tych samych przepisów i procedur pomiarowych, można więc założyć *a priori*, że uzyskane w ten sposób dane nie zawsze są z sobą dokładnie porównywalne. Wpływ tego czynnika na rezultaty pracy w większości przypadków wyeliminowano, wykorzystując do badań dane na ogół sprawdzone, przez porównanie różnych źródeł, a także wyniki analiz z określonego laboratorium (metanonośność, skład gazów złożowych) lub pomiarów z pojedynczych kopalń (ciśnienie barometryczne).

Taki sposób postępowania przyjęto także w odniesieniu do pomiarów koncentracji i analiz składu gazów kopalnianych w zasypanych szybach, otworach wiertniczych, zrobach oraz rurociągach odmetanowania, których to zastrzeżenie braku porównywalności dotyczy przede wszystkim (por.: rozdz. 4.1.1.). Większość stwierdzeń pracy, odnoszących się do wpływu zatapiania, wentylacji i odmetanowania kopalń, a także ciśnienia barometrycznego na migrację i emisję gazów, wysnuto bowiem na podstawie wyników analiz składu gazów, prowadzonych przez laboratoria pojedynczych kopalń. Wyniki takie wykorzystano też do oceny zależności pomiędzy koncentracjami różnych gazów w indywidualnych szybach i metanu w różnych szybach danej kopalni (kilku kopalń) oraz do oszacowania składu gazów na odmiennych poziomach kopalń: „1 Maja”, „Moszczenica” i „Morcinek”. Powyższe zastrzeżenie, jak już wspomniano przy charakterystyce wykorzystanych danych, takich analiz nie dotyczy. Oparte na nich spostrzeżenia, szacunki i oceny można więc uznać za wiarygodne. Wobec tego, brak też podstaw

do odrzucenia zgodnych z nimi, nielicznych stwierdzeń, wysnutych w tym zakresie z użyciem analiz wykonanych w laboratoriach różnych kopalń (przypadek KWK „Żory”), czy tylko pomiarów koncentracji metanu (pole Czyżowice, KWK „1 Maja” przed 2002 r.).

Nie w pełni porównywalnych danych użyto wyłącznie do porównań koncentracji metanu w zlikwidowanych szybach z danymi innego rodzaju lub pomiędzy szybami. Wykorzystane wyniki pomiarów i analiz są jednak na tyle liczne, że umożliwiły ich badanie metodami statystycznymi, których wyniki charakteryzowało bliskie zeru prawdopodobieństwo ich błędnego przyjęcia. Przedstawione w pracy wyniki takich badań należy więc również uznać za wiarygodne.

Z ostrożnością trzeba natomiast podchodzić do wartości bezwzględnych, uzyskanych w oparciu o dane przybliżone lub jednostkowe. Przykłady dostarczają tu porównania z datami, opisującymi przebieg likwidacji kopalń. Na ich podstawie nie można bowiem stwierdzić jednoznacznie, że pomiędzy zaistnieniem określonych faktów, w porównywanych obiektach, upłynęły np. 2, 4 albo 33 dni. W pełni prawdziwym będzie jednak twierdzenie, że rozdzielało je kilka albo kilkadziesiąt dni, albo że w jednym z porównywanych obiektów czas, określony w ten sposób, był zdecydowanie dłuższy.

Wiarygodność niektórych stwierdzeń pracy nieco osłabia wykorzystanie, do dalszej analizy, wartości bezwzględnych, oszacowanych wcześniej na podstawie danych nielicznych lub przyjętych arbitralnie, względnie przez analogię. Przykład stanowi tu choćby badanie korelacji pomiędzy koncentracjami metanu w gazach kopalnianych i złożowych, czy ocena metanowości kopalń w rejonach gazowych GZW. Tym niemniej, jak wykazano to poniżej, zależności uzyskane w oparciu o takie wartości bezwzględne okazały się na tyle wyraźne, że trudno byłoby je negować, albo są zgodne z dotychczasowym stanem wiedzy. Wiarygodność innych stwierdzeń nie służy też jakościowy lub ilościowy charakter wielu danych, zmuszający do zastosowania nieparametrycznych testów statystycznych. Ich użycie zawsze bowiem niesie z sobą większe ryzyko popełnienia błędu, niż w przypadku testów parametrycznych. W wyniku zastosowania takich testów, w większości przypadków wartości obliczonych statystyk okazały się jednak zdecydowanie różne od ich wartości krytycznych (por.: tab. 17 i 18 – cz. VII), a współczynniki korelacji rang istotne na wystarczającym poziomie istotności, w dwóch przypadkach na trzy niemal wykluczającym możliwość ich błędnego przyjęcia (por.: tab. 22). Korelację rang Spearmana zastosowano, ponadto, tylko do porównania siły związku pomiędzy maksymalnymi koncentracjami metanu w zlikwidowanych szybach, a wybranymi czynnikami górniczo-geologicznymi. Ich istotność nie miała więc specjalnego znaczenia. Tak więc, także zależności uzyskane z użyciem nieparametrycznych testów statystycznych są raczej trudne do odrzucenia.

Pierwszym z istotnych rezultatów pracy jest charakterystyka warunków geologiczno-gazowych GZW. Opracowano ją w oparciu o bardzo liczne wyniki pomiarów metanonośności, umożliwiające ich analizę statystyczną. Pochodząc, w praktyce, z pojedynczego laboratorium, były one pozbawione wady niepełnej porównywalności. Wobec tego, mimo braku możliwości ich weryfikacji, trudno byłoby kwestionować wiarygodność charakterystyk warunków geologiczno-gazowych, opracowanych na ich podstawie. Podobne stwierdzenie można odnieść także do charakterystyk składu cząsteczkowego gazów złożowych w GZW. Mimo mniejszej liczebności wyników

jego analizy, główne stwierdzenia pracy w tym zakresie wysnuto bowiem w oparciu o dane ze strefy odgazowanej i autochtonicznej wysokometanowej. W strefach tych liczebność danych była natomiast wystarczająca.

Kolejnym z istotnych stwierdzeń pracy jest zależność ilości metanu, uwalniającego się z górotworu, od położenia kopalń w obrębie określonych struktur pola metanonośności oraz od usytuowania wyrobisk górniczych względem stref gazowych, w obrębie tych struktur. Wyróżnione struktury różnicuje obecność lub brak allochtonicznej, wysokometanowej strefy gazowej. Wiąże się z tym – odpowiednio: niewielka lub znaczna miąższość strefy odgazowanej. Wymienione strefy gazowe charakteryzują natomiast wysokie lub niewielkie wartości metanonośności pokładów węgla. Przedmiotowa zależność, choć w innym od dotychczasowego ujęciu, jest więc niczym innym, jak powiązaniem metanowości kopalń i wyrobisk górniczych z metanonośnością węgla. Związek taki, w tym w kopalniach zlikwidowanych, jest powszechnie znany (por. np.: [1, 21, 22, 25, 36, 40]), a ponadto zbieżny z innymi stwierdzeniami pracy. Mimo że do jego wyprowadzenia metanowości niektórych kopalń przyjęto częściowo arbitralnie brak więc podstaw do jego odrzucenia – tym bardziej, że wspomniana arbitralność dotyczy zaledwie 7,5% danych.

Podobnie, prostą konsekwencją takiego związku, choć wcześniej nie udokumentowaną, wydaje się zależność koncentracji metanu w zrobach zlikwidowanych kopalń od jego koncentracji w gazach złożowych, na głębokościach odpowiadających położeniu zrobów. Do jej wykazania wykorzystano wartości średnie koncentracji metanu w gazach złożowych, oszacowane na podstawie nie zawsze wystarczającej liczby danych (tab. 5 – cz. III), a w jednym przypadku, pierwszej strefy wysokometanowej V rejonu gazowego GZW, wartość taką przyjęto przez analogię do rejonu IV. Nie dotarto również do danych, które pozwoliłyby wyeliminować wpływ powietrza wentylacyjnego na analogiczne koncentracje w gazach kopalnianych KWK „Moszczenica” i KWK „Żory”. Tym niemniej, wcześniej zwrócono uwagę na praktyczny brak wpływu wentylacji sąsiednich kopalń na zroby KWK „Żory” i wschodniej części KWK „Moszczenica” oraz na tylko minimalne zróżnicowanie składu gazów złożowych w IV i V rejonie gazowym (tab. 6 – cz. III). Pozwala to założyć, że zniekształcenie uzyskanej zależności (rys. 39), wynikające z wykorzystania przybliżonych danych, jest niewielkie. Wobec tego, jeśli wziąć pod uwagę jej komplementarność z zależnością omówioną powyżej, a przede wszystkim bardzo małe prawdopodobieństwo (poniżej 0,001) jej błędnego uznania za prawdziwą, również w tym przypadku można, co najwyżej, kwestionować kształt wyznaczonego równania regresji, a nie – istotne dla stwierdzeń pracy – istnienie takiej zależności.

Zbliżone zastrzeżenia można też przytoczyć w odniesieniu do stwierdzeń, dotyczących związku koncentracji metanu w gazach złożowych i emitowanych szybami SW części GZW (rys. 36 – cz. VII), czy podobieństwa zależności pomiędzy składnikami gazów złożowych i gazów kopalnianych (rys. 40 i 41). Związek koncentracji metanu w gazach złożowych i emitowanych szybami wykazano bowiem na podstawie zaledwie siedmiu par danych, w tym w dwóch przypadkach jedną z wartości pary przyjęto przez analogię pomiędzy IV i V rejonem gazowym. Wysoka wartość współczynnika korelacji i jego istotność na poziomie istotności  $\alpha < 0,001$  dowodzą jednak, że związek taki istnieje, co sugerowali już wcześniej, choć bez odpowiedniego udokumentowania, M. Dzieńiewicz i inni [7]. Z kolei, porównując zależności między skład-

nikami gazów złożowych i kopalnianych, trzy spośród ośmiu prostych regresji estymowano w oparciu o nie-liczne pary danych. Mimo tego, wartości współczynników korelacji (0,998 do 1,000), obliczone na ich podstawie, wskazują na istnienie zależności nie tyle stochastycznych, co niemal lub wręcz funkcyjnych, a więc trudnych do zanegowania. Równania regresji, wyznaczone dla gazów kopalnianych V rejonu gazowego, porównano też z równaniami estymowanymi dla gazów złożowych nie V (brak danych), lecz IV rejonu. W świetle wykazanego, znacznego podobieństwa składu gazów złożowych w tych rejonach wydaje się to jednak uprawnione. Ponadto, niezależnie od liczebności danych i przyjętych analogii, zwraca uwagę podobieństwo wszystkich obliczonych równań regresji oraz, wynikające z tych równań, zubożenie gazów kopalnianych w azot, w stosunku do gazów złożowych – zgodne z wynikami badań nad desorpcją gazów wieloskładnikowych [11, 30, 33, 41]. Wskazuje to na poprawność otrzymanych wyników.

Spostrzeżenia, dotyczące wpływu na ciśnienie zbiornikowe w zrobach zlikwidowanych kopalń takich czynników, jak: wydzielanie gazów złożowych do zrobów, depresja systemów wentylacyjnych i odmetanowania oraz doptyw i spiętrzanie wód złożowych, nie wymagają komentarza. W świetle przywołanego prawa Boylea-Mariotta są one bowiem oczywiste. Równie oczywistą, a dodatkowo wielokrotnie potwierdzoną w literaturze (np.: [15, 18, 23, 34]), jest też rola połączeń zrobów z powierzchnią, jako dróg ucieczki gazów kopalnianych. W niniejszej pracy zwrócono uwagę na występujące w nich zróżnicowanie oporów przepływu gazów, wiążące je ze zmiennością warunków geologicznych i górniczych. Wniosek taki, mimo że nie został sformułowany, wynikał pośrednio już z wyników badań M. Kotarby i innych [18], wskazujących na odmienne częstości występowania podwyższonych koncentracji gazów kopalnianych ponad wyrobiskami górniczymi, naturalnymi i poeksploatacyjnymi spekaniami i nieciągłościami górotworu oraz nad wychodniami pokładów węgla.

Omówienie czynników geologicznych, wpływających na opory przepływu gazów, w pracy ograniczono tylko do wskazania na izolujący charakter nadkładu mioceńskiego. Stwierdzenie to oparto – w zasadzie – na analogii bardzo nielicznych danych z GZW z wynikami wcześniejszych badań w DZW. Z analogii tej wyprowadzono też istotne stwierdzenie, że w obszarze badań – poza KWK „Dębieńsko” – ucieczka gazów kopalnianych ma miejsce głównie poprzez przebijające ten nadkład szyby i otwory wiertnicze. Tym niemniej, izolujący charakter nadkładu mioceńskiego w GZW podkreślali już wcześniej autorzy czeszy [23] – w kontekście migracji gazów kopalnianych, oraz polscy – w odniesieniu tak do ucieczki gazów złożowych w toku historii geologicznej zagłębia (np.: [10, 17, 20, 37]), jak i do warunków hydrogeologicznych (np.: [31, 32]). Na taki jego charakter wskazują też wyniki badań M. Wysockiej i in. [39] oraz S. Chałupnika i M. Wysockiej [4] nad współczesną emisją radonu w GZW. Badania te wykazały bowiem, że w obszarach pokrytych pokrywą mioceńską emisja ta jest wielokrotnie niższa, niż na obszarach jej pozbawionych. Nie przeczy temu brak przejawów emisji gazów kopalnianych w obszarze KWK „Dębieńsko”, w granicach którego utwory karbonu wychodzą na powierzchnię. Szyby i zroby tej kopalni pozostają bowiem pod wpływem systemu wentylacyjnego pompowni, utworzonej na bazie jej wyrobisk. Wpływ tego systemu jest natomiast na tyle silny, że powodował nawet, obserwowane w szybie Jan I, zasysanie powietrza atmosferycznego do zrobów [14].

Wpływ czynników górniczych na opory przepływu gazów omówiono nieco szerzej. Poza głębokością połączenia szybów ze zrobami, nie mają one jednak większego znaczenia dla głównych stwierdzeń tej pracy. Ich szersza dyskusja nie wydaje się więc tutaj konieczna. Warto jednak wspomnieć, że spostrzeżenie o głównej roli wentylacji w przeciwdziałaniu niekontrolowanej emisji gazów z czynnych kopalń, dokonane tylko w oparciu o analizę czasu pojawiania się metanu w szybach (rys. 38 – cz. VII), jest zgodne z powszechnie dotychczas przyjmowanymi poglądami (por. np.: [6, 9, 24, 35]).

Ważnym jest natomiast zwrócenie uwagi na niektóre aspekty analizy, na podstawie której wysnuto stwierdzenie o istotnym, dla emisji gazów kopalnianych, znaczeniu najpłytszych połączeń szybów ze zrobami. Oprócz porównania czasów pojawiania się metanu w szybach, oparto je bowiem przede wszystkim na obliczeniach ciśnienia zbiornikowego w zrobach KWK „Morcinek”. Obliczenia te miały przybliżony charakter, wynikający zarówno z użycia uproszczonego wzoru (2), jak i z szeregu założeń, przyjętych przy szacowaniu objętości zbiornika i prognozie jego zatapiania (vide: [2]). Mimo tego, ich wyniki okazały się zbliżone do wyników pomiarów ciśnienia w otworze Kaczyce 1/01. Pomiarów tych nie wykorzystano w pracy bezpośrednio, gdyż nie obejmowały wystarczająco rozległego okresu. Jednak, przede wszystkim, dla przedmiotowego stwierdzenia nie miały znaczenia bezwzględne wartości ciśnienia zbiornikowego, a jedynie ich porównanie w różnych szybach kopalni. Tym samym, uproszczenia przyjęte w trakcie obliczeń wydają się dopuszczalne.

Konsekwencją zróżnicowania głębokości najpłytszych połączeń szybów ze zrobami jest udostępnienie szybami różnych stref gazowych w złożach. Wykazany związek składu cząsteczkowego gazów kopalnianych i złożowych tłumaczy więc zróżnicowanie gazów emitowanych z kopalń i pozwala twierdzić, że ich emisja następuje ze wszystkich zlikwidowanych kopalń, lecz nie zawsze jest łatwo wykrywalna. Stwierdzenie takie jest zgodne z wnioskami B. Langdona i G. Gilmoura [27], wysuniętymi dość ostrożnie na podstawie obserwacji z Wielkiej Brytanii. Jak się wydaje, ostrożność tych autorów wynika m.in. z trudności w udowodnieniu emisji azotu i – jak pokazują wyniki badań P. Wrony [38] – okresowej emisji ditlenku węgla z kopalń nadal odwadnianych, obserwowanej zasadniczo tylko w trakcie niżowych trendów barycznych.

Ciśnienie barometryczne uważali za czynnik decydujący o emisji gazów kopalnianych także inni autorzy (np.: [9]). Wyniki niniejszej pracy wskazują jednak, że nie jest to oczywiste – podobnie jak zauważył to S.G. Carden i inni [3]. Świadczą one bowiem, że ciśnienie barometryczne, choć istotne, wpływa jedynie na wahania koncentracji emitowanych gazów wokół pewnego poziomu, charakterystycznego dla każdego źródła emisji. Stwierdzenie takie jest konsekwencją porównania regularnych i częstych pomiarów ciśnienia barometrycznego z rzadkimi pomiarami koncentracji metanu w szybach KWK „1 Maja” i KWK „Morcinek”, nie obrazującymi w pełni przebiegu jej zmian. Potwierdza je jednak analiza frakcji szybów i otworów o najwyższych koncentracjach metanu w trakcie niżowych trendów barycznych – mimo nielicznej populacji, dla której ją przeprowadzono. Ponadto, przedstawione wyniki pracy nie muszą być sprzeczne z wnioskami A. Gardnera [9] i P. Wrony [38]. Wnioski te uzyskano bowiem w miejscach płytko zalegających zrobów od 100 do ponad 200-letniej historii eksploatacji węgla, przynajmniej w GZW po dzień dzisiejszy odwadnianych dzięki grawitacyjnemu spływowi wód do

czynnych kopalń lub pompowni. Zroby takie są więc w znacznej mierze odgazowane i praktycznie pozbawione czynników sprzyjających sprężaniu gazów kopalnianych. W takich warunkach zmiany ciśnienia barometrycznego mogą okazać się najsilniejszym spośród czynników omówionych w niniejszej pracy.

Wyniki pracy są nieco odmienne od dotychczasowych poglądów także w odniesieniu do jeszcze jednego zagadnienia. Podobnie jak odnotowano to w DZW (por.: [18, 24, 26]), w jednostkowym przypadku KWK „Morcinek” udokumentowano ukierunkowane zmiany składu cząsteczkowego emitowanych gazów w czasie. Tłumacząc je, wskazano jednak na wypychanie gazów kopalnianych ku górze przez podnoszące się zwierciadło wód zatapiających kopalnię, jako na główną ich przyczynę. Na głębszych poziomach zrobów skład gazów kopalnianych był bowiem inny niż ich skład na poziomach płytszych. Przyjmowanemu do tej pory za główną przyczynę, zróżnicowaniu własności poszczególnych składników mieszaniny gazów kopalnianych nadano natomiast mniejsze znaczenie. Dotychczasowy pogląd o podstawowym znaczeniu własności poszczególnych gazów przyjmowano jednak *a priori*, kierując się doświadczeniami, dotyczącymi desorpcji gazów z węgla i ich długotrwałej migracji w skałach zbiornikowych. Tymczasem, obserwacje z KWK „Morcinek” wydają się raczej dobrze udokumentowane. Można więc założyć, że przedmiotowe wyniki pracy są prawidłowe, choć jednostkowy charakter przedstawionych obserwacji skłania do ich ostrożnego traktowania.

Reasumując powyższe rozważania można więc stwierdzić, że tak do przedstawionych w pracy danych, jak i do metod ich analizy można wysunąć szereg zastrzeżeń. Mimo tego, oparte na nich wnioski są poprawne i w większości zgodne, a w dwóch przypadkach przynajmniej niesprzeczne z dotychczasowym stanem wiedzy. Tym samym, zastrzeżenia te, choć nieznacznie obniżają wiarygodność niektórych stwierdzeń, to jednak nie wpływają poważnie na ich wartość, a szczególnie na ocenę zasadniczych wniosków pracy.

### 13. Wnioski

1. Konsekwencją zróżnicowanej historii i budowy geologicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego jest m.in. horyzontalna i wertykalna zmienność warunków geologiczno-gazowych, tak pomiędzy poszczególnymi złożami węgla, jak i w ich obrębie.
2. Zmienność ta pozwala wyróżnić trzy struktury rozkładu przestrzennego metanonośności (gazonośności): zamkniętą, przejściową i otwartą, charakteryzujące się odmiennymi sekwencjami występowania i wykształceniem wyróżnianych tu stref gazowych.
3. W pewnym uproszczeniu, w profilu pionowym złóż o strukturze zamkniętej występują, kolejno od góry, następujące strefy gazowe: wysokometanowa allochtoniczna, odgazowana i wysokometanowa autochtoniczna. W profilu złóż o strukturze otwartej brak natomiast allochtonicznej strefy wysokometanowej, a strukturę przejściową charakteryzuje jej niepełne, fragmentaryczne wykształcenie.
4. Cechą wyróżniającą poszczególne strefy gazowe jest przede wszystkim zróżnicowana metanonośność: bardzo lub stosunkowo wysoka oraz niska – odpowiednio w strefach: wysokometanowej autochtonicznej i allochtonicznej oraz odgazowanej, a także jej zmienność w obrębie poszczególnych stref, rosnąca ze wzrostem allochtonizmu gazów.

5. Dla wyróżnionych stref gazowych typowym jest również określony i właściwy im skład cząsteczkowy gazów złożowych. Oprócz generalnie niewielkiej obecności ditlenku węgla charakteryzują się one przewagą metanu lub azotu w składzie gazów – odpowiednio w strefach: wysokometanowych i odgazowanej.
6. Skład cząsteczkowy gazów złożowych w strefie odgazowanej, a prawdopodobnie także w pozostałych strefach o mieszanej, allochtoniczno-autochtonicznej genezie, wykazuje zróżnicowanie pomiędzy rejonami gazowymi GZW. Jest ono szczególnie wyraźne w odniesieniu do rejonów o odmiennych strukturach rozkładu przestrzennego metanonośności. W wysokometanowej strefie autochtonicznej zróżnicowanie składu jest natomiast minimalne.
7. Eksploatacja węgla kamiennego powoduje uwalnianie gazów zawartych w formacjach węglonośnych i ich dopływ do wyrobisk górniczych. Choć proces ten najintensywniej przebiega w okresie funkcjonowania kopalń, to jednak nie ustaje także po ich likwidacji.
8. Ilość i rodzaj gazów dopływających do wyrobisk kopalń czynnych, jak i do zrobów kopalń zlikwidowanych – oprócz innych czynników, w pracy zaledwie zasygnalizowanych – są uzależnione od zawartości i składu gazów złożowych w rozciętych górniczo fragmentach formacji węglonośnych.
9. W zrobach kopalń zlikwidowanych zależność ta odzwierciedla się wertykalną stratyfikacją składu cząsteczkowego gazów kopalnianych, w poszczególnych ich warstwach wprost proporcjonalnego do składu gazów złożowych, w odpowiadających im głębokościowo strefach gazowych.
10. W kopalniach czynnych zdecydowana większość gazów uwalniających się z górotworu odprowadzana jest w sposób kontrolowany, systemami wentylacji i odmetanowania. Natomiast w kopalniach zlikwidowanych ich dopływ powoduje sprężanie gazów kopalnianych i – po osiągnięciu ciśnienia zbiornikowego, umożliwiające pokonanie oporów przepływu – ich niekontrolowaną migrację ku powierzchni i emisję do atmosfery.
11. Wzrost ciśnienia zbiornikowego w zrobach znacznie przyspiesza rekonstrukcja zwierciadła wodnego, jaka ma miejsce po zakończeniu odwadniania zlikwidowanej kopalni. Spowalnia go natomiast oddziaływanie wentylacji sąsiednich kopalń czynnych oraz odmetanowanie zrobów. Wzajemnie przeciwstawne oddziaływanie tych czynników, w połączeniu z wielkością oporów przepływu, decyduje więc o natężeniu niekontrolowanej emisji gazów kopalnianych.
12. O rodzaju i koncentracji gazów emitowanych na powierzchnię decyduje natomiast skład cząsteczkowy gazów kopalnianych w tych częściach zrobów (warstwach), z których one migrują, zależny od składu gazów złożowych. Koncentracje te zmieniają się w czasie, w miarę, jak podnoszące się zwierciadło wodne wypycha kolejne warstwy gazów kopalnianych o odmiennym składzie cząsteczkowym.
13. Opory przepływu gazów w znacznej mierze determinowane są długością dróg migracji. Ponieważ opory te są tym mniejsze, im krótsza jest droga przepływu, to dla emisji gazów decydujące znaczenie mają najpłytsze połączenia zrobów z powierzchnią.
14. W rejonach GZW o zamkniętej i przejściowej strukturze pola metanonośności, z uwagi na występującą tu izolującą pokrywę mioceńską, połączenia te tworzą głównie przebijające ją, zlikwidowane szyby i otwory wiertnicze. Natomiast w rejonach o strukturze otwartej emisja może przejawiać się także wzdłuż: wychodni pokładów węgla i skał gruboklastycznych, uskoków o genezie tensyjnej oraz krawędzi płytkiej eksploatacji węgla.
15. Powyższe prawidłowości znalazły odzwierciedlenie w analizowanych szybach SW części GZW. Ich analiza wykazała, w szczególności, że dla koncentracji gazów emitowanych danym szybem decydujące znaczenie ma skład gazów złożowych w strefie gazowej, udostępnionej zrobami najpłytszego poziomu połączonego z szybem. Znacznie mniej istotne są natomiast, kolejno: odwadnianie zrobów (jego brak) oraz – łącznie – wpływy wentylacyjne sąsiednich kopalń i odmetanowanie zrobów.
16. Znaczenie dla emisji gazów kopalnianych mają także zmiany ciśnienia barometrycznego, wpływające jednak przede wszystkim na oscylacje ich koncentracji wokół pewnego, charakterystycznego dla danego szybu poziomu, wynikającego z wymienionych powyżej czynników.
17. Oddziaływanie omówionych, uniwersalnych czynników geologicznych i górniczych jest zmienne w czasie i uzależnione od lokalnych warunków. Oszacowanie potencjalnego zagrożenia wywołanego emisją gazów kopalnianych wymaga więc, każdorazowo, indywidualnej oceny warunków geologiczno-gazowych i górniczych każdej zlikwidowanej kopalni.

Reasumując powyższe wnioski, można więc stwierdzić, że w mniejszym lub większym zakresie emisja gazów kopalnianych następuje ze wszystkich zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego. Jej skala zależy jednak od względnej siły oddziaływania poszczególnych czynników na nią wpływających, a głównym czynnikiem determinującym rodzaj emitowanych gazów i ich koncentracje są warunki geologiczno-gazowe w górotworze. Tym samym, tezę pracy można uznać za udowodnioną.

**Artykuł recenzowany**

## The study of conditions of gases emission from abandoned mines of the south-west part of upper silesian coal basin (poland) (part VIII)

**Summary:** It should be stated that emission of mine gases across USCB are to be expected from all the abandoned mines, particularly from those being not dewatered or influenced by ventilation. On the other hand, such emission can be more intensive from the mines being flooded. However, at mines being dewatered the leakage of gases will probably be limited to periods of depression barometric trends. The reference to geological-gassy

conditions of USCB makes it also possible to estimate that in the gassy regions of transient or closed structure of methane content field the major emitted gas is going to be methane, while across the rest of the basin it is going to be nitrogen, however local occurrences of carbon dioxide are also possible.

The work results are a little different from the previous opinions regarding barometric pressure, which usually has been considered to be decisive agent for emission of mine gases [9, 38]. In the work it has however been demonstrated that this opinion is not obvious. It does not have to be contradictory with the opinions mentioned, which have been developed in the regions, where gobs were mostly degassed and devoided of agents favoring compression of mine gases. In such conditions changes of barometric pressure can actually turn out the strongest of agents described in the work. The results of the work also differ from the previous opinions [18, 24] with reference to the reason of changes in constitution of emitted gases observed in the course of time. To explain it, extruding of mine gases by the waters flooding a mine has been indicated as the main cause, while different properties of constituents of mine gases mix have been assumed less important. However, observations presented in the book seem rather well documented and enable to state the results of work highly credible.

One of the consequences of differentiation of USCB geological framework is the variability of geological-gassy conditions, which helps distinguish the following three structures of methane content field: (i) closed, (ii) transient, and (iii) open one. They are characterized by different sequences of occurrence of the following gassy zones: (i) allochthonous high methane, (ii) degassed, and (iii) autochthonous high methane. Coal exploitation causes liberation of gases into mine workings, which does not end after the mine abandonment. The amount and type of gases flowing into gobs of abandoned mine depend on the content and constitution of deposit gases. This dependence is reflected in stratification of mine gases constitution within particular gas strata being proportional to the constitution of deposit gases within gassy zone corresponding to the depth of the strata. Inflow of gases to gobs causes compression and emission of mine gases. This process is accelerated by the reconstruction of water table after the end of mine dewatering. However, it is slowed down by the influence of ventilation of bordering operating mines as well as the degasation of gobs. Thus, counteraction of those agents and flow resistance are decisive for intensity of mine gases emission. The type and concentration of gases emitted, however, is strictly connected to the constitution of mine gases in these parts of gobs, where gases migrate from, whose constitution, in turn, depends on the constitution of the deposit gases. The shorter the flow paths are, the lighter the flow resistance is. The shallowest gob connections to the surface are therefore decisive for gases emission.

The above rules have been found to be true for the shafts of the SW part of USCB. Their analysis has shown that the constitution of deposit gases within gassy zone opened by gobs of the shallowest level connected to shaft is of crucial importance for concentration of gasses emitted through the shaft. Continuing, the less important factors are, in turn: dewatering of gobs (or the lack of it) and – combined – ventilation of bordering mines and gobs degasation. Changes of barometric pressure are also of some significance, influencing oscillations of gases concentrations around their values typical for the given shaft.

Concluding, it can be stated that emission of mine gasses occurs from all abandoned coal mines. Its intensity, however, depends on the relative strength of particular agents influencing it, of which geological-gassy conditions of mined formation are the most important, determining the type and concentration of gases emitted.

## Literatura

---

1. Backhaus C., Mroz A., Willenbrink B.: Coal mine gas from abandoned mines. Polish Geological Institute Special Papers nr 7, Warszawa 2002, s. 33–40.
2. Bukowski P., Grzybek I.: Coal mine flooding as a cause of methane hazard. The case study of Morcinek mine, Upper Silesian Coal Basin, Poland. Proceedings of the 9th International Mine Water Association Congress: Mine Water 2005 – Mine Closure. Oviedo 2005, s. 627–633.
3. Carden S.G., Goodwin P.J., Smith A.J., Thompson P.G.: A problem of surface methane emission. Municipal Engineer nr 4, 1983, s. 133–142.
4. Chałupnik S., Wysocka M.: Pomiary ekshalacji radonu z gruntu – opracowanie metodyki i wyniki wstępne. Prace Naukowe GIG: Górnictwo i Środowisko nr 1, Katowice 2003, s. 61–72.
5. Chmiel P., Lubryka M., Kutkowski J.: Niektóre aspekty bezpieczeństwa i ochrony środowiska na terenie zlikwidowanego obszaru górniczego. 2004 (niepublikowane).
6. Creedy D.P.: Gas in abandoned mines: a hazard and a resource? Proceedings of International Conference on Coal-Bed Methane – Technologies of Recovery and Utilisation. Wyd. GIG, Ustroń 1998, s. 507–524.
7. Dzieniewicz M., Sechman H., Kotarba M., Korus A.: Distribution of methane and carbon dioxide contents in the near-surface zone along 23 geological cross-sections of the Wałbrzych coal district. Kotarba M.J. (red.): Gas Hazard in the Near-Surface Zone of the Wałbrzych Coal District Caused by Coal Mine Closure: Geological and Geochemical Controls. Wyd. GEOSFERA, Kraków 2002, s. 79–93.
8. Frączek R.: Kształtowanie się współczynnika nierównomierności wydzielania się metanu w ścianach kopalń węgla kamiennego. Wiadomości Górnicze nr 2, Katowice 2004, s. 67–73.
9. Gardner A.: Radon emissions from abandoned mines. The Safety & Health Practitioner nr 11, 1995, s. 10–14.
10. Gawlik L., Grzybek I.: Szacowanie emisji metanu w polskich zagłębiach (system węgla kamiennego). Studia, Rozprawy, Monografie nr 106, Kraków 2002, Wyd. IGSMiE PAN.
11. Greaves K.H., Owen L.B., McLennan J.D., Olszewski A.: Multicomponent gas sorption-desorption behavior of coal. Proceedings of the 1993 International Coalbed Methane Symposium vol. I, Birmingham 1993, s. 197–205.
12. Grzybek I.: Zróżnicowanie składu gazów w zrobach zlikwidowanych kopalń węgla. Górnictwo i Geologia nr 1, Gliwice 2006, s. 69–84.

13. Grzybek I.: Studium uwarunkowań emisji gazów ze zlikwidowanych kopalń SW części GZW (część I, II, III, IV, V, VI i VII). *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* nr 1, s. 23–27, nr 2, s. 31–39, nr 3, s. 21–35, nr 4, s. 22–33, nr 5, s. 10–18, nr 8, s. 13–23, nr 9, s. 20–29, 2012.
14. Grzybek I., Bukowski P., Brzozoń K.: Zagrożenia ze strony zlikwidowanych szybów w kopalniach rybnicko-jastrzębskich. *Materiały X Konferencji: Ochrona powierzchni na terenach górniczych w subregionie zachodnim województwa śląskiego*. Wyd. MAWEX, Katowice 2005, s. 325–335.
15. Kobiela Z.: Wyznaczanie stref zagrożenia gazowego na obszarach likwidowanych kopalń w oparciu o analizę warunków geologiczno-górnictwowych. Człowiek i środowisko wobec procesu restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego. Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków 2001, s. 431–446.
16. Kominowski K., Płonka A.: Migracja gazów i ich monitoring. Kowalski A. (red.): *Eksploracja górnictwa a ochrona powierzchni. Doświadczenia z wałbrzyskich kopalń*. Wyd. GIG, Katowice 2000, s. 357–365.
17. Kotarba M.J.: Composition and origin of coalbed gases in the Upper Silesian and Lublin basins, Poland. *Organic Geochemistry* nr 32, 2001, s. 163–180.
18. Kotarba M.J. (red.): *Gas Hazard in the Near-Surface Zone of the Wałbrzych Coal District Caused by Coal Mine Closure: Geological and Geochemical Controls*. Wyd. GEOSFERA, Kraków 2002.
19. Kotarba M.J., Dzieńiewicz M., Korus A., Sechman H., Gogolewska A., Grzybek I., Kominowski K., Płonka A.: Zagrożenie gazowe metanem i ditlenkiem węgla w przypowierzchniowej strefie zabudowanego obszaru środkowej części Wałbrzyskiego Okręgu Węglowego związane z likwidacją kopalń. Kotarba M.J. (red.): *Przemiany środowiska naturalnego a ekorozwój*. Wyd. GEOSFERA, Kraków 2001, s. 185–217.
20. Kotas A. (red.): *Coal-Bed Methane Potential of the Upper Silesian Coal Basin, Poland*. Prace PIG No. CXLII, Warszawa 1994.
21. Kozłowski B.: *Prognozowanie zagrożenia metanowego w kopalniach węgla kamiennego*. Wyd. Śląsk, Katowice 1972.
22. Kozłowski B., Grębski Z.: *Odmetanowanie górotworu w kopalniach*. Wyd. Śląsk, Katowice 1982.
23. Král V., Pláteník M., Nowotny R.: Methane from closed-down mines in the soil air endangers civil engineering structures. *Proceedings of International Conference on Coal-Bed Methane – Technologies of Recovery and Utilisation*. Wyd. GIG, Ustroń 1998, s. 493–506.
24. Krause E.: *Aspekty bezpieczeństwa i ochrony środowiska na terenach pogórnictwowych związane z zagrożeniem gazowym. Człowiek i środowisko wobec procesu restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego*. Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków 2001, s. 417–430.
25. Krause E.: *Prognozowanie zagrożenia metanowego w likwidowanych kopalniach węgla kamiennego. Materiały konferencji: Doświadczenia z likwidacji zakładów górniczych*. Wyd. SITG, Mysłowice 2001, s. 149–154.
26. Kulczycki Z., Grzybek I.: Gazy kopalniane jako zagrożenie dla bezpieczeństwa powszechnego. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* nr 1, Katowice 1999, s. 16–25.
27. Langdon B., Gilmour G.: Controlling risks to people's safety from abandoned mine workings. *Proceedings of the 4th Meeting of Leaders of European Mine Supervisors*, Dortmund 1998.
28. Macuda J., Zawisza L.: *Monitoring środowiska gruntowo-wodnego w rejonie likwidowanych kopalń. Materiały konferencji: Szkoła Eksploatacji Podziemnej*. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2006, s. 585–593.
29. Nawrat S., Michalik H.: *Kształtowanie się zagrożenia metanowego w kopalniach Rybnickiego Okręgu Węglowego. Materiały seminarium: Zwalczanie zagrożenia metanowego w kopalniach – Teoria i praktyka*. 1991.
30. Puri R., Yee D.: Enhanced coalbed methane recovery. *Proceedings of SPE 65th Annual Conference and Exhibition, New Orleans 1990*, s. 193–202.
31. Rogoż M., Posyłek E.: *Problemy hydrogeologiczne w polskich kopalniach węgla kamiennego*. Wyd. GIG, Katowice 2000.
32. Rózkowski A.: *Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne w GZW*. Wilk Z. (red.): *Hydrogeologia polskich złóż kopalin i problemy wodne górnictwa t. 1*. Wyd. Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2003, s. 42–145.
33. Smith I.M., Sloss L.L.: *Methane emissions from coal. Perspectives*. Wyd. IEA Coal Research, London 1992.
34. Szlązak N., Obracaj D., Borowski M.: *Zagrożenie gazowe w strefie przypowierzchniowej w likwidowanych kopalniach. Materiały konferencji: Szkoła Eksploatacji Podziemnej*. Wyd. IGSMiE PAN – AGH, Kraków 2001, s. 307–318.
35. Szlązak N., Obracaj D., Borowski M.: *Stan zagrożenia gazowego na terenach likwidowanych kopalń rejonu wałbrzyskiego. Materiały konferencji: 2 Szkoła Aerologii Górniczej*, Zakopane 2002, s. 323–338.
36. Szlązak N., Obracaj D., Borowski M.: *Zagrożenie gazami kopalnianymi w obiektach budowlanych na terenach zlikwidowanych kopalń podziemnych. Przegląd Górniczy* Nr 7–8, Katowice 2002, s. 42–48.
37. Twardowski K. (red.): *Ocena metanonośności węgla kamiennych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na podstawie wyników pomiarów otworowych*. Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków 1997.
38. Wrona P.: *Emisja dwutlenku węgla z poeksploatacyjnych wyrobisk podziemnych do atmosfery w rejonach wychodni pokładów na terenach górniczych zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2005*.
39. Wysocka M., Lebecka J., Mielnikow A., Chałupnik S.: *Radon w domach na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Materiały V konferencji: Problemy geologii i ekologii w górnictwie podziemnym*. Wyd. GIG, Szczyrk 1994, s. 361–368.
40. *Wytyczne prognozowania metanowości wyrobisk eksploatacyjnych*. Wyd. Ministerstwo Górnictwa, Katowice 1978.
41. Yee D., Seidle J.P., Hanson W.B.: Gas sorption on coal and measurement of gas content. Law B.E., Rice D.D. (red.): *Hydrocarbons from Coal. AAPG Studies in Geology* nr 38, 1993, s. 203–218.



# Wstępne rozpoznanie ośrodka gruntowo-wodnego zachodniej części Centralnego Zwałowiska Przechlebie z wykorzystaniem metody obrazowania elektrooporowego 2D

## 1. Wstęp

Szczegółowe określenie oddziaływania składowisk odpadów na środowisko gruntowo-wodne jest szczególnie ważne ze względu na to, że składowiska odpadów stanowią duże zagrożenie dla środowiska wodnego. Ponadto, właściciel składowiska jest zobowiązany do prewencji w zakresie m.in. zanieczyszczenia gleb i wód oraz inwentaryzacji zamkniętych już obiektów zagospodarowania odpadów, które mogą zagrażać środowisku zgodnie z dyrektywą 2006/21/WE dotyczącą gospodarowania odpadami z przemysłu wydobywczego, która weszła w życie 1 maja 2006 r. (dyrektywa 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego oraz zmieniająca dyrektywę 2004/35/WE – Dz. Urz. UE L 102 z 11.4.2006, str. 15 oraz L 188 z 18.7.2009, str. 14). Informacje o ośrodku geologicznym zaprezentowane w niniejszej pracy mogą wskazywać na konieczność podjęcia odpowiednich kroków w kierunku rekultywacji i zagospodarowania odpadów, o których mowa w ustawach: o odpadach [1], Prawo ochrony środowiska [2], o odpadach wydobywczych [3] i o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie [4].

### TREŚĆ:

W pracy zaprezentowano wyniki rekonesansowych pomiarów geoelektrycznych przeprowadzonych za pomocą metody obrazowania elektrooporowego 2D na obszarze zachodniego otoczenia centralnego zwałowiska odpadów z produkcji węgla „Przechlebie”. Celem pomiarów było określenie rozkładów oporności warstw geologicznych w otoczeniu składowiska. Wyniki pomiarów wskazały na możliwe zanieczyszczenie przypowierzchniowego poziomu wód podziemnych związkami chemicznymi zawartymi w odpadach, które propagują do środowiska geologicznego.

### SŁOWA KLUCZOWE:

składowisko, odpady, zwałowisko, zanieczyszczenia wód podziemnych, obrazowanie elektrooporowe

Odpady powęglowe wpływają na zmianę jakości wód podziemnych w zależności od zawartości i rodzaju składników rozpuszczalnych w odpadzie świeżo zdeponowanym oraz w odpadzie, który uległ procesom fizykochemicznym zachodzącym z biegiem czasu. Proces ługowania składników rozpuszczalnych z odpadów jest procesem powolnym, rozciągniętym w czasie i skomplikowanym. Składowiska odpadów powęglowych powinny być zatem traktowane jako ogniska zanieczyszczeń o działaniu długotrwałym, trudnym do przewidzenia w skutkach i zależnym od wielu nakładających się na siebie czynników. Uogólniając, składowisko odpadów powęglowych jest źródłem głównie siarczanów i chlorków,

które migrują do wód podziemnych poprzez spływ powierzchniowy i podziemny [5].

Metoda obrazowania elektrooporowego jest szeroko stosowana w badaniach środowiskowych i wykorzystuje się ją zarówno do określania warunków krążenia wód podziemnych, jak i kartowania aureoli zanieczyszczeń [6, 7, 8, 9, 10, 11], czy też monitoringu zanieczyszczenia utworów geologicznych wokół składowisk odpadów [12].

Z uwagi na istniejące zagrożenie zanieczyszczenia wód podziemnych wodami migrującymi ze zwałowiska odpadów w Przechlebie, podjęto próbę oceny warunków gruntowo-wodnych oraz potencjalnych zanieczyszczeń za pomocą obrazowania elektrooporowego w części zachodniej przedpola zwałowiska. Badaniami objęto teren pomiędzy zwałowiskiem Przechlebie a zbiornikiem Czechowice (rys. 1).

Badania te były poprzedzone wstępnym rozpoznaniem ośrodka geologicznego za pomocą metody elektromagnetycznej bardzo niskich częstotliwości, za pomocą której potwierdzono przypuszczenia odnośnie migracji zanieczyszczonych wód ze zwałowiska [13]. Badania elektromagnetyczne wykonane przed elektrooporowymi pozwoliły na obniżenie błędów w interpretacji pomiarów elektrooporowych, zwłaszcza w zakresie odróżnienia utworów z dużą zawartością frakcji ilastej od piasków zawadzionych wodą zanieczyszczoną.

Celem pomiarów opisanych w pracy było wykrycie potencjalnych zanieczyszczeń wód podziemnych w odniesieniu do warunków hydrogeologicznych znanych z archiwalnych otworów badawczych.

## 2. Charakterystyka obszaru badań

Badany obszar położony jest w województwie śląskim, powiecie tarnogórskim, gminie Zbrosławice, sołec-

twie Przechlebie. Według regionalizacji J. Kondrackiego (1994) [14] leży w obrębie podprowincji Wyżyny Śląsko-Krakowskiej, makroregionu Wyżyny Śląskiej, mezoregionu Wyżyny Katowickiej. Pod względem morfologicznym obszar ten jest fragmentem wysoczyzny polodowcowej, zatem teren badań pierwotnie był płaski.

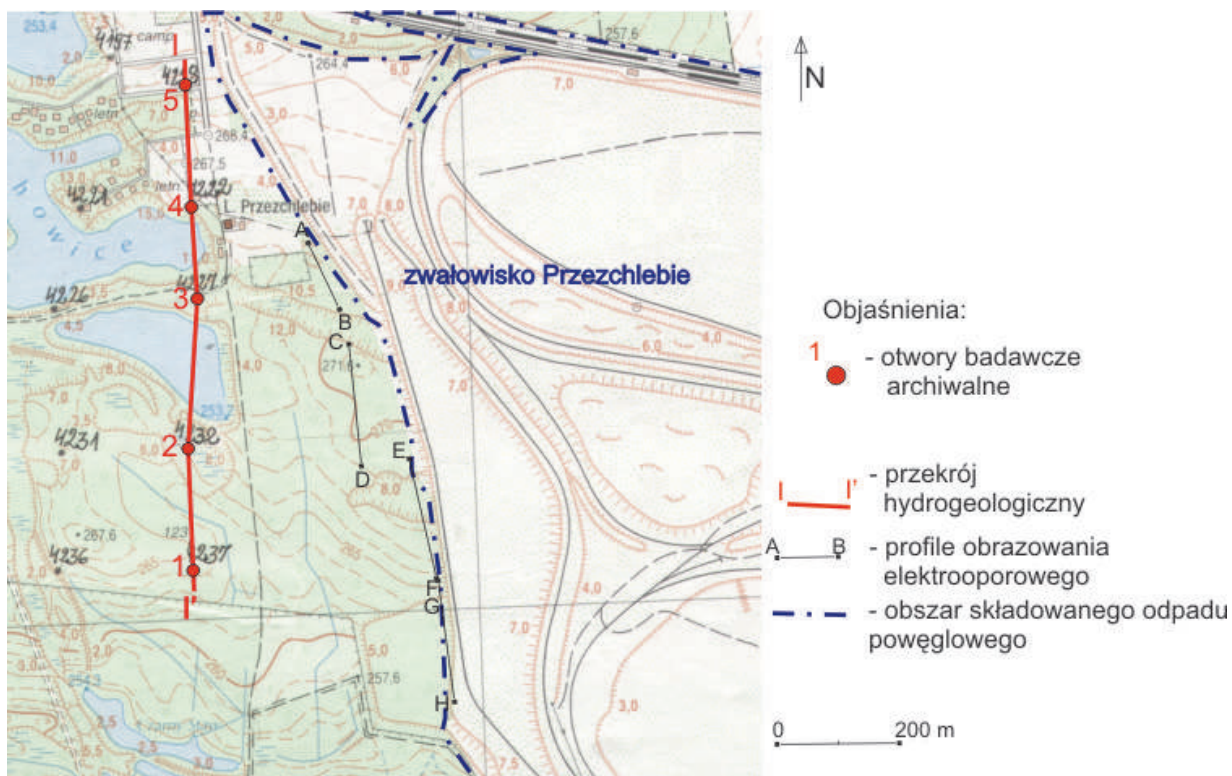
Zwałowisko w Przechlebie utworzono w obniżeniu terenu o głębokości około 10 m, powstałym po wyeksploatowanych piaskach podsadzkowych. Piaskownię wypełniono odpadami powęglowymi i popiołami z elektrowni do wysokości bezwzględnej 30 m.

Składowanie odpadów powęglowych rozpoczęto w 1952 r., natomiast od 1972 r. składowano również popioły energetyczne. Zwałowisko ma powierzchnię 157 ha, a jego pojemność szacuje się na około 63 mln m<sup>3</sup> [15]. Składowano tutaj odpady z kopalń: „Makoszowy”, „Zabrze”, „Gliwice”, „Pstrowski” i „Krupiński” [16] oraz popioły – głównie z Elektrowni „Rybnik”, składowane metodą hydrozwałowania [17].

## 3. Warunki geologiczne i hydrogeologiczne terenu badań

Centralne zwałowisko Przechlebie zlokalizowano w byłej kopalni piasku podsadzkowego. W spągu zwałowiska występują osady czwartorzędowe (plejstoceny) reprezentowane przez fluwioglacjalne piaski pylaste, piaski drobno i średnioziarniste i pospółki, oraz utwory zastoiskowe wykształcone jako pyły i gliny pylaste. Gliny zwałowe występujące na badanym obszarze wykształcone są w postaci glin piaszczystych i glin zwięzłych [18, 19, 20, 21].

Na badanym obszarze występuje płytko zalegające zwierciadło wód piętra czwartorzędowego. Zwierciadło to jest swobodne lub pod nieznacznym ciśnieniem hydrostatycznym (5–22 kPa) i występuje na głębokości



Rys. 1. Teren badań wraz z lokalizacją archiwalnych otworów badawczych, przekroju hydrogeologicznego i profilami obrazowania elektrooporowego

Fig. 1. Area of investigation with location of archival boreholes, hydrogeological cross-section and geoelectrical profiles

1,0–11,3 m [19, 20]. Współczynnik filtracji waha się w granicach od 0,3 (piaski pylaste) do 37 m/d (pospółki, piaski grube i średnie) [19]. Wodonoścem są piaski oraz lokalnie grunty nasypowe. Poziom tych wód w dużej mierze zależy od opadów atmosferycznych. Spływ płytko zalegających wód podziemnych następuje głównie w kierunku południowo-zachodnim [22].

Budowę geologiczną i warunki hydrogeologiczne w bezpośrednim sąsiedztwie terenu badań przedstawiono na przekroju (rys. 2).

#### 4. Metodyka badań

Metoda obrazowania elektrooporowego jest metodą łączącą w sobie zalety dwóch metod badawczych, tj. sondowania i profilowania elektrooporowego. W metodzie tej prąd elektryczny wprowadzany jest do gruntu za pomocą elektrod prądowych A i B, które wzbudzają pole elektryczne, natomiast elektrody potencjałowe M i N mierzą różnicę potencjału tego pola. Znając różnicę potencjału pola elektrycznego ( $\Delta V$ ) i natężenie ( $I$ ) płynącego prądu, oraz odległości między elektrodami ( $x$ ) określa się pozorny opór właściwy zgodnie z prawem Ohma:

$$R=U/I \quad (1)$$

gdzie:

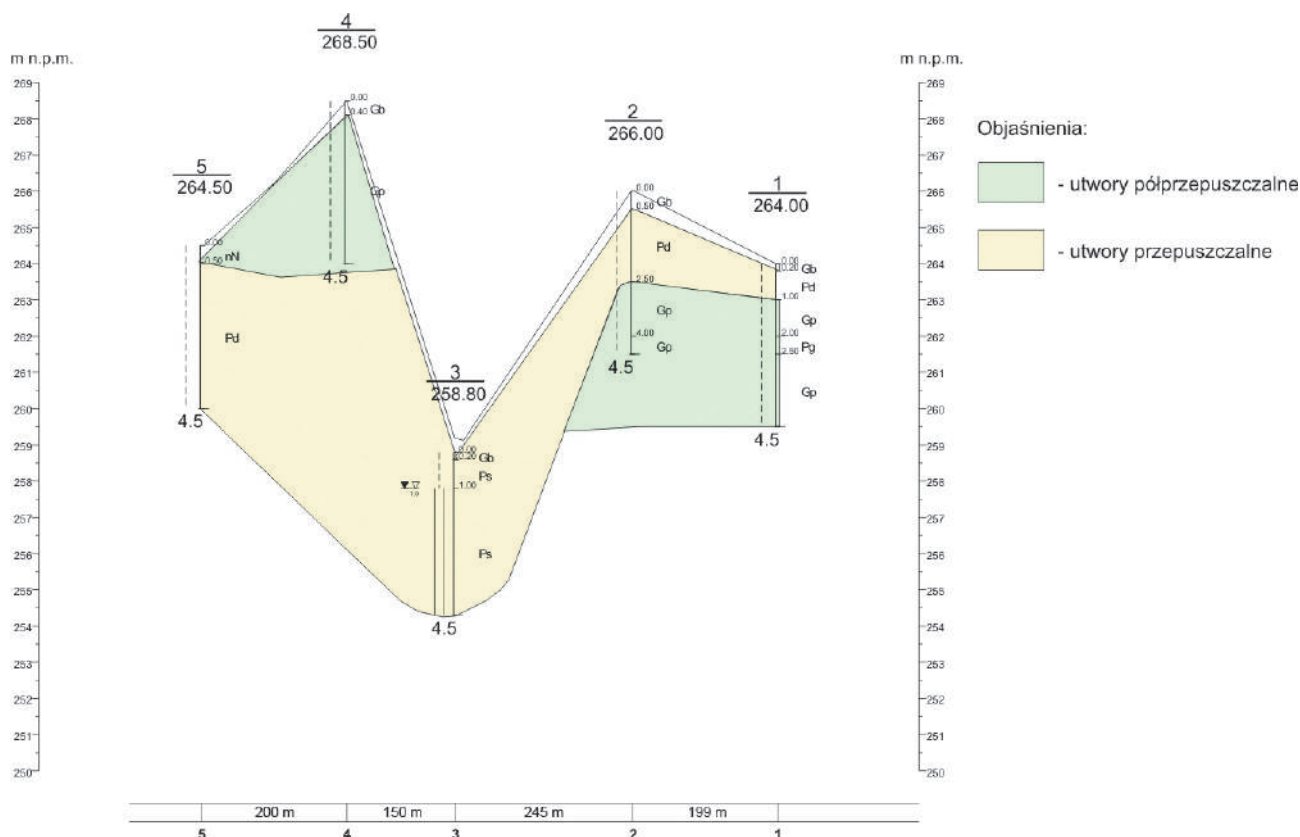
R – opór elektryczny,  
U – napięcie elektryczne,  
I – natężenie elektryczne.

W ten sposób opisany opór elektryczny charakteryzuje jednorodne ciało przewodzące. W przypadku ośrodka

geologicznego mamy natomiast do czynienia z ośrodkiem niejednorodnym i anizotropowym. Stąd, wyznaczana wartość oporu elektrycznego jest pozornym oporem właściwym (opornością), czyli oporem takiej niejednorodnej i anizotropowej półprzestrzeni, w której, przy danym rozstawie elektrod prądowych, nastąpi spadek potencjału taki, jak nad rzeczywistym ośrodkiem geologicznym. Opór elektryczny pozorny jest zatem oporem danego układu pomiarowego nad ośrodkiem niejednorodnym [23]. Ponieważ w niniejszej pracy wyniki pomiarów elektrooporowych zostały poddane inwersji oporu, to otrzymana w wyniku inwersji oporność jest definiowana jako opór elektryczny modelu, zależny nie tylko od oporu ośrodka geologicznego i zastosowanego układu pomiarowego, ale także od przyjętego modelu opornościowego, otrzymanego na skutek inwersji oporu [20].

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki obrazowania elektrooporowego wzdłuż czterech profili (A-B, C-D, E-F, G-H – rys. 1). Obrazowanie elektrooporowe przeprowadzono za pomocą aparatury Lund Imaging System (firmy ABEM) z maksymalnym rozstawem elektrod prądowych 200 m stosując układ dipol-dipol, który ułatwia rozpoznanie anomalii [25]. Profil AB (rys. 1) został wykonany mniejszym rozstawem (145 m) ze względu na istniejące bariery w terenie w postaci rowów i metalowego ogrodzenia. Profile pomiarowe zlokalizowano z wykorzystaniem GPSa Garmin 60cs. Wyjściowe dane pomiarowe oraz wyniki częściowe analiz tych danych dostępne są u autora artykułu w Katedrze Geologii Stosowanej na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego.

W interpretacji wyników badań zastosowano inwersję 2D polegającą na rozwiązaniu zadania prostego dla założonego modelu ośrodka, a następnie iteracyjne dopasowywanie modelu początkowego do pomierzonych danych



Rys. 2. Przekrój hydrogeologiczny I-I'

Fig. 2. Hydrogeological cross-section I-I'

[23, 24]. Do tego celu wykorzystano program komputerowy Res2Dinv. Następnie interpretowano otrzymane rozkłady oporności w ośrodku geologicznym w oparciu o przedziały oporności dla danych gruntów (rys. 3).

## 5. Interpretacja wyników

Wyniki badań wzdłuż poszczególnych profili badań elektrooporowych przedstawiono na rys. 4–7.

Ich interpretacja przedstawia się następująco:

W profilu A-B (rys. 4) można wyróżnić warstwę charakteryzującą się wysokimi opornościami od około 140 do około 800  $\Omega\text{m}$ . Warstwa ta występuje jedynie do 40 m profilu i możemy utożsamiać ją z piaskami suchymi. Na głębokości 10 m, w dalszej części profilu stwierdzono warstwę o niskiej oporności (poniżej 15  $\Omega\text{m}$ ). Można przypuszczać, że są to piaski zawadnione zanieczyszczoną wodą ze składowiska. Ponadto wyinterpretowano utwory gliniaste wykształcone w postaci glin piaszczystych i piasków gliniastych (30–90  $\Omega\text{m}$ ) oraz gliny piaszczyste z kamieniami, jako warstwę o wysokiej oporności (>160  $\Omega\text{m}$ ).

Profil C-D obrazowania elektrooporowego (rys. 5) przedstawia najprawdopodobniej zanieczyszczoną wodę podziemną w soczewkach piasków (<15  $\Omega\text{m}$ ), występujących w otoczeniu utworów gliniastych (15–50  $\Omega\text{m}$ ) i gliniasto-kamienistych (>50  $\Omega\text{m}$ ). Warstwy o bardzo wysokich opornościach można interpretować jako gliny z kamieniami.

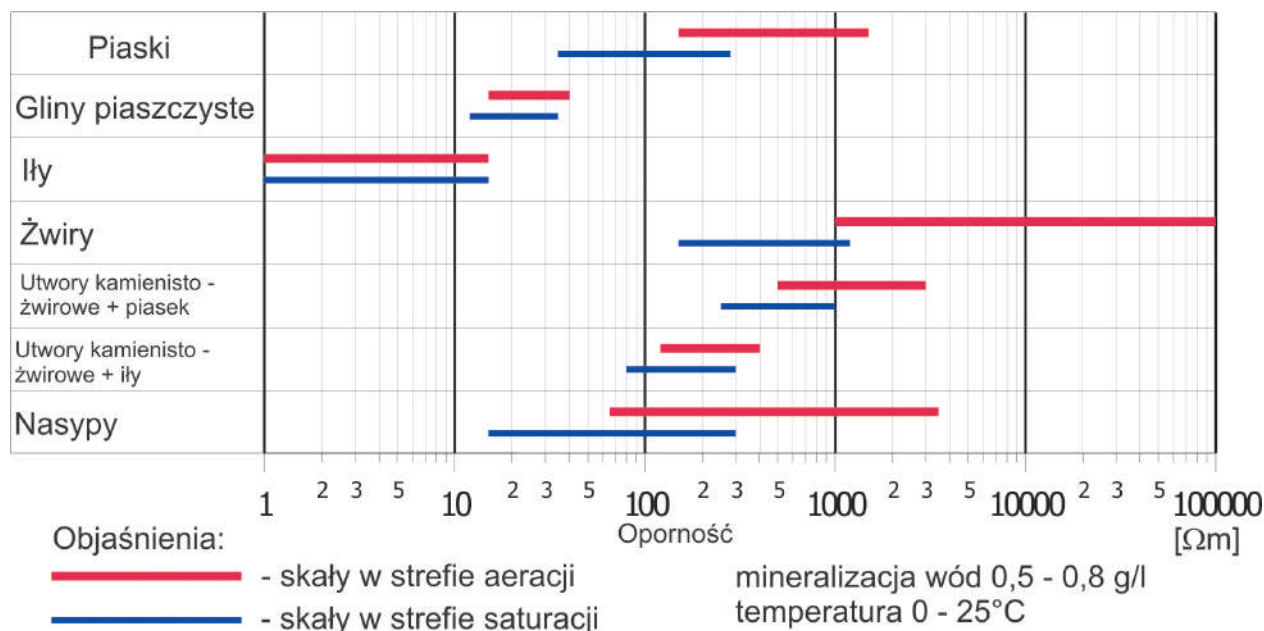
Profil obrazowania elektrooporowego E-F (rys. 6), zlokalizowany u samego podnóża składowiska, charakteryzuje się szeroko rozprzestrzenioną strefą o niskiej oporności (<15  $\Omega\text{m}$ ), którą można utożsamiać z zawadnionymi piaskami, gdzie woda charakteryzuje się najprawdopodobniej wysoką mineralizacją. Nieco wyższe oporności mogą świadczyć o występowaniu utworów gliniastych (15–50  $\Omega\text{m}$ ), glin piaszczystych, stwierdzonych archiwalnymi otworami badawczymi. Utwory o wysokiej oporności (>140  $\Omega\text{m}$ ), występujące przy powierzchni, mogą być reprezentowane przez piaski suche. Na podsta-

wie tego profilu można sądzić, że woda podziemna zalega na głębokości od około 1 m – w części południowej, do około 15 m w części północnej profilu.

Profil obrazowania elektrooporowego G-H (rys. 7) przedstawia najprawdopodobniej zanieczyszczoną warstwę wodonośną w piaskach, zalegającą na głębokości około 15 m. Świadczyć o tym mogą niskie oporności (<15  $\Omega\text{m}$ ). Warstwa ta w spągu jest ograniczona utworami o opornościach (15–50  $\Omega\text{m}$ ), które mogą być reprezentowane przez utwory gliniaste. W stropie warstwy wodonośnej również występują oporności z przedziału 15–50  $\Omega\text{m}$ , co może świadczyć o występowaniu również tam utworów gliniastych. Taki układ warstw stwierdzono także analizując metryki utworów archiwalnych. Natomiast warstwa o opornościach sięgających nawet do około 350  $\Omega\text{m}$  może być utożsamiana z warstwą odpadu powęglowego, co potwierdziły obserwacje terenowe (badania prowadzono wzdłuż grobli otaczającej składowisko).

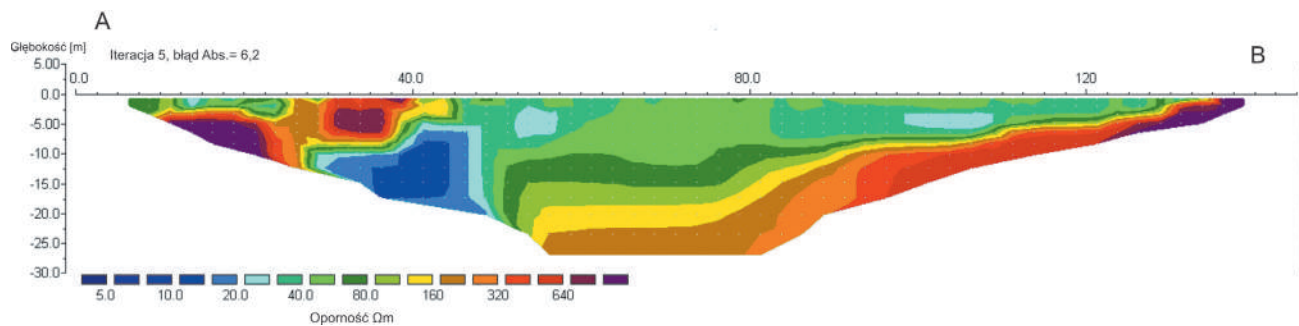
## 6. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów – czterech profili obrazowania elektrooporowego, można stwierdzić, że uzyskany model opornościowy ośrodka geologicznego odzwierciedla warunki gruntowo-wodne występujące w części zachodniej składowiska odpadów powęglowych w Przezchlebiu, ponieważ występuje korelacja pomiędzy uzyskanymi wynikami badań elektrooporowych a profilami litologicznymi otworów archiwalnych. Ponadto, badania elektrooporowe potwierdziły wyniki wcześniej przeprowadzonych badań elektromagnetycznych bardzo niskich częstotliwości, które wykazały anomalie w wartościach rzeczywistych i urojonych wypadkowego pola elektromagnetycznego [13]. Interpretację danych elektrooporowych ułatwiły dane archiwalne (profile litologiczne otworów archiwalnych oraz mapy geologiczne), w związku z czym zminimalizowano możliwość występowania błędów interpretacyjnych otrzymanych modeli opornościowych.



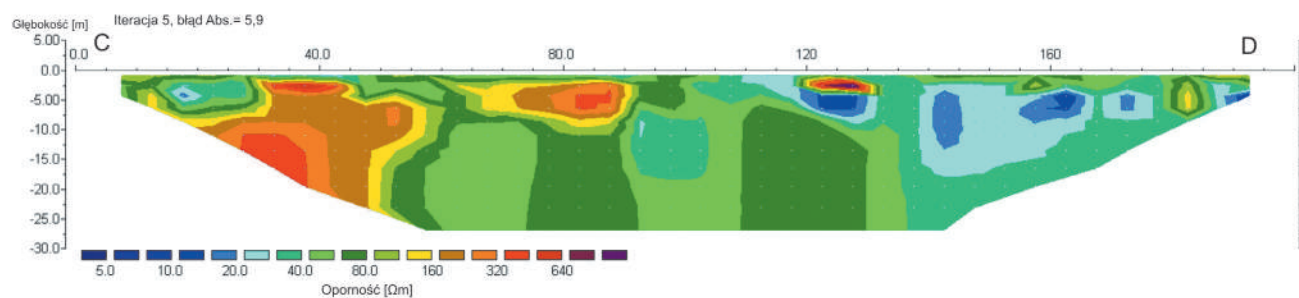
Rys. 3. Oporność gruntów w strefie aeracji i saturacji [22]

Fig.3. Resistivity of the soil in saturation and aeration zones



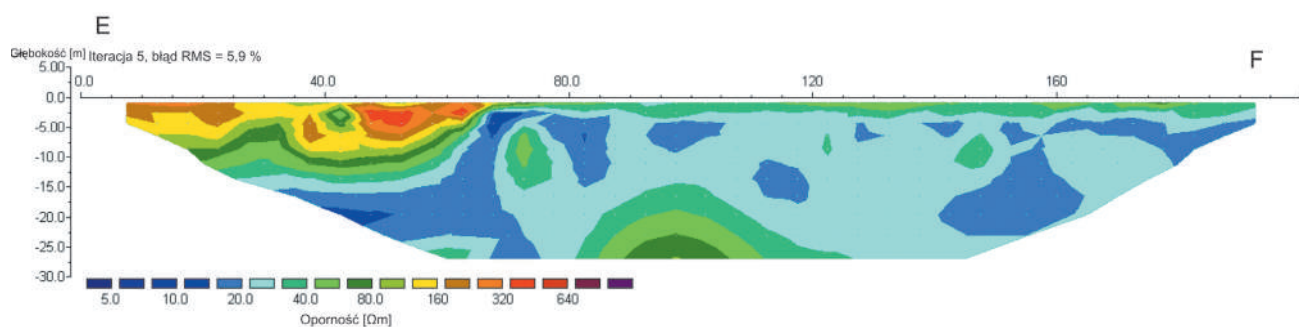
Rys. 4 Profil obrazowania elektrooporowego A-B

Fig. 4 Geoelectrical profile A-B



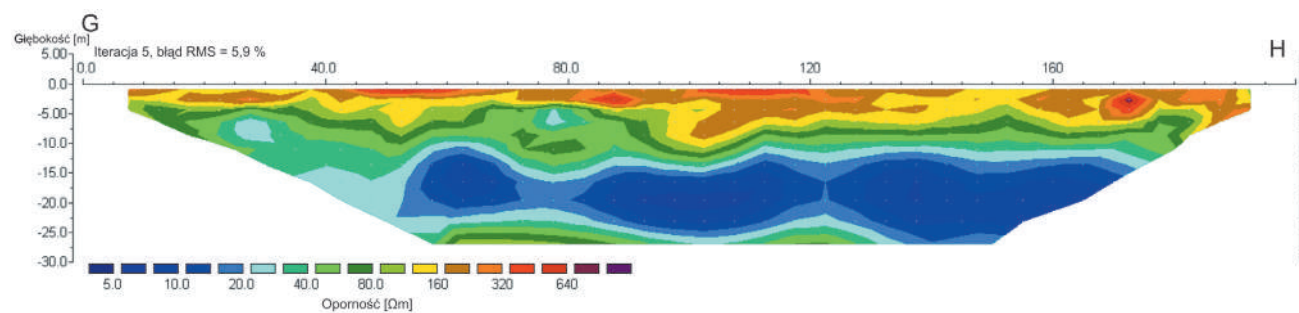
Rys. 5 Profil obrazowania elektrooporowego C-D

Fig. 5 Geoelectrical profile C-D



Rys. 6 Profil obrazowania elektrooporowego E-F

Fig. 6 Geoelectrical profile E-F



Rys. 7 Profil obrazowania elektrooporowego G-H

Fig. 7 Geoelectrical profile G-H

Na podstawie oporności warstw budujących podłoże zachodniego otoczenia zwałowiska i archiwalnych otworów badawczych uszczegółowiono budowę geologiczną do głębokości 30 m i określono strefy płytkiego występowania wód podziemnych. Wyniki opisanych badań i analizy warunków hydrogeologicznych pozwalają stwierdzić, że migracja zanieczyszczeń ze zwałowiska jest ograniczona jedynie lokalnym występowaniem utworów półprzepuszczalnych. Budowa geologiczna determinuje kierunki przemieszczania się zanieczyszczeń ze zwałowiska.

Planuje się objęcie badaniami elektrooporowymi pozostałych obszarów przylegających do Centralnego Zwałowiska Przezchlebie ze względu na brak szczegółowych opracowań dla tego obiektu, konieczność jego monitorowania oraz rozpoczęte plany eksploatacji odpadów powęglowych jako kruszywa dla budownictwa drogowego i inżynierskiego.

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009–2011 w ramach projektu badawczego – promotorskiego Nr N N525 367837*

**Artykuł recenzowany**

## **Preliminary examination of the ground and water medium in the western part of the Central Dumping Ground Przezchlebie using the 2D resistivity imaging method**

**Summary:** The work presents the results of geoelectric measurements carried out using the 2D resistivity imaging method in the area of the western surroundings of the central dumping ground "Przezchlebie" for waste from the production of coal. The purpose of the measurements was to determine the distribution of resistance of geological layers in the surroundings of the storage area. The measurement results have indicated a possible contamination of the subsoil layer of groundwaters with chemical compounds contained in the waste that propagate to the geological environment.

### **Literatura**

---

1. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz.U. z 2000 r. Nr 185, poz. 1243, z późn. zm.).
2. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2008 r. Nr 25, poz. 150, z późn. zm.).
3. Ustawa z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Dz.U. Nr 138, poz. 865, z późn. zm.).
4. Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (Dz.U. Nr 75, poz. 493 z późn. zm.).
5. Twardowska I., Szczepańska J., Witczak S.: Wpływ odpadów górnictwa węgla kamiennego na środowisko wodne. Ocena zagrożenia, prognozowanie, zapobieganie. Wyd. PAN, Wrocław 1988.
6. Bernstone, C. Dahlin T.: Electromagnetic and DC Resistivity Mapping of Waste Deposits and Industrial Sites – Experiences from Southern Sweden. Paper M014 presented at EAGE-96, 3–7 June 1996, Amsterdam 1996, pp.127–136.
7. Rosqvist H., Dahlin T., Fourie A., Rohrs L., Bengtsson A., Larsson M.: Mapping of leachate plumes at two landfill sites in South Africa using geoelectrical imaging techniques. Proceedings of Sardinia Ninth International Waste Management and Landfill Symposium, Italy 2003.
8. Abu-Zeid N., Bianchini G., Santarato G., Vaccaro C.: Geochemical characterization and geophysical mapping of landfill leachates: the Marozzo canal case study (NE Italy). Environmental Geology 45, 2004, pp. 439–447.
9. Cossu R., Di Maio R., Fais S., Fraghi A., Ligas P., Menghini A.: Physical and structural characterization of an old landfill site by a multimethodological geophysical approach, 2005. pp. 252–259.
10. Moradzadeh A., Ardejani F., D., Pisheh S.F.: An Investigation on the Environmental Effects of Sulphide Mines Using Geophysical Studies. Mine Water and the Environment No. 60, Ostrava 2008.

11. Godio A., Naldi M.: Integration of Electrical and Electromagnetic Investigation for Contaminated Site. *American Journal of Environmental Sciences* 5 (4), 2009, pp. 561–568.
12. Radulescu M., V. Chipu, Yang J.: Time-lapse electrical resistivity anomalies due to contaminant transport around landfills. *Annals Of Geophysics* No. 3, 2007.
13. Kowalska A.: Metoda elektromagnetyczna VLF (Very Low Frequency) w kartowaniu zanieczyszczeń wód podziemnych pomiędzy Centralnym Zwałowiskiem „Przechlebie”, a Zbiornikiem Czechowice. *Prace Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego nr 45 – Geo-Symposium Młodych Badaczy Silesia 2008*. Sosnowiec 2008, pp. 45–50.
14. Kondracki J.: *Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno-geograficzne*. Warszawa 1994.
15. Tokarska-Guzik B., Wodniak G., Babczyńska-Sendek B., Sierka E., Urbisz A.: *Osobliwości przyrodnicze i kulturowe interesujących regionów województwa śląskiego*. Wyd. Uniwersytet Śląski, Katowice 2005.
16. Skarżyska K., Zawisza E., Jasińska M., Waligórski M.: Kompleksowe badania mocy dawki promieniowania gamma oraz radioaktywności odpadów powęglowych i popiołów na składowisku „Przechlebie” k. Gliwic. *Przegląd Górniczy* nr 6, 1994, pp. 31–36.
17. Gębicka M.: Sprawozdanie – korpus zapory czołowej na składowisku popiołów „Elektrowni Rybnik” w Przechlebie – obsługa geotechniczna budowy nasyp pod tor 29a; km 0,5-1,0÷75, poziom nasypu 257,5 m n.p.m. Nr arch. F/6833/83/2. *Przedsiębiorstwo Geologiczno-Fizjograficzne i Geodezyjne Budownictwa „Geoprojekt”*. Katowice 1983 (niepublikowane).
18. Guzik O.: *Mapa geologiczna, arkusz Pyskowice*. 1954.
19. Duźniak Z.: *Dokumentacja fizjograficzna – szczegółowa Gliwice–Czechowice*. Geoprojekt Katowice. Nr arch. F7106/84, 1984 (niepublikowane).
20. Duźniak Z.: Techniczne badania podłoża gruntowego dla uzupełnienia wierceń na zwałowisku Przechlebie w Przechlebie, woj. katowickie. Nr arch. G-7962/88. *Przedsiębiorstwo Geologiczno-Fizjograficzne i Geodezyjne Budownictwa „Geoprojekt”*. Katowice 1988 (niepublikowane).
21. Duźniak Z.: Techniczne badania podłoża gruntowego dla instalowania piezometrów na obwałowaniu osadnika popiołów w Przechlebie. Nr arch. F-8128/89. *Przedsiębiorstwo Geologiczno-Fizjograficzne i Geodezyjne Budownictwa „Geoprojekt”*. Katowice 1990 (niepublikowane).
22. Chmura A.: *Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Gliwice (941)*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1998.
23. Lowrie W.: *Fundamentals of Geophysics*. Wyd. II. Cambridge 2007.
24. Loke, M. H.: Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. [www.geoelectrical.com](http://www.geoelectrical.com), 2004.
25. Dahlin T., Zhou B.: A numerical comparison 2D resistivity imaging with 10 electrode arrays. *Geophysical Prospecting* 52, 2004. pp. 379–398.
26. Antoniuk J.: *Metody geoelektryczne, część 2 – prezentacja Power Point, 2005* (niepublikowane).

## Polsko-ukraińska deklaracja o współpracy

14 września br. w Doniecku na Ukrainie Prezes WUG, Piotr Litwa, który obserwował odbywające się VIII Międzynarodowe Zawody Ratownictwa Górniczego, podpisał Deklarację o współpracy pomiędzy Wyższym Urzędem Górniczym Rzeczypospolitej Polskiej a Państwową Służbą Nadzoru Górniczego i Bezpieczeństwa Przemysłowego Ukrainy. Ze strony ukraińskiej dokument sygnował Oleksandr Hohotwa, Prezes Derzhgipromnaglidu Ukrainy. Deklaracja reguluje współpracę między polskim i ukraińskim nadzorem górniczym w zakresie wymiany informacji dotyczącej:

- aktów prawnych regulujących obowiązki i kompetencje organów nadzoru górniczego, zagadnienia bezpieczeństwa pracy, gospodarki złożem, ochrony środowiska w związku z prowadzeniem działalności górniczej, jak również projektów takich aktów prawnych;
- poważniejszych zdarzeń, awarii maszyn i urządzeń, wypadków zaistniałych w ruchu zakładów górniczych;
- nowych rozwiązań technicznych w górnictwie;
- ważniejszych doświadczeń w działalności organów nadzoru górniczego;

oraz innych działań zmierzających do zwiększenia skuteczności i efektywności sprawowania nadzoru górniczego.

Współpraca między Wyższym Urzędem Górniczym Rzeczypospolitej Polskiej a Państwową Służbą Nadzoru Górniczego i Bezpieczeństwa Przemysłowego Ukrainy będzie realizowana poprzez:

- inicjowanie wspólnych projektów i programów;
- bezpośrednie kontakty specjalistów i naukowców obu krajów, w celu wymiany doświadczeń i dobrych praktyk;
- organizację i prowadzenie naukowych konferencji, warsztatów, szkoleń i innych form wymiany wiedzy i doświadczeń zawodowych;
- wspólną analizę problemów związanych z organizacją i wykonywaniem czynności nadzorczych w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie;
- wymianę doświadczeń w zakresie metod oceny ryzyka występowania wypadków związanych z zagrożeniami naturalnymi i technicznymi w górnictwie;
- wspólne grupy robocze, składające się z ekspertów i naukowców obu państw, do zbadania przyczyn i okoliczności wypadków w górnictwie;
- konsultacje przy opracowywaniu projektów przepisów prawa górniczego.

## 18. Spotkanie Szefów Urzędów Górniczych Krajów Europejskich

W dniach 16–17 września w Wiedniu odbyło się kolejne, osiemnaste już, Spotkanie Szefów Urzędów Górniczych Krajów Europejskich. Spotkania te są elementem szerokiej sieci współpracy sektorowej w zakresie górnictwa i geologii krajów Unii Europejskiej, a także krajów współpracujących na tym polu z UE. Odbywają się one cyklicznie, raz do roku i mają na celu przede wszystkim wymianę doświadczeń w zakresie funkcjonowania przemysłu wydobywczego w poszczególnych krajach europejskich. Gospodarzami tegorocznego spotkania, które odbyło się w gmachu austriackiego Ministerstwa Gospodarki, Rodziny i Młodzieży, byli przedstawiciele nadzoru górniczego z Austrii. W Spotkaniu uczestniczyli przedstawiciele 13 krajów europejskich – od Portugalii do Rumunii. Polskiej delegacji przewodniczył Wiceprezes WUG, Mirosław Koziura.

Tematem obrad były aspekty zagospodarowania przestrzennego na terenach objętych aktywnością górniczą. Przedstawiciel polskiej delegacji wygłosił referat dotyczący zagospodarowania przestrzennego oraz zasad ochrony



18. Spotkanie Szefów Urzędów Górniczych Krajów Europejskich

złóż kopalni w Polsce, który spotkał się z dużym zainteresowaniem zebranych, ze względu na zawarte w nim rozwiązania funkcjonalne, które mogą być przejęte przez inne kraje europejskie.

Dopełnieniem Spotkania była wizytacja dużej kopalni odkrywkowej rudy żelaza Erzberg, położonej w południowej Austrii.

## Konferencja „Śląskie górnictwo” w katowickiej rozgłośni Polskiego Radia

21 września br. Wydawnictwo Górnicze i Polskie Radio Katowice zorganizowało konferencję pt. „Śląskie górnictwo”. Patronat honorowy nad wydarzeniem objął Wiceprezes Rady Ministrów, Minister Gospodarki Waldemar Pawlak.

Obrady podzielono na trzy panele tematyczne. W pierwszym uczestnicy rozmawiali o wpływie górnictwa na rozwój województwa śląskiego. Tematem przewodnim II panelu było uporządkowanie współpracy między górnictwem a samorządami. Uczestniczył w nim Prezes Wyższego Urzędu Górniczego, Piotr Litwa. Trzecia, ostatnia debata była poświęcona górnictwom technologii przyszłości oraz śląskim firmom w regionie i świecie.

W konferencji udział wzięli m.in. wiceminister gospodarki Tomasz Tomczykiewicz, członek zarządu województwa Aleksandra Banasiak, przedstawiciele zarządów spółek węglowych i śląskich samorządów.

## II Europejski Kongres Małych i Średnich Przedsiębiorstw

W dniach 24–27 września 2012 roku w Katowicach odbył się II Europejski Kongres Małych i Średnich Przedsiębiorstw (MSP).

Tematami wiodącymi tegorocznego Kongresu były: nowoczesne zarządzanie w skali mikro – w małej i średniej firmie, internacjonalizacja przedsiębiorstw, biznes bez granic oraz innowacje dla MSP. Głównym celem obrad było przekazanie informacji na temat aktualnych wyzwań dla przedsiębiorcy we wszystkich procesach zarządczych w firmie.

Patronat honorowy nad II Europejskim Kongresem Małych i Średnich Przedsiębiorstw objęli: Prezydent RP Bronisław Komorowski, José Manuel Barroso – Przewodniczący Komisji Europejskiej oraz Przewodniczący Parlamentu Europejskiego – Martin Schulz.

Prezes Wyższego Urzędu Górniczego dr inż. Piotr Litwa brał udział jako ekspert w sesji tematycznej pt. „Małe i średnie przedsiębiorstwa w otoczeniu polskiego górnictwa”.



# TO NIE POWINNO SIĘ ZDARZYĆ

## Wypadki. Katastrofy

### W Zakładzie Górniczym „Szujec I”

**W dniu 7.07.2012 r. w zakładzie górniczym „Szujec I” w Łętowicach, należącym do przedsiębiorcy „SUPER-KRUSZ” Sp. z o.o. w Borzęcinach, zaistniał wypadek śmiertelny, któremu uległ operator ładowarki.**

Zakład górniczy „Szujec I” prowadził eksploatację kruszywa naturalnego koparkami podsiębiernymi, spod lustra wody. Wydobyte kruszywo składowane było na składowiskach urobku, zlokalizowanych wzdłuż krawędzi zbiornika eksploatacyjnego, skąd po odsączeniu ładowane było na pojazdy odbiorców zewnętrznych. Prace związane z eksploatacją złoża wykonywane były przez podmiot SK INVEST GREEN Sp. z o.o. z siedzibą w Krakowie.

W dniu 07.07.2012 r., na zmianie I, osoba niższego dozoru ruchu podmiotu zewnętrznego, sprawująca nadzór nad ruchem zakładu górniczego „Szujec I”, skierowała operatora ładowarki Ł 34 do prac związanych z załadunkiem urobku na pojazdy odbiorców, składowanego w rejonie krawędzi zbiornika wodnego. Około godziny 11<sup>15</sup> operator koparki, prowadzący eksploatację złoża, stwierdził zniknięcie ładowarki Ł 34. Powiadomione Policja i Straż Pożarna, przybyłe na miejsce zdarzenia, w wyniku podjętej akcji, z udziałem płetwonurków, odnalazły w wyrobisku ładowarkę i ciało operatora, znajdujące się w odległości około 10 m od ładowarki. Po wydobyciu ciała na brzeg zbiornika przybyły na miejsce zdarzenia lekarz pogotowia ratunkowego, o godzinie 16<sup>20</sup>, stwierdził zgon operatora.

**Przyczyną wypadku śmiertelnego** był wjazd ładowarką do zbiornika.

### W Kopalni Węgla Kamiennego „Bielszowice”

**W dniu 10.07.2012 r. w Kompanii Węglowej S.A. Oddział KWK „Bielszowice” w Rudzie Śląskiej zaistniał wypadek śmiertelny, któremu uległ pracownik Chorzowskiego Przedsiębiorstwa Robót Górniczych Sp. z o.o. w Chorzowie.**

Wypadek miał miejsce w objeździe wozów pełnych na poziomie 840 m, w rejonie skrzyżowania z chodnikiem wodnym II. Wyrobisko, o wysokości 3,8 m i szerokości 5,0 m, wykonane było w obudowie typu KS/KO-21/8. Na spągu wyrobiska zabudowane były dwa tory, nad którymi na wysokości 2,1 m zawieszono były przewody trakcji elektrycznej. Nad przewodami trakcji zawieszony był częściowo zdemontowany rurociąg o średnicy 100 mm.

W dniu 10.07.2012 r. na zmianie „A”, sztygar zmianowy firmy CHPRG Sp. z o.o. skierował trzech pracowników w rejon skrzyżowania objazdu wozów pełnych z chodnikiem wodnym II na poziomie 840 m, wydając polecenie zdjęcia rury z rurociągu. Pracownicy przystąpili do robót pomimo braku zgody dysponenta przewozu na wykonywanie prac na drogach przewozowych. Przystąpili do pracy bez zabezpieczenia miejsca pracy, w tym wyłączenia trakcji elektrycznej. W celu zdjęcia rury przetoczyli w rejon skrzyżowania wóz osobowy, o który

oparli drabinę. Około godziny 9<sup>03</sup> jeden z pracowników, stojąc na drabinie i na dachu wozu, podniósł zawieszoną na łańcuchu rurę, której drugi koniec podtrzymywany był przez dwóch pracowników stojących na spągu. Podczas wykonywania tych czynności pracownik stojący na drabinie i wozie dotknął przewodu jezdnego i został porażony prądem elektrycznym. Po wytransportowaniu nieprzytomnego pracownika na powierzchnię, lekarz, o godzinie 9<sup>55</sup>, stwierdził jego zgon.

**Przyczyną wypadku śmiertelnego** było prawdopodobne porażenie prądem, podczas prac, wykonywanych w bezpośrednim sąsiedztwie załączonej trakcji elektrycznej.

### W Kopalni Węgla Kamiennego „Krupiński”

**W dniu 20.07.2012 r. w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A. KWK „Krupiński” w Suszcu zaistniał wypadek śmiertelny, któremu uległ pracownik oddziału szybowego.**

Wypadek miał miejsce w szybie I, na głębokości ok. 471 m, pomiędzy przedziałem północnym i południowym. Szyb I, dwuprzdziałowy o średnicy 8 m i głębokość 904 m, wyposażony był w naczynia wyciągowe: dwa skipy Qu = 22,5 Mg, którymi prowadzono wydobywanie urobku z poziomu 469 m.

W dniu 20 lipca 2012 r. na zmianie B, zespół dwóch pracowników, wraz ze sztygarem zmianowym oddziału szybowego, przeprowadził rewizję zbrojenia szybowego wyciągów szybowych i pomocniczego wyposażenia szybu I, równocześnie w przedziale południowym i północnym. Po zakończonej rewizji, na drodze jazdy skipu w przedziale północnym rozpoczęto jazdę do góry, celem wyjazdu na poziom komory skipowej. W czasie jazdy do góry, około godziny 16<sup>03</sup>, pracownik prawdopodobnie wychylił głowę przez okno rewizyjne ściany bocznej stopy skipu. Jego głowa została dociśnięta do dźwigara mocowania przewodników kątowych, zabudowanego na głębokości ok. 471 m pomiędzy przedziałami północnym i południowym.

**Przyczyną wypadku śmiertelnego** było dociśnięcie głowy uszkodzonego do dźwigara, spowodowane wychyleniem się przez okno rewizyjne w czasie jazdy naczynia wyciągowego.

*Szkic miejsca wypadku str. 41*

### W Spółce Restrukturyzacji Kopalń S.A. Oddział CZOK w Czeladzi Ruch II

**W dniu 30.07.2012 r. w Spółce Restrukturyzacji Kopalń S.A. w Bytomiu Oddział CZOK w Czeladzi Ruch II zaistniał wypadek śmiertelny, któremu uległ górnik przodowy.**

Wypadek miał miejsce w przekopie równoległym, w odległości około 23,7 m od skrzyżowania z chodnikiem wodnym II na poziomie 825 m. Przekop wykonany był w obudowie ŁP-8 i zanieczyszczony był szlamem. Po otwarciu w kwietniu 2012 r. tamy izolacyjnej podjęto decyzję

o oczyszczeniu przekopu ze szlamu, w związku z planowaną budową przepompowni. Czyszczenie przekopu polegało na rozwodnieniu szlamu silnym strumieniem wody, pobieranym z rurociągu ppoż. Rozwodniona mieszanina zasysana była przez pompę szlamową typu PSZ i rurociągiem odprowadzana do przekopu równoległego. Po oczyszczeniu około 6 m przekopu, pompę przemieszczano za pomocą wciągarki grzechotkowej typu CGZ-15. W dniu 30.07.2012 r., na zmianie I, do przebudowy pompy szlamowej w przekopie równoległym skierowano górnika przodowego wraz z 3 pracownikami.

Po zamocowaniu wciągarki do łuku ociosowego odrzwi obudowy ŁP-8, przodowy nie dokonując w miejscu podwieszenia wzmocnienia obudowy, przystąpił do przeciągania pompy. O godz. 9<sup>15</sup>, w czasie przesuwania pompy nastąpiło przemieszczenie odrzwi obudowy, do których zawieszono wciągarkę, oraz złamanie stropnicy odrzwi sąsiednich, co spowodowało opad skał ze stropu i ociosów na wysokość około 1,2 m i długości około 3 m. Opadające skały przysypały górnika przodowego, który doznał śmiertelnych obrażeń.

**Przyczyną wypadku śmiertelnego** było przysypanie górnika przodowego opadającymi bryłami skalnymi ze stropu i ociosów.

## W Zakładzie Górniczym „JARO” S.A.

**W dniu 28.07.2012 r. w zakładzie górniczym „JARO” S.A. w Jaroszowie zaistniał pożar egzogeniczny.**

Pożar przenośnika taśmowego PTGm 1000 B-2 zaistniał w wyrobisku „Stanisław-Południe” na poziomie IV. W wyrobisku prowadzono eksploatację glin ogniotrwałych ośmioma poziomami roboczymi. Urobek transportowano przenośnikami taśmowymi do węzła rozdzielczego, skąd kierowany był na składowisko buforowe odkryte i palarnię glin. W odległości ok. 5 m od skarpy na poziomie piętra IV zabudowany był przenośnik taśmowy A-2 na poziomie piętra III.

W dniu 28.07.2012 r., będącym wolnym od pracy, w zakładzie prowadzono kontrolę i obserwację wyrobisk. Temperatura powietrza wynosiła około 30°C. Około godz. 14<sup>10</sup> dyżurujący pracownicy zauważyli pożar w rejonie środkowej części przenośnika taśmowego typu PTGm 1000 B-2 zabudowanego na poziomie piętra IV. Wezwane jednostki Państwowej Straży Pożarnej w Świebodzicach i Ochotniczej Straży Pożarnej z Jaroszowa przystąpiły do akcji gaszenia pożaru. Pożar ugaszono około godziny 15<sup>30</sup>.

W wyniku pożaru całkowitemu spaleni uległa taśma przenośnika B-2 na długości ok. 35 m, przewody sterowniczo-sygnalizacyjne oraz oponowy przewód typu OG 3 x 70+50 mm<sup>2</sup> zasilający przenośnik.

**Przyczyną pożaru** było uszkodzenie złącza naprawczego (mufy) na przewodzie oponowym OG 3 x 70+50 mm<sup>2</sup> będącego pod napięciem i zasilającego przenośnik A-2 na poziomie piętra III. Prawdopodobnie uszkodzenie złącza nastąpiło w wyniku nagrzania mufy, co doprowadziło do powstania zwarcia i zapalenia się podłoża oraz suchej trawy, a następnie przemieszczenie się płomienia na przenośnik B-2 zabudowany na poziomie IV.

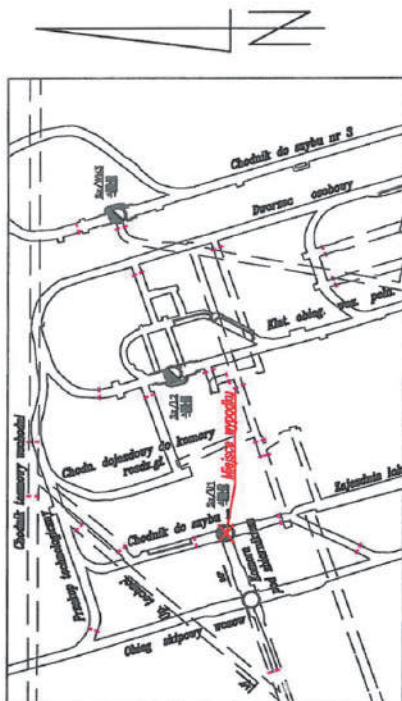
Materiał przygotowała **Wanda SŁUPIANEK**

### WYPADKOWOŚĆ W GÓRNICTWIE od 1.01 do 30.09.2012

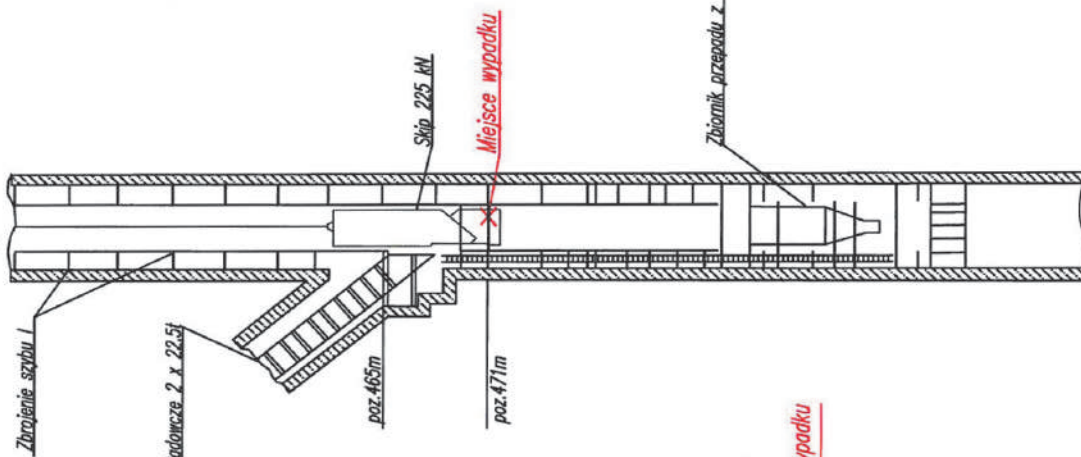
	OGÓŁEM				W tym kopalnie węgla kamiennego						
	2011		2012		2011		2012				
	rok 2011	1.01-30.09	1-30.09		rok 2011	1.01-30.09	1-30.09				
<b>WYPADKI ŚMIERTELNE</b>	28	24	<b>24</b>	<b>2</b>	20	17	<b>19</b>	<b>2</b>			
w tym FIRMY USŁUGOWE	4	2	<b>8</b>	<b>0</b>	3	2	<b>7</b>	<b>0</b>			
<b>WYPADKI CIĘŻKIE</b>	26	21	<b>17</b>	<b>1</b>	19	17	<b>10</b>	<b>1</b>			
w tym FIRMY USŁUGOWE	3	2	<b>4</b>	<b>0</b>	3	2	<b>3</b>	<b>0</b>			
<b>WYPADKI OGÓŁEM</b> (załoga własna i firmy usługowe) na koniec sierpnia	2975	1962	<b>1857</b>	<b>-105</b> <b>-5,4%</b>	2336	1557	<b>1438</b>	<b>-119</b> <b>-7,6%</b>			
w tym ZAŁOGA WŁASNA					1801	1192	<b>1078</b>	<b>-114</b> <b>-9,6%</b>			
w tym FIRMY USŁUGOWE					535	365	<b>360</b>	<b>-5</b> <b>-1,4%</b>			
<b>ZGONY NATURALNE</b>	18	13	<b>12</b>	<b>4</b>	13	9	<b>10</b>	<b>3</b>			

\* łącznie z wypadkami zaistniałymi w Centralnym Zakładzie Odwadniania Kopalń

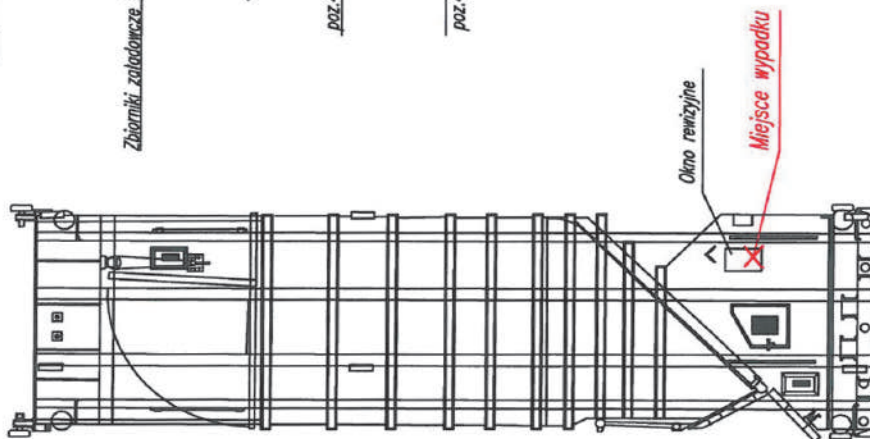
SZKIC SYTUACYJNY  
POZIOM 420



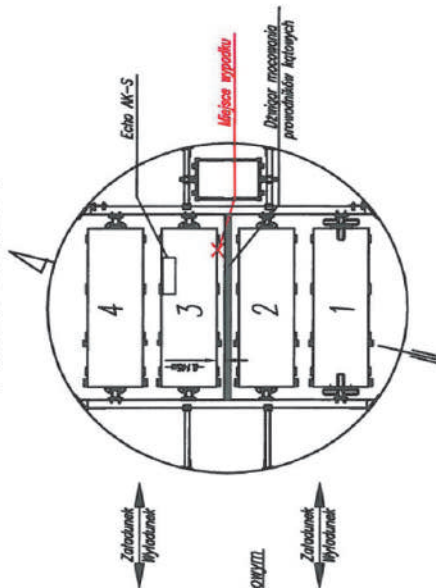
RURA SZYBOWA  
Szyby 1



SKIP 225KN



TARCZA SZYBU I



Szkic miejsca wypadku śmiertelnego, któremu w dniu 20.07.2012 r. uległ pracownik oddziału szybowego w JSW S.A. KWK „Krupiński” w Suszcu w szybie I

### W RPA platyna droższa niż życie górników

W Republice Południowej Afryki znajduje się aż 80 proc. udokumentowanych rezerw platyny na świecie. Jest więc ona krajem, w którym wszelkie zaburzenia wydobycia rud i produkcji tego szlachetnego, odpornego na działanie czynników atmosferycznych i chemicznych surowca, odbijają się na jego cenie na światowych rynkach.

Trwające już od wielu miesięcy walki robotników z właścicielami kopalni platyny Marikana, która jest jej głównym producentem na światowym rynku, uległy w ostatnich tygodniach zaostrzeniu. O 18 zabitych doniosła południowoafrykańska agencja SAPA po tym, jak policja otworzyła ogień do tysięcy górników, którzy uzbrojeni w pałki i maczety demonstrowali w obronie swoich pracowniczych praw. Oficjalnie nie komentuje ona żadnego bilansu ofiar. Poinformowała natomiast, że rozmowy z przywódcami radykalnego ruchu protestacyjnego zostały zerwane, zmuszając do rozproszenia demonstracji siłą.

Protesty wymogły na właścicielu Marikany – firmie Lomin, wstrzymanie eksploatacji we wszystkich innych placówkach w RPA, które stanowią łącznie ok. 12 proc. wydobycia platyny na całym świecie. W kraju tym znajduje się bowiem aż 60 proc. znanych na naszym globie źródeł platyny; jednak rosnące ceny energii i siły roboczej oraz spadek wartości cennego kruszcu sprawiły, że wiele kopalń znalazło się w trudnej sytuacji finansowej.

### Syberyjski skarbiec antracytu

Pod względem udokumentowanych zasobów węgla kamiennego, Rosja zajmuje drugie po USA miejsce w świecie (z 19 proc. udziałem w sumarycznych zasobach antracytu, węgla bitumicznego, subbitumicznego i lignitu). Według danych na koniec 2008 r., udokumentowane zasoby węgla w Rosji wynosiły ponad 157 miliardów ton, zaś w przypadku antracytu i węgla bitumicznego – ponad 49 mld ton.

Aktualnie, najbardziej dynamicznie działającą na polu rozbudowy potencjału wydobywczego i handlu tym cennym paliwem specjalnym, niezbędnym do wyrobu elektrod i dla potrzeb metalurgii, jest kompania „Siberian Anthracite”. Ten cenny surowiec, zawierający 94–96 proc. pierwiastka węgla, wspomniana kompania wydobywa aktualnie w pięciu kopalniach odkrywkowych, w zachodniosyberyjskich złożach: gorłowskim, urgunskim i koływańskim. Ich surowcowe zasoby oceniane są wielkością przekraczającą 375 milionów ton! Ich rynek handlowy obejmuje aktualnie ponad sto kompanii w 20 krajach naszego globu

Jedno ze wspomnianych złóż – koływańskie w obwodzie nowosybirskim – prezentuje czasopismo „Coal International” w swoim najnowszym, lipcowo-sierpni-

wym wydaniu. Górnicze załogi wspiera wysokiej jakości i wydajności sprzęt techniczny: ładowarki Hyundai, ekskawatory Scanii, buldożery Caterpillar i 130-tonowej ładowności „Bielazy”; a także specjalistyczny sprzęt przeciwpożarowy, pompy wodne i nowoczesne warunki zakwaterowania górniczych załóg.

### Stare kopalnie w górach Harzu - magazynami energii wiatrowej

Jak wiadomo, Niemcy planują do 2018 r. zaprzestać wydobycia węgla. Termin ten zbiega się w czasie z nowo ogłoszonym planem odejścia od energii jądrowej do 2022 r. i przejścia rodzimej energetyki na energię produkowaną ze źródeł odnawialnych. Wykorzystanie zamkniętych kopalń, w celu gromadzenia energii wytworzonej z OZE, jest naturalnym rozwiązaniem. Tym samym tereny pokopalniane mogą wnieść swój udział w rozwój czystej energii.

Stare kopalnie w górach Harzu planuje się więc wykorzystać do budowy wielkich magazynów energii dla licznie działających już w tym kraju turbin wiatrowych. Co więcej – pomysł wykorzystania opuszczonych kopalń zatwierdzony został już przez władze Dolnej Saksonii, a także zyskał szeroką akceptację górniczej społeczności regionu. Pierwszy, testowy zakład ma powstać w Bad Grund w ciągu najbliższych trzech do pięciu lat. Koszt jego budowy szacuje się na 170 do 200 mln euro. Będzie on w stanie przechowywać jednorazowo do 400 MW energii elektrycznej, co wystarczy dla 40 tys. domów na dzień.

Inżynier Marko Schmidt z Centrum Badań nad Energią Dolnej Saksonii – autor koncepcji wykorzystania starych kopalń jako przechowalni energii wiatru obliczył, że w całych Niemczech jest 60 do 100 miejsc, które mogą być podobnie zagospodarowane.

Zdaniem ekspertów, kłopotliwym problemem produkcji energii z wiatru jest jej niestabilność. Turbiny wiatrowe dostarczają energię do sieci tylko w wietrzne dni. Tym samym niemożliwością jest ich skorelowanie z zapotrzebowaniem na energię. Z tego względu energetyka wiatrowa, podobnie jak słoneczna, potrzebują sprawnego rynku bilansującego oraz systemów gromadzenia energii.

Uzupełnieniem pracy turbin wiatrowych są, ich zdaniem, elektrownie wodne szczytowo-pompowe. Właśnie tego typu instalacje planuje się uruchomić w nieczynnych kopalniach. Jak informuje Walter Eiler, dyrektor działu zielonej energii górniczej spółki RAG, istnieją przesłanki, że stare wyrobiska staną się swojego rodzaju „zielonymi akumulatorami”. Widzi też ich dodatkową zaletę. Wykorzystanie byłych kopalń do gromadzenia energii pozwoli obniżyć tzw. koszty górnictwa węgla kamiennego, wynikające z konieczności zabezpieczenia nieczynnych wyrobisk, pompowania wód kopalnianych itp.

Opracował **Zbigniew BOŻEK**

## Górnictwo na świecie

### Redukcje zatrudnienia w australijskich kopalniach

O 900 osób zmniejszy się liczba pracowników zatrudnionych w górnictwie na Antypodach. Firmy przygotowują grupowe zwolnienia, tłumacząc się spadkiem światowych cen surowców oraz wyższymi kosztami wydobycia. Węglowy gigant, Xstrata Coal, zapowiedział rozstanie z 600 górnikiem, natomiast firma BHP Billiton już wskazała 300 stanowisk przeznaczonych do likwidacji w związku z zamknięciem kopalni węgla Gregory Crinum w prowincji Queensland.

Australijskie górnictwo węglowe dotknął ten sam kryzys, który dotychczas trapił przedsiębiorców wydobywających złoża żelaza: rosną koszty operacyjne eksploatacji, a zarazem spadają ceny sprzedaży. W przypadku kopalni Gregory Crinum sprawę przeważał trzeci czynnik – silna pozycja australijskiego dolara na rynkach finansowych.

Analicyści przewidują trudne czasy dla górnictwa węglowego nie tylko w Australii, wskazując na osłabienie dynamiki wzrostu przemysłu węglowego w Chinach, z czym koresponduje zwiększone zainteresowanie tego kraju alternatywnymi źródłami energii.

### Górnictwo protesty w Peru

Już od roku trwają protesty antygórnictwa w różnych regionach Peru. Taka sytuacja nie mogła nie wpłynąć na kondycję tamtejszego przemysłu wydobywczego. Jak ocenia peruwiańskie stowarzyszenie krajowe górnictwa, ropy naftowej i energii (SNMPE), inwestorzy branży górniczej już zaczęli się rozglądać za lepszymi obszarami inwestycyjnymi. Szacuje się, że inwestycje górnicze w tym południowoamerykańskim kraju spadną w przyszłym roku o jedną trzecią. Wedle ocen SNMPE zamiast prognozowanych początkowo w 2013 r. 6 miliardów dolarów należy spodziewać się nie więcej niż 4 miliardy dolarów.

Jedną z przyczyn jest opóźnienie realizacji projektu zwanego Conga, dotyczącego nowych kopalń miedzi i złota w prowincji Cajamarca. Ale i inne projekty wydobywcze napotykają duże problemy, zazwyczaj związane z negocjacjami społecznymi. Tego typu zakłócenia dotknęły kopalnię miedzi Tintaya, niedaleko dawnej stolicy Inków w południowoperuwiańskim Cusco, zarządzanej przez szwajcarski koncern Xstrata.

### Kiedy wyczerpią się zasoby naturalne?

Znane czasopismo naukowe „Scientific American” postanowiło zająć się problemem, który musi nurtować każdy umysł interesujący się sektorem górniczym: kiedy na Ziemi wyczerpią się zasoby surowców mineralnych? Odpowiedź jest szczegółowa, ale oczywiście hipotetyczna, bo opiera się na wielu słabo znanych zmiennych. „Scientific American” oparł się w swych badaniach na istniejących danych, starając się rzetelnie i dokładnie ocenić ludzką eksploatację minerałów.

Według autorów studium, krytyczny moment dla wydobycia ciężkich, a cennych metali, nadejdzie już w końcu

lat dwudziestych naszego stulecia. Zasoby ropy wyczerpią się w 2028 r., rok później nastąpi kres wydobycia srebra, podczas gdy łatwo dostępne pokłady złota znikną w 2030 r. Natomiast miedź, mimo jej szerokiego wykorzystania we współczesnej infrastrukturze i technologii, będzie eksploatowana znacznie dłużej, a to dzięki bogatym ziemskim złożom – ostatnie rezerwy zostaną zużytkowane do 2044 r. Obecnie wiemy o 540 mln ton tego pospolitego, a użytecznego metalu zalegających we wnętrzu Ziemi, ale możliwe, iż w samych Andach znajduje się dodatkowych 1,3 mld ton miedzi.

Cały świat uprzemysłowiony jest żywotnie zainteresowany zasobami ropy naftowej. Tu „Scientific American” nie daje wiele nadziei: szczyt wydobycia nastąpi już za dwa lata, po czym będzie ono sukcesywnie maleć. Natomiast kres wydobycia węgla nie nadejdzie równie szybko, dopiero w 2072 r. wyczerpie się 90 proc. dostępnych dla eksploatacji pokładów tego „czarnego złota”. David Rutledge z California Institute of Technology przestrzega, że popularne przekonanie o rzekomo niewyczerpanych zasobach węgla jest ułudą, wynikłą z przeszacowania skali przyszłego postępu w technologiach, które mają pozwolić na eksploatację tych jego złóż, które dzisiaj są niedostępne.

Wydaje się zatem, że w ciągu kilkudziesięciu lat ludzkość zacznie żałować zaniedbań w projektowaniu i udoskonalaniu podróży kosmicznych, co nastąpiło po lądowaniu człowieka na Księżycu. Jeszcze w latach 70. XX w. przewidywano, że ludzkość będzie zdolna do lotów załogowych i przemysłowej eksploatacji złóż właśnie Księżycza oraz Wenus i Marsa już na przełomie stuleci. Tymczasem termin ten minął bez dokonania jakiegokolwiek znaczącego postępu w tej dziedzinie.

### Oryginalny pomysł na rekultywację terenów pogórnictwa

Pomysłowość ludzka nie zna granic, także gdy chodzi o zagospodarowanie terenów po zamkniętych zakładach górniczych. Pola golfowe, baseny czy tory wyścigowe dla motocykli wcale nie są już ostatnim krzykiem mody w tej dziedzinie.

Nowe ścieżki wyznaczyli twórcy projektu zagospodarowania obszaru zamkniętej kopalni węgla w Shotton, w leżącej na północy Anglii prowincji Northumbrii. Zastanawiając się, co zrobić z półtora milionem ton zwalów pokopalnianych odpadów, postanowili oni uformować z nich olbrzymią sylwetkę... nagiej kobiety. Sylwetka nadobnej niewiasty zajmuje większość obszaru dawnej kopalni. Ma ponad 400 m długości, niektóre elementy płaskorzeźby (których skromność nie pozwala nam wymienić) osiagają wysokość 34 m, natomiast obejście całości zajmuje dobremu piechurowi aż 20 minut.

Rzeźbę udostępniła publiczności, w trakcie uroczystej ceremonii, brytyjska księżniczka Anna. Oficjalnie rzeźba nosi miano „Northumberlandia”, jako upamiętnienie dawnej nazwy całej północnej Anglii i jednego z królestw anglosaskich, ale lokalna społeczność już nadała jej przydomek „Pani Północy”. Pani Północy będzie otoczona przez zielone tereny parku publicznego, a jej twórcy mają nadzieję, że stanie się główną atrakcją turystyczną okolicy.

Opracował **Marek TARABUŁA**

# DOPUSZCZENIA

## do stosowania w zakładach górniczych

Prezes Wyższego Urzędu Górniczego dopuścił do stosowania w zakładach górniczych następujące maszyny, urządzenia i materiały

Przedmiot dopuszczenia	Adresat	Liczba dziennika Data dopuszczenia
Zintegrowany system sterowania kompleksu przodkowego GX-67/12	Biuro Techniczno-Handlowe Eplan s.c. w Tychach	GEM3232/08/2012/HJ/AK 2012-08-01
Zespoły belek nośnych typu ZBN - 2x4,0t/C GM- 110/12	„FAMA” Sp. z o.o. w Gniewie	GEM/3217/07/2012/SK 2012-08-01
Zintegrowany system sterowania kompleksu wydobywczego GX- 71/12	Kopex Electric System S.A. w Tychach	GEM/3257/08/2012/HJ/AK 2012-08-03
Zawiesia typu T51 GM- 111/12	ZPH „Stalpol” Sp. z o.o. w Lublinie	GEM/3286/08/2012/SK 2012-08-06
Zintegrowany system sterowania kompleksu przodkowego GX- 77/12	Kopex Electric System S.A. w Tychach	GEM/3368/08/2012/HJ/AK 2012-08-09
Uniwersalne kontenery górnicze typu KG- W. GM- 112/12	PPPU „Premag” w Zebrzydowicach	GEM/3350/08/2012/SK 2012-08-09
Zintegrowany system sterowania kompleksu wydobywczego GX- 75/12	Biuro Techniczno-Handlowe Eplan s.c. w Tychach	GEM/3351/08/2012/HJ/AK 2012-08-09
Zintegrowany system sterowania kompleksu wydobywczego GX- 73/12	„Becker-Warkop” Sp. z o.o. w Świerklanach	GEM/3333/08/2012/HJ 2012-08-09
Silnik indukcyjny trójfazowy w wirniku klatkowym typu Sh400H4A GE- 36/12	Zakład Maszyn Elektrycznych „Emit” S.A. w Żychlinie	GEM/3362/08/2012/KR 2012-08-10
Zintegrowany system sterowania kompleksu wydobywczego GX- 74/12	Biuro Techniczno-Handlowe Eplan s.c. w Tychach	GEM/3385/08/2012/HJ 2012-08-13
Silnik indukcyjny trójfazowy wirnikiem klatkowym typu dSLfr800H8C – E GX- 72/12	Zakład Maszyn Elektrycznych „Emit” S.A. w Żychlinie	GEM/3386/2012/KR 2012-08-14
Silnik indukcyjny trójfazowy budowy przeciwwybuchowej typu SG4 562Y – 4 GX- 79/12	DFME „Damel” S.A. w Dąbrowie Górniczej.	GEM/3458/08/2012/KR 2012-08-16
Zintegrowany system sterowania kompleksu wydobywczego GX- 76/12	Biuro Techniczno-Handlowe Eplan s.c. w Tychach	GEM/3438/08/2012/HJ/AK 2012-08-16
Przewód oponowy ekranowy typu PROTOLON(ST) NTSCGEWOU.../3E GE- 37/12	„Prysmian” Kable und System GmbH w Republice Federalnej Niemiec	GEM/3441/08/2012/KR 2012-08-16

Przedmiot dopuszczenia	Adresat	Liczba dziennika Data dopuszczenia
Silnik zatapialny typu 6H1147c GE- 14/12	Przedsiębiorstwo Kompletacji i Montażu Systemów Automatyki „Carboautomatyka” S.A. w Tychach.	GEM/3467/08/2012/KR 2012-08-17
Prowadnice toczne typu KB 320/20 i KB 320/20 A, typu KC 350/20 i KC 350/20 A oraz typu KU 320/10 i KU 320/10 A GM- 114/12	Zakład Budowy Urządzeń i Aparatury Naukowo- Doświadczalnej Sp. z o.o. w Katowicach.	GEM/3466/08/2012/KC 2012-08-17
Zespół prowadnic tocznych typu W – 1 – A GM- 113/12	Zakład Budowy Urządzeń i Aparatury Naukowo- Doświadczalnej Sp. z o.o. w Katowicach	GEM/3465/08/2012/KC 2012-08-17
Klatka 6-piętrowa GM- 115/12	„Wamag” S.A. w Wałbrzychu	GEM/3479/08/2012/KC 2012-08-17
Klatka 6-piętrowa GM- 116/12	„Wamag” S.A. w Wałbrzychu	GEM/3480/08/2012/KC 2012-08-17
Zintegrowany system sterowania kompleksu wydobywczego GX- 80/12	Biuro Techniczno-Handlowe Eplan s.c. w Tychach	GEM/3492/08/2012/AK 2012-08-20
Ognioszczelna stacja transformatorowa typu TEK 1534 + PHE + PBE3006 GX- 78/12	„Becker-Warkop” Sp. z o.o. w Świerklanach	GEM/3490/08/2012/AK 2012-08-20
Modułowy zestaw transportowy typu UiK - MZT GM- 117/12	Urządzenia i Konstrukcje S.A. w Żorach	GEM/3529/08/2012/SK 2012-08-21
Wciągnik łańcuchowy typu CŁH GM- 118/12	Urządzenia i Konstrukcje S.A. w Żorach	GEM/3530/08/2012/SK 2012-08-21
Zintegrowany system sterowania kompleksu wydobywczego GX- 81/12	„Famur” S.A. w Katowicach	GEM/3621/08/2012/HJ 2012-08-28
Ciągnik podwieszony elektrohydrauliczny typu CEH – 22 GM- 119/12	„Becker-Warkop” Sp. z o.o. w Świerklanach	GEM/3678/08/2012/SK/HJ 2012-08-30
Zespół urządzeń maszyny wyciągowej 2L-4000/DC-6m/s GE- 43/12	„MWM Elektro” sp. z o.o. w Trzebini	GEM/3699/08/2012/GS 2012-08-31
Urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej GE- 42/12	„MWM Elektro” sp. z o.o. w Trzebini	GEM/3700/08/2012/GS 2012-08-31

Przygotowała **Ewa LIGĘZA**

## Przegląd opublikowanych norm

### **Materiały pomocnicze do spawania**

PN-EN ISO 26304:2011 Materiały dodatkowe do spawania – Druty elektrodowe lite i druty elektrodowe proszkowe oraz kombinacje elektroda–topnik do spawania łukiem krytym stali o wysokiej wytrzymałości – Klasyfikacja (*oryg.*)

### **Urządzenia do spawania**

PN-EN 60974-12:2011 Sprzęt do spawania łukowego – Część 12: Elementy połączeniowe przewodów spawalniczych (*oryg.*)

PN-EN 60974-13:2011 Sprzęt do spawania łukowego – Część 13: Zacisk prądu powrotnego (*oryg.*)

### **Materiały izolacyjne. Zagadnienia ogólne**

PN-EN 62631-1:2011 Właściwości dielektryczne stałych materiałów elektroizolacyjnych – Część 1: Postanowienia ogólne (*oryg.*)

### **Systemy izolacji**

PN-EN 60505:2011 Ocena i kwalifikacja układów elektroizolacyjnych (*oryg.*)

### **Lampy**

PN-EN 61347-2-3:2011/AC:2011 Urządzenia do lamp – Część 2-3: Wymagania szczegółowe dotyczące elektronicznych urządzeń sterujących, zasilanych prądem przemiennym i/lub prądem stałym, do świetlówek (*oryg.*)

PN-EN 62442-1:2011 Charakterystyki energetyczne urządzeń do lamp – Część 1: Urządzenia do świetlówek – Metoda pomiaru do określania całkowitej mocy wejściowej obwodów urządzeń oraz sprawności tych urządzeń (*oryg.*)

### **Transformatory. Dławiki**

PN-EN 60076-1:2011 Transformatory – Część 1: Wymagania ogólne (*oryg.*)

PN-EN 61378-1:2011 Transformatory przekształtnikowe – Część 1: Transformatory do zastosowań przemysłowych (*oryg.*)

### **Kable**

PN-EN 50525-3-31:2011 Przewody elektryczne – Niskonapięciowe przewody elektroenergetyczne na napięcie znamionowe nieprzekraczające 450/750 V ( $U_0/U$ ) – Część 3-31: Przewody o specjalnych właściwościach w warunkach działania ognia – Przewody jednożyłowe, bez powłoki, o izolacji z termoplastycznego materiału niezawierającego halogenów i o małej emisji dymu (*oryg.*)

PN-EN 50525-3-41:2011 Przewody elektryczne – Niskonapięciowe przewody elektroenergetyczne na napięcie

znamionowe nieprzekraczające 450/750 V ( $U_0/U$ ) – Część 3-41: Przewody o specjalnych właściwościach w warunkach działania ognia – Przewody jednożyłowe, bez powłoki, o izolacji z usieciowanego materiału niezawierającego halogenów i o małej emisji dymu (*oryg.*)

### **Górnictwo i eksploatacja kamieniołomów**

PN-G-05022:1997/Ap1:2011 Górnictwo – Konstrukcje wież szybowych – Zasady projektowania i obliczeń statycznych

### **Urządzenia do transportu poziomego i pionowego**

PN-G-47061:2011 Górnicze koleje podziemne – Nawierzchnie torowe – Wymagania

### **Sprzęt do prac poszukiwawczych, wiertniczych i eksploatacji**

PN-EN ISO 10407-2:2011 Przemysł naftowy i gazownictwo – Sprzęt do wierceń obrotowych – Część 2: Kontrola i klasyfikacja używanych elementów kolumny przewodu wiertniczego

PN-EN ISO 10414-2:2011 Przemysł naftowy i gazownictwo – Badania polowe płynów wiertniczych – Część 2: Płyny na bazie oleju (*oryg.*)

PN-EN ISO 10423:2011 Przemysł naftowy i gazownictwo – Wyposażenie do wierceń i eksploatacji – Osprzęt wieżb rurowych i głowic eksploatacyjnych

PN-EN ISO 11960:2011 Przemysł naftowy i gazownictwo – Rury stalowe używane jako rury okładzinowe lub wydobywcze (*oryg.*)

PN-EN ISO 13500:2011 Przemysł naftowy i gazownictwo – Materiały do płynów wiertniczych – Specyfikacje i badania

PN-EN ISO 13501:2011 Przemysł naftowy i gazownictwo – Płyny wiertnicze – Ocena systemów uzdatniania (*oryg.*)

### **Urządzenia do transportu ropy naftowej, produktów naftowych i gazu ziemnego**

PN-EN 14161:2011 Przemysł naftowy i gazownictwo – Rurociągowy systemy przesyłowe (*oryg.*)

PN-EN ISO 21809-1:2011 Przemysł naftowy i gazownictwo – Powłoki zewnętrzne rurociągów podziemnych i podmorskich stosowanych w rurociągowych systemach transportowych – Część 1: Powłoki poliolefinowe (3-warstwowe PE i 3-warstwowe PP) (*oryg.*)

### **Instalacje wodociągowe**

PN-EN ISO 21003-2:2009/A1:2011 Systemy przewodów rurowych z rur wielowarstwowych do instalacji wody ciepłej i zimnej wewnątrz budynków – Część 2: Rury

Opracował **Roman SAŚIADEK**



# PRZEGLĄD AKTÓW NORMATYWNYCH

ogłoszonych w Dzienniku Ustaw przed dniem 26 września 2012 r.

## 1. Prawo pracy

**Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 września 2012 r., w sprawie wysokości minimalnego wynagrodzenia za pracę w 2013 r. (Dz. U. poz. 1026)** – zostało wydane na podstawie art. 2 ust. 5 ustawy z dnia 10 października 2002 r. o minimalnym wynagrodzeniu za pracę (Dz. U. Nr 200, poz. 1679, z późn. zm.) i wejdzie w życie z dniem 1 stycznia 2013 r., ustalając od dnia 1 stycznia 2013 r. minimalne wynagrodzenie za pracę w wysokości 1600 zł.

## 2. Materiały wybuchowe

**Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 22 sierpnia 2012 r., w sprawie sposobu ewidencjonowania wprowadzonych do obrotu materiałów wybuchowych, broni, amunicji oraz wyrobów i technologii o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym (Dz. U. poz. 1008) oraz w sprawie sposobu ewidencjonowania wytworzonych materiałów wybuchowych, broni, amunicji, wyrobów o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym oraz broni oznakowanej (Dz. U. poz. 1027)** – zostały wydane na podstawie odpowiednio art. 29 ust. 3 oraz art. 23 ust. 2 ustawy z dnia 22 czerwca 2001 r. o wykonywaniu działalności gospodarczej w zakresie wytwarzania i obrotu materiałami wybuchowymi, bronią, amunicją oraz wyrobami i technologią o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym (Dz. U. z 2012 r. poz. 1017) i weszły w życie odpowiednio z dniem 27 września oraz 3 października 2012 r.

## 3. Zawody regulowane

**Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 sierpnia 2012 r., zmieniające rozporządzenie w sprawie stażu adaptacyjnego i testu umiejętności w toku postępowania o uznanie kwalifikacji do wykonywania zawodów regulowanych w dziedzinie geologii (Dz. U. poz. 1012)** – zostało wydane na podstawie art. 18 ustawy z dnia 18 marca 2008 r. o zasadach uznawania kwalifikacji zawodowych nabytych w państwach członkowskich Unii Europejskiej (Dz. U. Nr 63, poz. 394), dostosowując rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 września 2008 r. w sprawie stażu adaptacyjnego i testu umiejętności w toku postępowania o uznanie kwalifikacji do wykonywania zawodów regulowanych w dziedzinie geologii (Dz. U. Nr 179, poz. 1107) do ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. Nr 163, poz. 981), i weszło w życie z dniem 27 września 2012 r.

## 4. Substancje chemiczne i ich mieszaniny

**Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 10 sierpnia 2012 r., w sprawie kryteriów i sposobu klasyfikacji substancji chemicznych i ich mieszanin (Dz. U. poz. 1018)** – zostało wydane na podstawie art. 19 ust. 5 pkt 1–3 i 5 ustawy z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach (Dz. U. Nr 63, poz. 322 oraz z 2012 r. poz. 908) i weszło w życie z dniem 14 września 2012 r.

## 5. Prawo atomowe

**Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 sierpnia 2012 r., w sprawie stanowisk mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa**

**jądrowego i ochrony radiologicznej oraz inspektorów ochrony radiologicznej (Dz. U. poz. 1022)** – zostało wydane na podstawie art. 12b ust. 1 ustawy z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe (Dz. U. z 2012 r. poz. 264 i 908) i weszło w życie z dniem 29 września 2012 r. Do przepisów w sprawie tych stanowisk odsyłają przepisy w sprawie prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych.

**Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu przeprowadzania oceny terenu przeznaczonego pod lokalizację obiektu jądrowego, przypadków wykluczających możliwość uznania terenu za spełniający wymogi lokalizacji obiektu jądrowego oraz w sprawie wymagań dotyczących raportu lokalizacyjnego dla obiektu jądrowego (Dz. U. poz. 1025)** – zostało wydane na podstawie art. 35b ust. 4 Prawa atomowego i weszło w życie z dniem 2 października 2012 r. Szczegółowy zakres przeprowadzania tej oceny obejmuje m.in.: (1) charakterystykę systemu hydrogeologicznego z oceną dostępnych w regionie lokalizacji zasobów wód podziemnych, ze szczególnym uwzględnieniem m.in. występowania wód m.in. termalnych, leczniczych, solanek, a także utworzonych lub planowanych dla nich obszarów górniczych, (2) występowanie złóż kopalin, w szczególności kopalin objętych własnością górnictwem w rozumieniu przepisów Prawa geologicznego i górniczego.

**Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 sierpnia 2012 r. w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania analiz bezpieczeństwa przeprowadzanych przed wystąpieniem z wnioskiem o wydanie zezwolenia na budowę obiektu jądrowego, oraz zakresu wstępnego raportu bezpieczeństwa dla obiektu jądrowego (Dz. U. poz. 1043)** – zostało wydane na podstawie art. 36d ust. 3 Prawa atomowego i weszło w życie z dniem 5 października 2012 r. Akt przewiduje, że przy ustalaniu zestawu zewnętrznych postulowanych zdarzeń inicjujących przyjmowanych do analiz bezpieczeństwa uwzględnia się i analizuje odpowiedzialność dla określonego projektu obiektu jądrowego w szczególności następujących zdarzeń naturalnych: wstrząsów sejsmicznych i aktywności uskokowej oraz zagrożeń geologiczno-inżynierskich i hydrogeologicznych, a także będących skutkiem działalności człowieka wstrząsów sejsmicznych indukowanych działalnością górnictwem.

## 6. Porządkowanie prawa

Ogłoszono **jednolite teksty ustaw**: z dnia 21 listopada 1996 r. **o muzeach (Dz. U. z 2012 r. poz. 987)**, z dnia 17 czerwca 1966 r. **o postępowaniu egzekucyjnym w administracji (Dz. U. z 2012 r. poz. 1015)**, z dnia 22 czerwca 2001 r. **o wykonywaniu działalności gospodarczej w zakresie wytwarzania i obrotu materiałami wybuchowymi, bronią, amunicją oraz wyrobami i technologią o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym (Dz. U. z 2012 r. poz. 1017)**, z dnia 10 kwietnia 1997 r. – **Prawo energetyczne (Dz. U. z 2012 r. poz. 1059)**.

Opracował Przemysław GRZESIOK

### Informacja dla autorów

#### Treść

Przekazanie artykułu do redakcji miesięcznika „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” jest równoznaczne z wyrażeniem zgody na jego publikację w miesięczniku i portalu internetowym wnp.pl. W portalu wnp.pl publikowane są artykuły wybrane spośród wydrukowanych w miesięczniku. Artykuł należy przygotować w edytorze Word (rozszerzenie doc) i przekazać na adres miesięcznika WUG w formie jednostronnego wydruku oraz elektronicznej (płyta CD, e-mail). Objętość artykułów wraz z rysunkami i tabelami zasadniczo nie powinna przekraczać 12 stron znormalizowanych, tj. łącznie 21600 znaków ze spacjami.

**Słowa kluczowe:** po streszczeniu należy podać 3–4 słowa kluczowe.

#### 1. Wstęp

Redakcja zastrzega sobie prawo wprowadzania poprawek, w tym wynikających z uwag recenzentów i korekty językowej. Na początku artykułu należy zamieścić krótkie streszczenie, przedstawiające zasadnicze wnioski pracy.

#### 2. Podtytuł pierwszego rzędu z numeracją arabską (12 pkt, bold)

##### 2.1. Podtytuł drugiego rzędu (12 pkt, bold, italic)

##### 2.1.1. Podtytuły trzeciego i wyższych rzędów (12 pkt, italic)

Zasadniczy tekst artykułu powinien być pisany czcionką Times New Roman (12 pkt), z interlinią 1,5 wiersza, wyrównaniem obu-stronnym i wcięciem pierwszego wiersza na głębokość 0,5 cm. Ustawienia strony: rozmiar papieru – A4, orientacja pionowa, marginesy – 2,5 cm, nagłówki i stopki – 1,25 cm. Prosimy nie nadużywać wytłuszczeń i nie przenosić wyrazów. Istotne jest rozróżnianie łączników (-) i myślników (–). Łącznik stosuje się w złożeniach wyrazowych typu „polsko-czeski”, natomiast myślnik jest znakiem przestankowym stosowanym m.in. w wyliczeniach lub wyodrębnieniach wtrąceń, a także w wyrażeniach oznaczających przedziały ilościowe (1998–1999, 3–5 kg itp.). Prosimy nie formatować tekstu spacjami! Krótkie cytaty umieszczone w tekście wyróżniamy kursywą, dłuższe (ponad 3 wiersze) w osobnych akapitach. Omawiane wyrazy, zwroty, zdania, zwroty obcojęzyczne prosimy wyodrębnić kursywą. Miejsca dziesiętne w liczbach należy oddzielać przecinkiem (nie kropką), np. 12,34.

Spis literatury, w tym przywoływane akty prawne, podaje się na końcu artykułu w formie bibliografii, uszeregowanej alfabetycznie według autorów (roku wydania, tytułu pozycji) i ponumerowanej. Przykładowy sposób sporządzania bibliografii podano na końcu informacji. Przypisy tekstowe należy umieścić po tekście artykułu, natomiast przypisy bibliograficzne w tekście – poprzez podanie w nawiasach kwadratowych numeru odpowiedniej pozycji, np.: „według Z. Bożka [1]”, „zgodnie z zasadami typografii [2]”, „obowiązek taki wynika z przepisu § 4 rozporządzenia [4]”, „na co wskazywał wcześniej L. Marks i in. [3]”.

#### 3. Wzory, ilustracje i tabele

##### 3.1. Wzory

Objaśnienia do wzorów należy wpisać poniżej, po słowie „gdzie:”, a oznaczenia zmiennych w tekście i we wzorach (np.  $E$ ) pisać kursywą. Kolejny numer wzoru winien być ujęty w nawias i dosunięty do prawego marginesu. Poniżej wzór równań:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (1)$$

gdzie:

- $\sigma$  – naprężenie,
- $E$  – moduł Younga,
- $\varepsilon$  – odkształcenie.

##### 3.2. Ilustracje

Rysunki, wykresy i fotografie, oznaczone wspólnie jako „Rys.” i kolejno ponumerowane, powinny być umieszczone w tekście i dodatkowo załączone w oddzielnych plikach graficznych w wersji oryginalnej (bitmapy bez skalowania i dodatkowej kompresji). Pliki graficzne muszą być ponumerowane tak samo jak ilustracje w tekście, np. rys\_1.jpg, rys\_2.bmp. Ilustracje należy umieszczać w obrębie tego samego rozdziału, pod każdą z nich zamieszczając tytuł w języku polskim (Rys. ...) i angielskim (Fig. ...). Pożądane, by wszelkie ilustracje, poza fotografiami, były w postaci wektorowej, która pozwala na skalowanie bez utraty jakości (format PDF).

##### 3.3. Tabele

Tabele należy wyśrodkować. Nie formatować tekstu spacjami! Grubość podstawowych linii tabeli – ½ pkt. Tabele powinny być umieszczone w tekście, w obrębie odpowiedniego rozdziału. Podobnie jak ilustracje, każda z nich powinna być podpisana w języku polskim (Tab. ...) i angielskim (Tab. ...). Nie stosować określeń typu „tabela powyżej”, „tabela poniżej”, ale odnosić się bezpośrednio do numeracji tabel, wykresów itp.

Tab. 1. Tytuł tabeli, 10 pkt, interlinia 10 pkt  
Tab. 1. Title of the table, 10 pts, interline 10 pts

Lp.	Nagłówek kolumny wyśrodkowany	Nagłówek kolumny	Nagłówek
1.			12345678

#### Information for the authors

**Summary:** Po zasadniczym tekście artykułu, a przed literaturą, należy zamieścić tytuł, streszczenie i słowa kluczowe w języku angielskim. Po uzgodnieniu z redakcją tłumaczenia może dokonać ona we własnym zakresie.

#### Literatura

1. Bożek Z.: Górnictwo dziedzictwo znaczkami dokumentowane. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 12, 2005, s. 63–64.
2. Chwałowski R.: Typografia typowej książki. Wyd. Helion, Gliwice 2002.
3. Marks L., Ber A., Gogołek W., Piotrowska W. (red.): Mapa Geologiczna Polski 1 : 500 000. Ministerstwo Środowiska – PIG, 2006.
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 19 grudnia 2005 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej oraz zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii (Dz. U. Nr 261 poz. 2187).

## Dzieje pewnej maszyny parowej

Usuwanie napływającej do podziemnych wyrobisk wody stwarzało zawsze duże problemy. W małych i płytkich kopalniach wystarczały zwykłe, poruszane przez górników, kołowroty, wyciągające na powierzchnię wiadra wypełnione wodą. Większe kopalnie stosowały pompy, paternostry lub ogromne, skórzane zbiorniki (bulgi), których pojemność dochodziła do tysiąca litrów. Do ich napędu stosowano koła deptakowe, wprawiane w ruch obrotowy przez chodzących w ich wnętrzu ludzi lub zwierzęta. Gdy umożliwiały to warunki geograficzne, wykorzystywano koła wodne poruszane przez przepływające obok kopalni rzeki lub strumienie. Najbardziej rozpowszechnione były jednak kieraty konne, wymagające utrzymywania przez kopalnię dużych ilości koni. Gdy warunki geologiczno-górnictwa były korzystne, górnicy przystępowali do budowy sztolni odwadniających, które odprowadzały grawitacyjnie wodę z rejonu eksploatacji. Uważano, że jest to najlepszy, najskuteczniejszy i najtańszy sposób osuszenia kopalni.

Gdy w 1784 r., z inicjatywy hr. Fryderyka von Redena, doszło do reaktywacji tarnogórskiego ośrodka górniczego, do usuwania wody zastosowano kierat konny, poruszający dwa zestawy pomp odwadniających. Ustawiono go w 1785 r. na szybie „Kunst”. Koszty instalacji tego typu odwadniarki wyniosły prawie 2,3 tys. talarów. Ponieważ nie mogła ona samodzielnie poradzić sobie z nadmiarem wdzierającej się do podziemi wody, wkrótce zamontowano dwa podobne urządzenia. Aby mogły one sprawnie pracować, kopalnia musiała posiadać ponad 120 koni, utrzymanie których kosztowało 14 tys. talarów rocznie. Mimo ponoszenia tak wysokich nakładów finansowych, odwadnianie kopalni okazało się dość drogie i mało efektywne. Aby zaradzić tej sytuacji, w 1785 r. rozpoczęto budowę sztolni odwadniającej „Pomagaj Bóg”. Jednak prace przy jej drażeniu okazały się skomplikowanym i drogim przedsięwzięciem, które początkowo nie spełniało pokładanych w nim nadziei. Dlatego też hrabia Reden postanowił zerwać z wielowiekową tradycją górniczą, związaną z dotychczasowymi sposobami odwadniania kopalni. Jego zamiarem stało się zamontowanie w Tarnowskich Górach maszyny parowej, napędzającej pompy odwadniające. Miano oprzeć się na sprawdzonych już rozwiązaniach angielskich, gdzie tego typu urządzenia pracowały w górnictwie od początku XVIII w. Stosowano tam wtedy cztery typy maszyn parowych. Były to: maszyna parowa Newcomena (1712), maszyna z zewnętrzną komorą natryskową (1770), oraz maszyny parowe Watta jednostronnego i dwustronnego działania (1769, 1782).

W 1786 r. do Anglii udała się delegacja, reprezentująca pruskie władze górnicze, której przewodniczył hr. Fryderyk von Reden. Do jej zadań należało zapoznanie się z pracującymi typami maszyn parowych, wybranie odpowiedniego urządzenia przeznaczonego dla kopalni „Fryderyk” oraz uzyskanie zgody władz angielskich na zakup maszyny parowej, gdyż eksport tego typu urządzeń podlegał ścisłej reglamentacji. Wszystkie formalności, związane z wydaniem przez władze brytyjskie zgody na zakup maszyny parowej, załatwił baron Karol von Stein. Ostatecznie komisja uznała, że do odwadniania kopalni najbardziej przydatna będzie maszyna parowa systemu Ostadecomena. Było to urządzenie o prostej konstrukcji, niezawodne i tanie w eksploatacji w porównaniu z odwadniarkami konnymi. Nie zwrócono jednak należytej uwagi na ogromną energochłonność urządzenia, co doprowadziło później do komplikacji, związanych z transportem paliwa z kopalni węgla do kopalni rudy. Zrezygnowano natomiast z zakupu maszyny parowej systemu Watta, ponieważ wiele zastosowanych w niej rozwiązań chronionych było patentami, a dostęp do dokumentacji był utrudniony. Po otrzymaniu odpowiedniej zgody, wykonanie urządzenia zlecono zakładom Penydarren w południowej Walii, należącym do słynnego konstruktora Samuela Homfraya. Pod jego kierunkiem wybudowano maszynę parową, przeznaczoną dla tarnogórskiej kopalni. Rozmontowane na części składowe urządzenie, załadowano w maju 1787 r. w porcie Cardiff na statek, który po kilku dniach żeglugi przetransportował cenny ładunek do Szczecina. W porcie szczecińskim elementy maszyny przeładowano na barki śródlądowe, pływające po Odrze. Nimi maszyna dotarła do Deszowic, gdzie nastąpił ostateczny rozładunek. Następnie, przy pomocy wielu furmanek, rozmontowaną maszynę przewieziono w sierpniu 1787 r. do kopalni „Fryderyk”.

W międzyczasie na terenie kopalni drażono szyb odwadniający „Kunstschaft” i wybudowano budynek, w którym, ważące 34 t urządzenie miało być zainstalowane. Cały kompleks składał się z podpiwniczonej, murowanej, 3-kondygnacyjnej wieży, nakrytej drewnianym dachem, w środku której ustawiono maszynę parową. Proces montażu urządzenia nadzorował jego konstruktor S. Homfray, który na Górnym Śląsku przybył na zaproszenie barona K. Steina. Obok powstał jednokondygnacyjny, murowany, podpiwniczony budynek, również pokryty drewnianym dachem, mieszczący dwa kotły parowe, przewody spalinowe i magazyn paliwa, którym początkowo było drewno. Ponieważ musiano je zgromadzić w znacznej ilości, magazyn ten był największą częścią kompleksu. Do wieży szybowej przylegały dwa kominy

i specjalna konstrukcja, podtrzymująca drugi, mniejszy, drewniany dach, zamontowany nad szybem, który chronił go przed wpływem różnego typu czynników atmosferycznych. W samym szybie znajdowały się natomiast dwa zestawy pomp odwadniających. Najpotężniejszym elementem konstrukcji była, gruba na 1,5 m, ściana nośna wieży, na której wspierał się wahacz, służący do poruszania pomp. Pierwsza tarnogórska maszyna parowa przystosowana została również do wprawiania w ruch pomp odwadniających, zainstalowanych w szybie „Pachały”, który znajdował się w odległości 300 m od szybu „Kunst”. Połączenie to zostało wykonane za pomocą zestawu cięgieł, wprawiających w ruch pompy zamontowane w drugim szybie.

Pierwszy na ziemiach polskich silnik parowy rozpoczął pracę w dniu 19 stycznia 1788 r. Maszyna ogniowa lub atmosferyczna, bo tak ją wtedy nazywano, składała się z kilku elementów. Pierwszym był kocioł kopiasty Newcomena, wykonany z połączonych nitami, kutych, miedzianych blach. Dolną część kotła stanowił ścięty stożek, którego dolna średnica wynosiła 2,4 m, a górna 2,85 m. Nad nim znajdowała się część górna, mająca kształt półkolistego hełmu, na szczycie którego ulokowano zawór bezpieczeństwa, zawór parowy i urządzenie doprowadzające zimną wodę do kotła. Palenisko tworzył żeliwny ruszt o wymiarach 0,6 na 0,6 m. Palący się węgiel ogrzewał bezpośrednio wklęsłe dno kotła, natomiast ściany boczne ogrzewane były za pomocą przewodu spalinowego, wykonanego w obmurzu kotła, łączącego palenisko z kominem. Para, wytwarzana w kotle, kierowana była za pośrednictwem przewodu parowego do zaworu wlotowego pary, zamontowanego w dolnej części cylindra maszyny parowej. Miał on 2,75 m wysokości, 0,81 cm wewnętrznej średnicy (32 cale) i był otwarty od góry. W jego wnętrzu znajdował się gruby na 15 cm tłok, którego suw wynosił 2,15 m. Ponieważ różnica pomiędzy średnicą cylindra, a tłoka wynosiła kilkanaście milimetrów, tłok uszczelniono kilkoma zwojami liny konopnej, nasączonej łojem. Nad tłokiem znajdowała się warstwa wody o grubości 15–30 cm, dodatkowo utrzymująca szczelność cylindra. Do tłoka przylegało tłoczysko, połączone za pomocą 2 cięgieł łańcuchowych z segmentem kołowym, znajdującym się na końcu wahacza. Była to wykonana z dębowego drewna, dwuramienna pozioma belka o długości 7,3 m, którą zamontowano na metalowej osi, osadzonej w łożyskach. Do jej zadań należało przeniesienie ruchu posuwisto-zwrotnego tłoka na łańcuchy przyłączone do drugiego segmentu kołowego wahacza, do których przymocowane było tłoczysko pomp odwadniających. Do wahacza przymocowany był również drewniany drąg sterujący, którego celem było poruszanie dźwigni, zamykającej lub otwierającej zawór wlotowy pary i zawór dostarczający wody, służącej do skraplania pary.

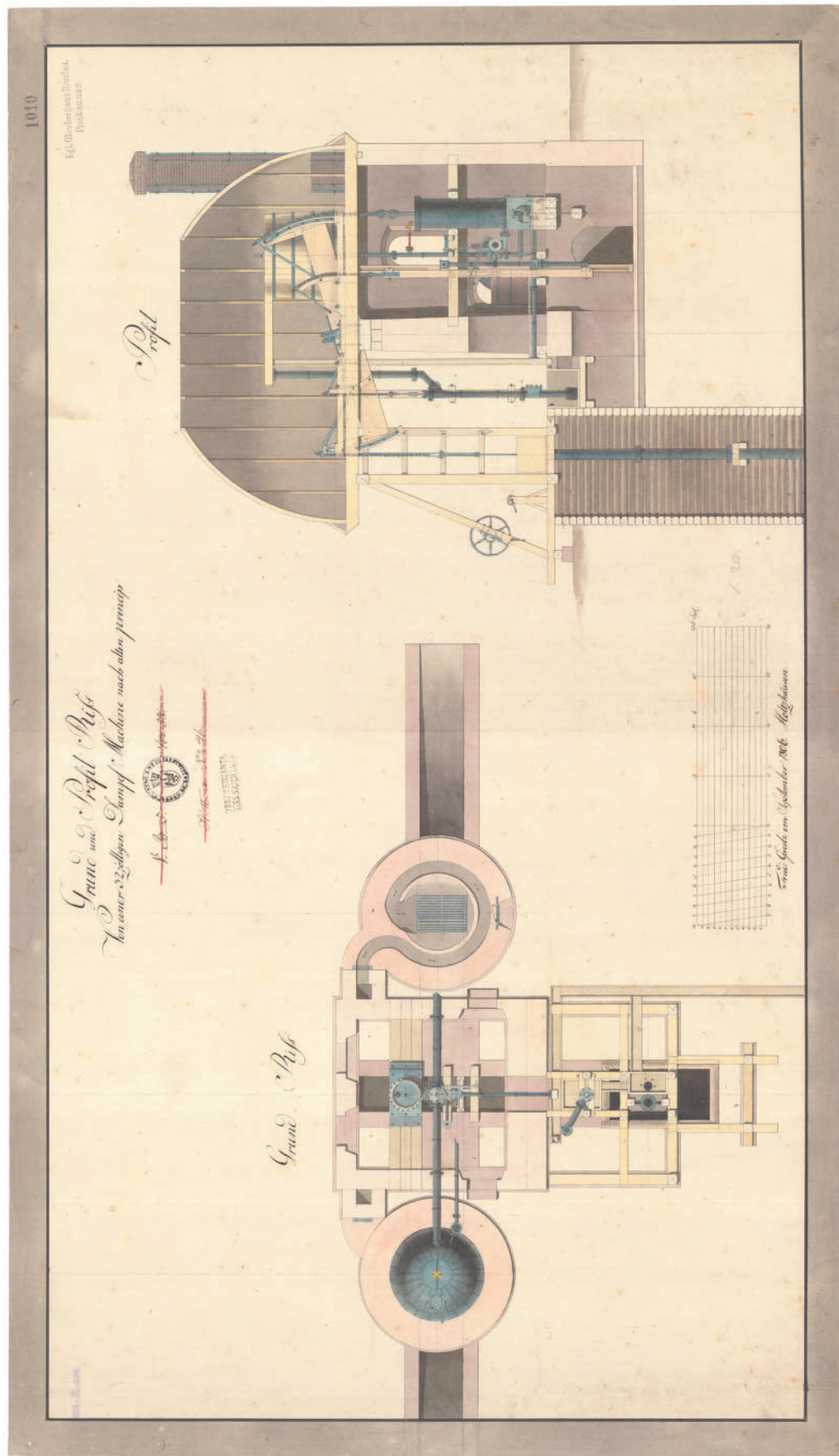
Zimna woda gromadzona była w drewnianym zbiorniku, mieszczącym się na ostatniej kondygnacji wieży. Takie ulokowanie wytwarzało odpowiednie ciśnienie wody, wtryskiwanej do cylindra. Ubytek zimnej wody w zbiorniku stale uzupełniała pompa, wprawiana w ruch za pośrednictwem żerdzi przymocowanej do wahacza. Część wody kierowano również do rynny, znajdującej się w górnej części cylindra, skąd spływała ona na powierzchnię tłoka, powodując jego dodatkowe uszczelnienie. Do dna cylindra przylegało urządzenie, służące do odprowadzania skroplonej pary. Składało się ono z metalowego, wypełnionego wodą zbiornika, w którym zamontowany był drugi, mniejszy pojemnik, zawierający również wodę, połączony bezpośrednio z dnem cylindra.

Skroplona para przepływała w pierwszej kolejności do mniejszego zbiornika, a następnie, za pośrednictwem wentyla, kierowana była do drugiego zbiornika, skąd grawitacyjnie spływała przewodem zasilającym do kotła parowego. Konstrukcja taka zapobiegała napływowi powietrza do cylindra, a to umożliwiało utrzymywanie w nim próżni, niezbędnej do sprawnego działania maszyny.

Mimo iż maszyna nosiła nazwę parowej, para nie była w niej czynnikiem roboczym, a służyła jedynie do wytwarzania próżni w cylindrze. Pracę użyteczną w maszynie Newcomena wykonywały naprzemiennie ciśnienie powietrza i grawitacja, a samo urządzenie działało w następujący sposób. Przed uruchomieniem maszyny pierwszą, najważniejszą czynnością było wytworzenie próżni w cylindrze. W tym celu do jego wnętrza wpuszczano parę wodną, którą następnie skraplano niewielką ilością wody. Po kilkakrotnym powtórzeniu tej czynności w cylindrze powstawała próżnia. Wtedy do pracy przystępowało ciśnienie atmosferyczne, które naciskając na tłok przesunęło go z górnego do dolnego położenia. Równocześnie, za pośrednictwem tłoczyska i łańcuchów, tłok ciągnął wahacz, który poruszał pompy odwadniające, pompę wody skraplającej i drąg sterujący zaworami parowym i wodnym. Gdy tłok doszedł do dna cylindra, do pracy przystępowała grawitacja. Ogromny, kilkutonowy ciężar żerdzi i tłoczysk pomp odwadniających, przymocowanych do wahacza, ciągnął tłok w górę. W tym czasie, w ślad za przemieszczającym się tłokiem, przez otwarty zawór parowy do wnętrza cylindra wpływała para. Gdy tłok znalazł się w górnym położeniu, zawór wlotowy był zamykany, a dopływ pary ulegał wstrzymaniu. Jednocześnie otwierał się zawór wlotowy zimnej wody, która pod niewielkim ciśnieniem wtryskiwana była do cylindra. Ochłodzona para ulegała gwałtownemu skropleniu, wytwarzając pod tłokiem próżnię. Wtedy do pracy ponownie przystępowało ciśnienie atmosferyczne, które spychało tłok w dół, ciągnąc, za pośrednictwem wahacza, tłoki pomp w górę. W ten sposób w ciągu minuty urządzenie wykonywało 15 skoków, wypompowując 1,5 m<sup>3</sup> wody z głębokości 36 m.

Kopalnia „Fryderyk” na zakup, transport i montaż maszyny parowej Newcomena wydała kwotę 15 tys. talarów, co stanowiło wtedy sumę większą, niż całoroczny zarobek wszystkich pracowników kopalni. Jednak wydatki ponoszone na jej utrzymanie wynosiły tylko 3,7 tys. talarów rocznie, a więc były trzykrotnie niższe niż kwota przeznaczona na funkcjonowanie odwadniarek konnych. Zainteresowanie tym najnowszym cudem techniki było wtedy ogromne. Wielu ciekawskich, wśród nich także wybitne osobistości, przybywało do Tarnowskich Gór, aby podziwiać pracę maszyny ogniowej. Niektórzy z nich swoje wrażenia zawarli we wpisach do złotej księgi miasta. Jednym z pierwszych był słynny niemiecki poeta J. W. Goethe, który pełen podziwu wpisał do księgi wiersz, sławiący rzetelność i pracowitość tarnogórskich gwarków. Inny podróżnik, Karol Lamprecht, który oniemiał na widok maszyny parowej, dokonał takiego wpisu: *„Niżej podpisanemu przypomniało się na widok maszyny miejsce z Szekspira, gdzie mówi, że są rzeczy na ziemi i niebie, o którym się filozofom nie śniło”*. Kilka lat później poeta Jan Ursyn Niemcewicz zanotował w swoim dzienniku, że widział maszynę, zastępującą siłę dwustu koni: *„Wylewa ona 400 wiader wody na minutę, tak olbrzymimi potokami leci woda z gór tarnowskich w szyby nie mające nawet 25 sążni głębokości”*.

Pierwsza maszyna parowa dość sprawnie usuwała napływającą do kopalni wodę, ale urządzenie to nie było jednak pozbawione wad. Bardzo szybko zużywało się



32 calowa maszyna parowa, kopalnia „Fryderyk” Tarnowskie Góry MGW 328–1010

uszczelnienie tłoka, przez co miano kłopoty z uzyskaniem próżni w cylindrze. Pracowało ono strasznie głośno, zużywając jednocześnie duże ilości smarów. Do uszczelniania i czyszczenia tłoków maszyny parowej używano duże ilości skóry, konopi, bawełny, talku, filcu, smoły, a także oleju rzepakowego, używanego do smarowania ruchomych części urządzenia. Dość szybko niszczyły się metalowe elementy, pojawiały się przecieki, gdyż blacha, z której zbudowano kotły, pękała. Istotną wadą maszyny była również nierównomierność jej pracy. Tłok podnosił się do góry znacznie wolniej, niż opadał w dół. Było to spowodowane przez tłoki pomp, które przemieszczały się przez słup wody, znajdujący się rurach pompy. Jednak najważniejszą wadą maszyny Newcomena była jej ogromna energochłonność, spowodowana skraplaniem pary w cylindrze. Przy każdym suwie tłoka, cylinder musiano oziębiać wodą do temperatury, w której skraplała się para. Potem ten sam cylinder był ogrzewany parą, aż do momentu uzyskania temperatury, w której para nie ulegała kondensacji, a pozostawała w stanie lotnym. Do strat energii przyczyniały się również niezbyt nowoczesne kotły parowe, o dużej objętości wodnej, połączonej z niewielką powierzchnią grzewczą. Gdyby urządzenie tego typu pracowało na kopalni węgla kamiennego, nie stanowiło by to istotnego problemu, gdyż do wytwarzania energii używano drobnego węgla, ze zbyciem którego kopalnie miały ogromne kłopoty. Tymczasem dla kopalni „Fryderyk” zapewnienie sprawnych dostaw węgla stało się bardzo istotnym problemem. Musiano przewozić setki ton węgla furmankami, ciągniętymi przez konie, po kiepskiej jakości drogach gruntowych z Zabrze i Chorzowa. Transport taki był czasochłonny i kosztowny, co miało duży wpływ na kondycję ekonomiczną przedsiębiorstwa. Dlatego też, mimo instalacji na kopalni kolejnych maszyn parowych, nie przerwano pracy przy drążeniu sztolni odwadniającej „Boże Pomóż”.

Ciekawe są natomiast dalsze losy pierwszej tarnogórskiej maszyny parowej, która służyła górnikom jeszcze przez wiele lat. Wyciągała wodę z szybów „Abraham” i „Pachały”. W 1801 r. przeniesiono ją na szyb „Fryderyk” sztolni „Pomagaj Bóg”. Uległa ona wtedy przebudowie, mającej zapewnić mniejsze zużycie paliwa. Projekt modernizacji maszyny został przygotowany przez Fryderyka Augusta Holtzhausena. Do istniejącego już urządzenia dodano wtedy skraplacz pary wraz z pompą skroplinową. Jego zamontowanie stało się możliwe, gdyż w 1800 r. wygasła ochrona patentowa rozwiązań technicznych

zastosowanych przez Watta. Ulepszona maszyna pracowała w ten sposób, że para z cylindra przechodziła do skraplacza, zanurzonego w zbiorniku wypełnionym wodą, gdzie ulegała kondensacji, a pod tłokiem powstawała próżnia i ciśnienie atmosferyczne przesuwało go do dolnego położenia. Gdy je osiągnęto, zamykał się zawór wylotowy, a otwierał wlotowy pary i wszystkie czynności były wykonywane ponownie. Dzięki temu posunięciu zmniejszono znacznie zapotrzebowanie na węgiel, gdyż para nie skraplała się już w cylindrze i tym samym zbędnym stało się ciągłe ogrzewanie jego ścian bocznych. Niepotrzebny budynek, w którym pracowała pierwsza 32-calowa maszyna, został przebudowany na mieszkania, przeznaczone dla pracowników kopalni. Był to więc jeden z pierwszych przykładów zagospodarowania do innych celów niepotrzebnych już obiektów produkcyjnych.

Sama maszyna parowa pracowała na kopalni „Fryderyk” do 1834 r. Ponieważ w tym czasie do zakończenia zbliżały się prace, związane z budową „Głębokiej Sztolni Fryderyka”, zarząd kopalni uznał, że najstarsza maszyna parowa nie jest potrzebna, gdyż przedsiębiorstwo odwadniane będzie przez dwie sztolnie. Podjęto decyzję o sprzedaży, a jej nowym nabywcą została państwowa kopalnia węgla kamiennego „Król” w Chorzowie, przechodząca w tym okresie proces rozbudowy. Po kilku latach pracy, gdy przestała być w Chorzowie potrzebna, sprzedano ją ponownie, tym razem do prywatnej kopalni „Fanny”, gdzie była wykorzystywana do gaszenia palących się pokładów węgla. Tam to urządzenie, najnowocześniejsze kiedyś w górnictwie, pracowało do 1857 r. Sprzedano je wtedy na złom, a uzyskany w ten sposób metal, po przetopieniu posłużył do budowy innych maszyn górniczych.

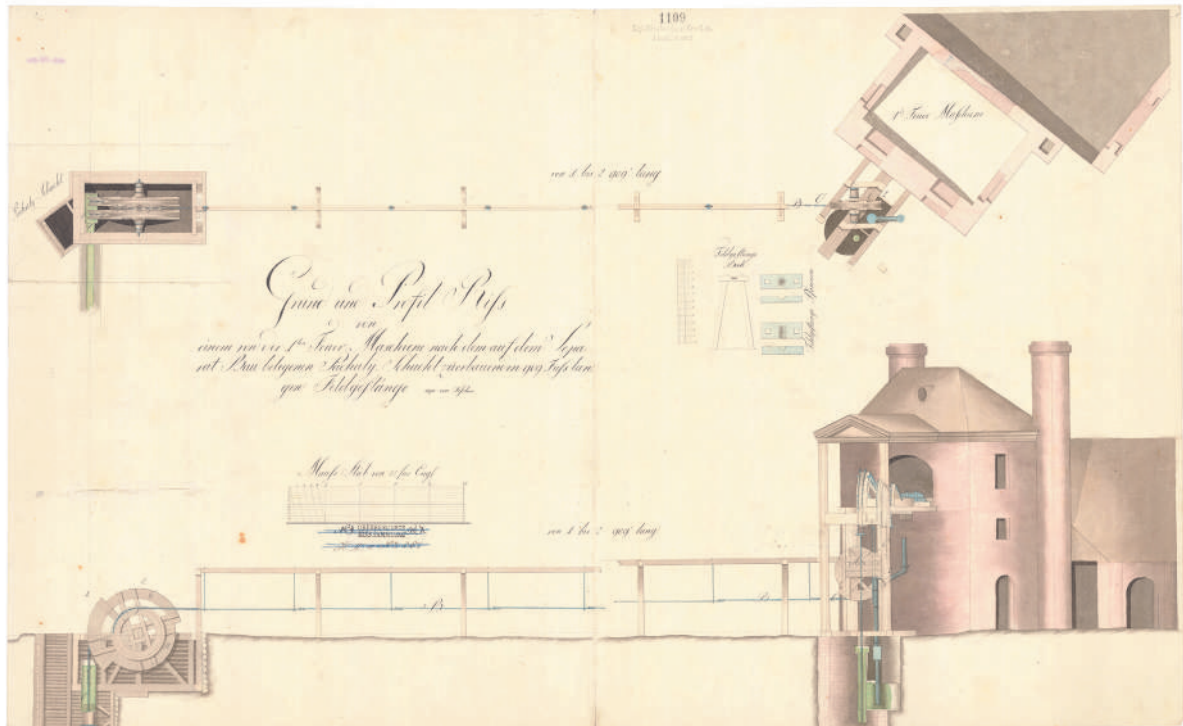
Pojawienie się w 1788 r. maszyny parowej zrewolucjonizowało historię górnictwa, gdyż po raz pierwszy w jego długiej historii pojawiło się urządzenie, które uniezależniło górnika od pracy własnych rąk, siły zwierząt, lub mocy natury. Ponieważ do jego pracy niezbędna była para wytwarzana w kotłach, zapoczątkowana została równocześnie rola węgla kamiennego, jako nowego uniwersalnego paliwa. Jednocześnie górnictwo było poligonem doświadczalnym, na którym zaznajamiano się z wszystkimi aspektami pracy maszyny parowej. Zdobytą wiedzę pozwoliła na zastosowanie tego epokowego wynalazku w wielu innych dziedzinach przemysłu.

**Adam FRUŻYŃSKI**

## Literatura

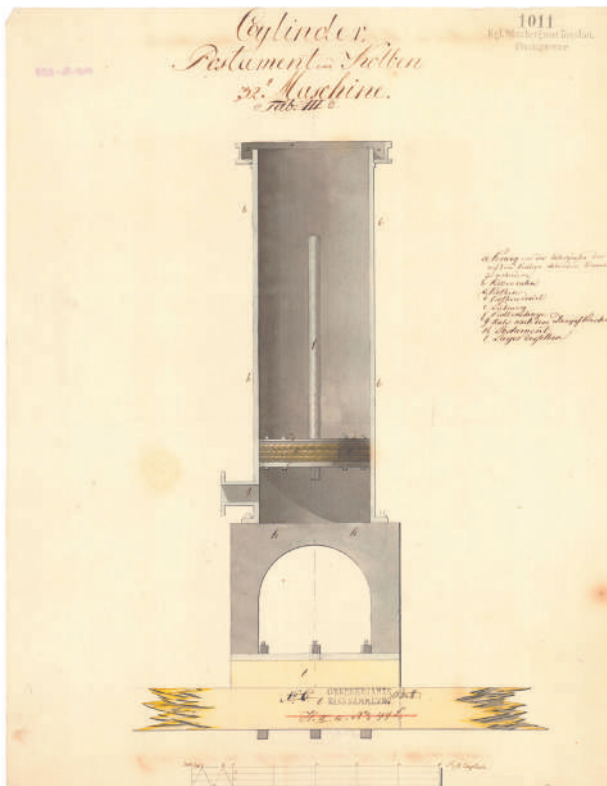
1. Pazdur J. (red.): Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich, tom I, Katowice 1960.
2. Der Freiburger Bergbau Technische Denkmale und Geschichte, Leipzig 1984.
3. Gładysz A.: Skarby ciemności, Warszawa 1965.
4. Frużyński A.: Rewolucja hrabiego Redena. [w:] Śląsk nr 2 z. 1999, Katowice 1999.
5. Piernikarczyk J.: Historia górnictwa i hutnictwa na Górnym Śląsku, tom I, Katowice 1933.
6. Piernikarczyk J.: Tarnowskie Góry kolebka przemysłu śląskiego, Katowice 1926.
7. Piernikarczyk J.: Podziemia Tarnogórskie, Tarnowskie Góry 1937.
8. Dampfmaschinen, Autorenkollektiv, Leipzig 1985.
9. Niemierowski W.: Fryderyk Reden (1752–1815), Katowice 1988.
10. Matschoss C.: Die Entwicklung der Dampfmaschine, Berlin 1908.
11. Slotta R.: Das Carnall-Service als Dokument des Oberschlesischen Metallbergbaus, Bochum 1985.
12. Mantoux P.: Rewolucja przemysłowa w XVIII wieku, Warszawa 1957.
13. Sproule A.: James Watt, Warszawa 1995.
14. Lilley S.: Ludzie maszyny i historia, Warszawa 1963.

# HISTORIA I WSPÓŁCZESNOŚĆ GÓRNICTWA

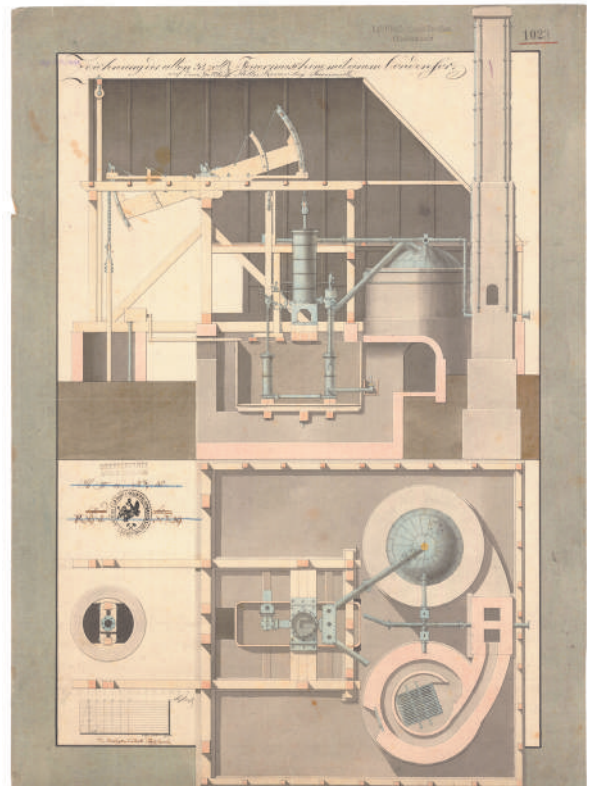


Plan ustawienia 32 calowej maszyny parowej w kopalni „Fryderyk”  
Tarnowskie Góry MGW 510-1109

## Dzieje pewnej maszyny parowej



Cylinder i tłok 32 calowej maszyny parowej  
kopalnia „Fryderyk” Tarnowskie Góry MGW 333-1011



32 calowa maszyna parowa wyposażona w skraplacz  
i pompe skropliniową, kopalnia „Fryderyk” Tarnowskie Góry

FUNDATORZY:



# Fundacja „Bezpieczne Górnictwo im. prof. Wacława Cybulskiego”



Celem Fundacji jest:

- ▶ wspieranie szeroko rozumianych działań w zakresie zarządzania bezpieczeństwem pracy w górnictwie,
- ▶ inicjowanie szerokiego powiązania nauki z praktyką w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie,
- ▶ inicjowanie rozwoju działalności edukacyjnej w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy,
- ▶ wspieranie opracowywania i wdrażania w górnictwie technologii podnoszących stan bezpieczeństwa i higieny pracy,
- ▶ wspieranie projektowania i produkcji maszyn, urządzeń, sprzętu i ochron osobistych podnoszących stan bezpieczeństwa i higieny pracy oraz inicjowanie ich wdrażania w zakładach górniczych,
- ▶ działania na rzecz unowocześniania i rozwoju polskiego ratownictwa górniczego,
- ▶ występowanie z inicjatywą wprowadzania rozwiązań prawnych w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w zgodności z prawem Unii Europejskiej,
- ▶ inicjowanie usprawnień systemu informacji w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie,
- ▶ nagradzanie górników za wzorowo przeprowadzone akcje ratownicze w kopalniach.

WSZYSTKICH ZAINTERESOWANYCH DZIAŁALNOŚCIĄ FUNDACJI ZAPRASZAMY DO WSPÓŁPRACY

Kontakt:

Fundacja „Bezpieczne Górnictwo im. Wacława Cybulskiego”

ul. Poniatowskiego 31, 40-055 Katowice

tel. 32 736 17 24, fax 32 251 48 84

nr konta: 1500 1445 4934 9512 1440 018476

Kredyt Bank PBI SA. II/O Katowice

FUNDATORZY:

