

Wybrane działania profilaktyczne w wyrobiskach zagrożonych zjawiskami geogazodynamicznymi – studium przypadków

prof. dr hab. inż. **Nikodem SZŁĄZAK**
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków
dr inż. **Tomasz SOŁTYSIAK**¹
JSW S.A. KWK „Pniówek”, Pawłowice
mgr inż. **Henryk SAMBORSKI**
Okręgowy Urząd Górniczy, Rybnik

TREŚĆ: W artykule opisano działania profilaktyczne związane ze zwalczaniem zagrożeń dynamicznych, do których w ostatnich latach dołączyło zagrożenie geogazodynamiczne. Natura tego zjawiska w znacznym stopniu komplikuje funkcjonowanie kopalń. Odpowiednie zaprojektowanie i wdrożenie działań zmierzających do obniżenia ryzyka w aspekcie dalszej eksploatacji złóż będzie wyzwaniem dla kadry inżyneryjno-technicznej i jednostek naukowo-badawczych. W artykule opisano wątpliwości oraz doświadczenia kopalniane związane z wdrażaniem i stosowaniem działań profilaktycznych, w dużej mierze opartych na doświadczeniach dolnośląskiego zagłębia węglowego, gdzie wyrzuty gazów i skał były zagrożeniem dominującym. Ponadto podano przykłady wpływu robót strzałowych na wydzielanie się metanu do wyrobisk górniczych, co umożliwia ich dalsze drażnienie, w partiach szczególnie narażonych na zjawiska dynamiczne. Podczas kontrolowanego prowokowania wyrzutów gazów i skał odnotowywano przypadki, gdy objętość wydzielonego metanu przekraczała 1800 m³.

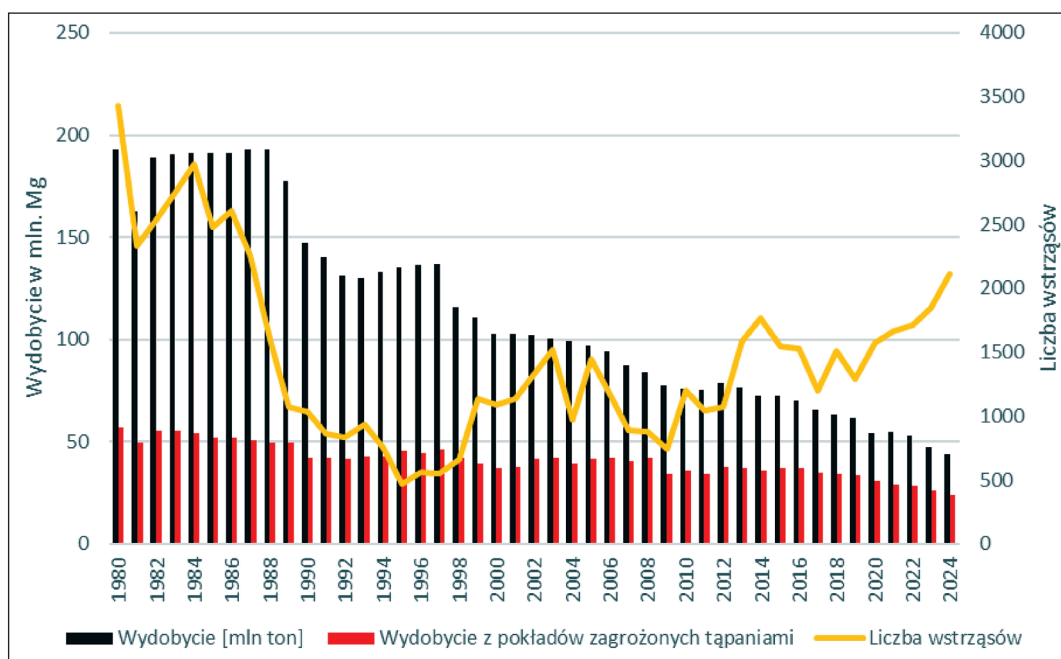
SŁOWA KLUCZOWE: zjawiska dynamiczne; zjawiska geogazodynamiczne; roboty strzałowe; profilaktyka wyrzutów gazów i skał

1. Wstęp

Eksploatacja złóż węgla kamiennego w Polsce z każdym rokiem ulega zmniejszeniu, co w oczywisty sposób powinno wpływać na stabilizację, a nawet obniżenie liczby zagrożeń występujących w zakładach górniczych. Mimo że w 2024 roku wydobyto nieco ponad 43 mln ton węgla, w porównaniu do 2004 r., gdy wydobyte sięgało prawie 100 mln ton węgla, liczba zdarzeń oraz zjawisk dynamicznych związanych z górotworem wcale nie uległa znacznemu zmniejszeniu (WUG, 2025). W obliczu tych danych kluczowe dla kopalń stają się prawidłowa klasyfikacja zjawisk dynamicznych i dobór adekwatnej profilaktyki.

Interakcja zagrożeń naturalnych coraz częściej rzutuje na bezpieczeństwo załóg oraz tempo robót. W literaturze przedmiotu i praktyce inżynierskiej jako bezpośrednie następstwa naruszenia równowagi w górotworze wyróżnia się klasyczne typy zjawisk, takie jak np. wstrząsy, tąpnięcia czy wyrzuty. Jednak specyfika zdarzeń z ostatnich lat stała się determinantem do zdefiniowania nowego rodzaju zagrożenia – zjawiska geogazodynamicznego. Choć obecnie w obowiązujących przepisach regulujących ruch zakładu górniczego brakuje legalnej definicji, szczegółowy opis zjawiska stał się przedmiotem licznych prac (Korzec, 2025), (Rawicki, 2022), (Zmarzły, 2022). Aktywacja zagrożenia następuje w wyniku naruszenia równowagi stanu w górotworze, prowadząc do wstrząsu. Następstwem tego zjawiska może być odprężenie lub tąpnięcie w wyrobisku, uwalniające duże ilości gazów.

¹ tsoltysiak@pniówek.jsw.pl



► Rys. 1. Poziom wydobycia wraz z wstrząsami w podziemnym przemyśle wydobywczym (WUG, 2025)

► Fig. 1. Production levels and seismic activity in the underground mining industry (State Mining Authority (SMA), 2025)

Kopalnie przenoszą się na coraz głębsze poziomy wydobywcze, muszą w konsekwencji mierzyć się z intensyfikacją zagrożeń naturalnych oraz ich koincydencją (Swolkień i Szlęzak, 2021). Częste pożary endogeniczne, wstrząsy i tąpnięcia oraz metan wydzielający się do przestrzeni wyrobisk stają się zagrożeniami przodującymi, to do nich dobiera się odpowiednie środki profilaktyki. Niejednokrotnie zagrożenie, które nie było uznane za istotne, staje się dominującym, wpływając na bezpieczeństwo i wzrost kosztów wydobycia, a za tym idącą decyzję o zasadności dalszej eksploatacji. Dlatego właściwe definiowanie przyczyn i skutków staje się zadaniem skomplikowanym.

Odpowiednie scharakteryzowanie i pełne rozpoznanie zdarzeń może ujawnić nowe spojrzenie na klasyfikację zagrożeń naturalnych. Obecnie katalog zagrożeń po zaistniałych wypadkach i katastrofach nie wydaje się zamknięty dla górnictwa zarówno polskiego, jak i światowego, dla którego określono wszystkie możliwe warianty i działania profilaktyczne. Niniejszy artykuł ma zainicjować cykl badań i obserwacji zmierzających nie tyle do zdefiniowania kolejnych zagrożeń, ale przybliżenia problemów i działań profilaktycznych, z jakimi mierzą się zakłady górnicze.

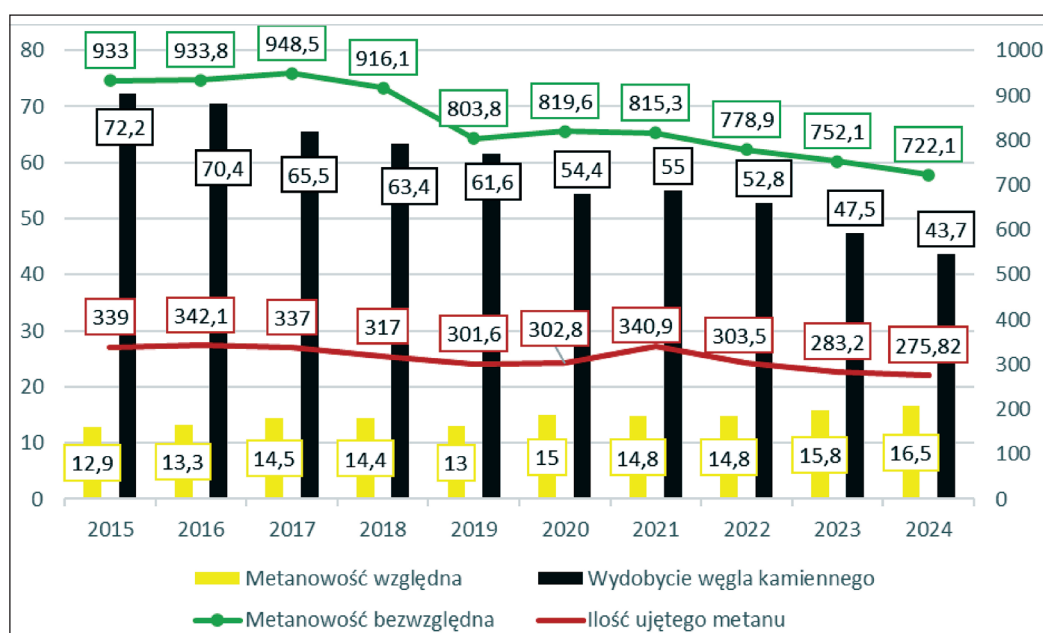
2. Wpływ zagrożenia tąpnięciami i metanowego na eksploatację złóż

Rosnąca w ostatnich latach skala zagrożeń niewątpliwie partycypuje w kosztach wydobywczym. Nakłady inwestycyjne, postęp techniczny oraz zdobywane doświadczenia stały się podstawą do sformułowania tezy o skutecznym wyeliminowaniu ryzyka pochodzącego z natury. Jednak górotwór udowodnił, że pomimo osiągniętych celów mogą nastąpić kolejne tragedie, dlatego zagadnienia związane z rozpoznawaniem i zwalczaniem zagrożeń muszą ewoluować.

Część zagrożeń można w sposób jednoznaczny skategoryzować (Rozporządzenie o zagrożeniach naturalnych, 2016) czy określać działania mające minimalizować ich skutki, jednak nie można ich w jednoznaczny sposób wskazać lub oszacować, gdzie i w jakim czasie będą występowały. Stwarza to poważny problem zarówno dla załóg górniczych, ruchu zakładu górniczego, jak i pośrednio dla osób mieszkających w rejonie prowadzonej eksploatacji w związku z naruszeniem pierwotnego stanu naprężeń występujących w górotworze. Uwidacznia się to przede wszystkim w przypadku wstrząsów. Z czysto teoretycznego punktu widzenia wraz z obniżaniem poziomu wydobycia podczas likwidacji kopalń liczba wstrząsów wysokoenergetycznych powinna się zmniejszać lub być na względnie niskim poziomie. Jednak głębokość wydobycia surowców oraz inne właściwości skał w otoczeniu wyrobisk sprawiają, że stan zagrożenia kształtuje się zupełnie inaczej.

Z danych dotyczących wydobycia (rys. 1) wynika, że jego poziom systematycznie się obniża, w 2024 r. wyniósł 43,7 mln Mg (WUG, 2025). Porównując jednak procentowy udział wydobycia z pokładów zaliczonych do jednego ze stopni zagrożenia tąpnięciami z pokładami niezaliczonymi, okazuje się, że ponad połowa eksploatacji była prowadzona w warunkach zagrożenia. Ponadto w 2024 r. liczba wstrząsów – o energii 1×10^5 J – przekroczyła 2100, osiągając wynik z 1987 r., gdy wydobycie węgla kamiennego oscylowało na poziomie 190 mln Mg. Na rysunku 1 zobrazowano zależność wstrząsów wysokoenergetycznych na tle wydobycia i zagrożenia tąpnięciami eksploatowanych pokładów.

Zagrożenie tąpnięciami w części przypadków wpływa na stan zagrożenia metanowego w związku z występującymi wstrząsami górotworu, które powodują wydzielanie się dużych ilości gazu. Zdarzenia o takim charakterze doprowadziły m.in. do katastrof w kopalniach (WUG, 2025).



➤ Rys. 2. Metanowość bezwzględna, wentylacyjna i ilość metanu ujętego w latach 2015–2024 (WUG, 2025)

➤ Fig. 2. Absolute methane content, ventilation-related methane content and the volume of methane captured between 2015 and 2024 (State Mining Authority (SMA), 2025)

Nowoczesne technik pomiarowe, odmetanowanie czy właściwe rozcięcie złoże nie dają pewności, że zagrożenie zostanie zredukowane nawet w minimalnym stopniu. W wielu zakładach górniczych zagrożenie determinuje ograniczenie postępu robót, co wpływa w oczywisty sposób na inne zagrożenia, chociażby pożarami endogenicznymi. Zgodnie z danymi tylko trzy kopalnie prowadzą wydobywanie z pokładów niemetanowych, natomiast cztery zakłady górnicze zalicza się do I kategorii zagrożenia metanowego. W 2024 r. na 43,7 mln Mg wydobytego węgla kamiennego aż 84,4% pochodziło z pokładów metanowych, z czego ponad 50% było eksploatowanych w IV kategorii zagrożenia metanowego.

Do kopalni o najwyższej metanowości bezwzględnej w roku 2024 należały KWK „Knurów-Szczygłowie” Ruch Szczygłowie – 116,32 mln m³ oraz KWK „Pniówek” – 79,56 mln m³. Zagrożenie metanowe w ostatniej dekadzie zmniejszyło się, jednak wciąż pozostaje na relatywnie wysokim poziomie (rys. 2).

W 2024 r. wydobywanie węgla kamiennego prowadzone było w 19 zakładach górniczych, jednak wzrost jego głębokości czy intensyfikacja i zastosowanie wysoko wydajnych kompleksów ścianowych powoduje, że zakłady górnicze, które wcześniej nie doświadczały zdarzeń związanych z tąpniętami czy metanem, są postawione przed decyzjami, czy dalej prowadzić eksploatację złóż i przedsięwziąć niezbędne – dostępne – środki profilaktyki, czy zrezygnować z robót górniczych.

Ponadto, mówiąc o zagrożeniu metanowym, w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym należy również wspomnieć o zagrożeniu wyrzutami gazów i skał, które niewątpliwie należy do katalogu zagrożeń dynamicznych. Ocenę wielokryterialną wyrzutów gazów i skał wraz z katalogiem tych zjawisk wykonano zarówno dla rejonów eksploatowanych wyrobisk ścianowych (Rawicki, 2022), jak i drażonych wyrobisk korytarzowych (Korzec, 2025), (Zmarzły, 2022).

3. Rozpoznawanie i zwalczanie zagrożeń

W myśl art. 117 (Prawo geologiczne i górnicze, 2011) zagrożenia w ruchu zakładu górniczego muszą być rozpoznawane i na tej podstawie „(...) podejmowane środki zmierzające do zapobiegania i usuwania tych zagrożeń”. Cytowany artykuł zgodnie z ustawodawcą jest delegowany do przedsiębiorcy, który przede wszystkim musi posiadać niezbędną wiedzę – kadre, praktykę, ale również środki w celu spełnienia zapisów artykułu. Obowiązek wynikający z przytoczonego przepisu dotyczy wszystkich zagrożeń występujących w ruchu zakładu górniczego, m.in. od ruchu maszyn i urządzeń, działalności samego człowieka czy środowiska występującego na stanowisku pracy (Schwarz, 2011).

Pomimo braku jednoznacznego nawiązania do zagrożeń naturalnych przepisy wykonawcze związane z prowadzeniem ruchu zakładu górniczego klasyfikują zagrożenia, wskazują m.in. na badania, pomiary czy profilaktykę, jaką musi podjąć przedsiębiorca w celu bezpiecznego prowadzenia ruchu, zatem niewątpliwie dotyczą również tego rodzaju zagrożenia. Zgodnie z przepisami zaliczenia do odpowiedniej klasy, stopnia czy kategorii zagrożeń naturalnych występujących w ruchu zakładu górniczego dokonuje kierownik ruchu zakładu górniczego (dalej: KRZG), zgodnie z art. 118 ustawy (Prawo geologiczne i górnicze, 2011). Zaliczenie to dokonywane jest na podstawie kryteriów oraz dokumentacji określonej w rozporządzeniu (Rozporządzenie o zagrożeniach naturalnych, 2013). Rozporządzenie to (Rozporządzenie o zagrożeniach naturalnych, 2013) wydane zostało na podstawie art. 118 ust. 4 ustawy (Prawo geologiczne i górnicze, 2011), w którym ustawodawca wydelegował ministra właściwego do spraw gospodarki surowcami energetycznymi. To on w porozumieniu z ministrem właściwym do spraw środowiska (obecnie ministrem klimatu i środowiska) określi w drodze rozporządzenia kryteria zaliczenia do odpowiednich zagrożeń

naturalnych w zależności od wydobywanej kopaliny oraz niezbędną dokumentację, o której już wspomniano.

Ponadto w cytowanym akcie prawnym pojawiają się przesłanki, na podstawie których zaliczenia dokonuje się po wcześniejszym zaopiniowaniu przez rzeczoznawcę lub uprawnioną jednostkę naukowo-badawczą. Dlatego do zagadnień związanych z rozpoznawaniem, właściwą oceną oraz zwalczaniem zagrożeń należy podchodzić w sposób kompleksowy, łącząc wieloletnie doświadczenie praktyczne (kopalniane) z wiedzą teoretyczną. Takie podejście pozwala na szersze i bardziej rzetelne spojrzenie na analizowane problemy.

Rozporządzenie (Rozporządzenie o zagrożeniach naturalnych, 2013) niewątpliwie stanowi punkt wyjścia przy „zapewnieniu bezpieczeństwa i higieny pracy, bezpieczeństwa powszechnego oraz bezpieczeństwa ruchu zakładu górniczego”. Nasuwa się jednak myśl, czy dany katalog zagrożeń jest zamknięty, czy jest jeszcze miejsce dla innych zagrożeń, które dopiero zaczęły nabierać na znaczeniu w związku ze zwiększeniem głębokości wydobywania. Mając to na względzie, należy podkreślić, iż wiele zagrożeń może być związanych ze współwystępowaniem lub z wpływem, a zarazem z inicjacją, podczas której następuje wyzwolenie innego zagrożenia. Niewątpliwie determinuje to nowego rodzaju wyzwania, z jakimi mierzyć się muszą zakłady górnicze i kadra zarządzająca.

Jednym z przykładów połączenia wiedzy praktycznej i doświadczenia różnych jednostek naukowo-badawczych są wyrobiska drążone w partiach zagrożonych wyrzutami gazów i skał. W KWK „Pniówek” w związku ze wzmożonym wydzielaniem się metanu oraz potencjalnym zagrożeniem ze strony zaburzeń tektonicznych w jednym wyrobisku wykorzystano różne działania profilaktyczne, których zadaniem jest bezpieczne dokończenie drążenia wyrobisk umożliwiających eksploatację pokładu 404/4+405/1 w najbliższych latach.

W toku prac zespołów powołanych przez KRZG zgodnie z § 240 pkt 2 (Rozporządzenie o prowadzeniu ruchu podziemnych zakładów górniczych, 2016), poszerzonych o grono naukowców, wypracowano działania zarówno dla zagadnienia profilaktyki pasywnej, jak i aktywnej, zmierzającej do zapewnienia jak największego bezpieczeństwa. Na szczególną uwagę zasługuje profilaktyka aktywna w odniesieniu do robót strzałowych, co wiąże się z wywołaniem wstrząsów, wzmożonym wpływem metanu lub inicjacją wyrzutu gazu i skał bez obecności osób w rejonie prowadzonych robót. W związku z tym zauważalny jest wzrost zużycia materiałów wybuchowych w kopalni. Wiąże się to z kosztami, które przedsiębiorca jest zmuszony ponieść, obejmującymi zarówno zużycie środków strzałowych, jak i wiercenie długich otworów strzałowych, ograniczenie postępów planowanych robót oraz zaangażowanie pracowników, którzy w tym czasie muszą być skierowani do zabezpieczenia wyrobiska i właściwych robót.

4. Działania profilaktyczne stosowane w podziemnych zakładach górniczych na przykładzie KWK „Pniówek”

Jednym z pierwszych działań poczynionych dla zabezpieczenia załogi w KWK „Pniówek” był zakup aparatów powietrznych butlowych natychmiastowego użycia.



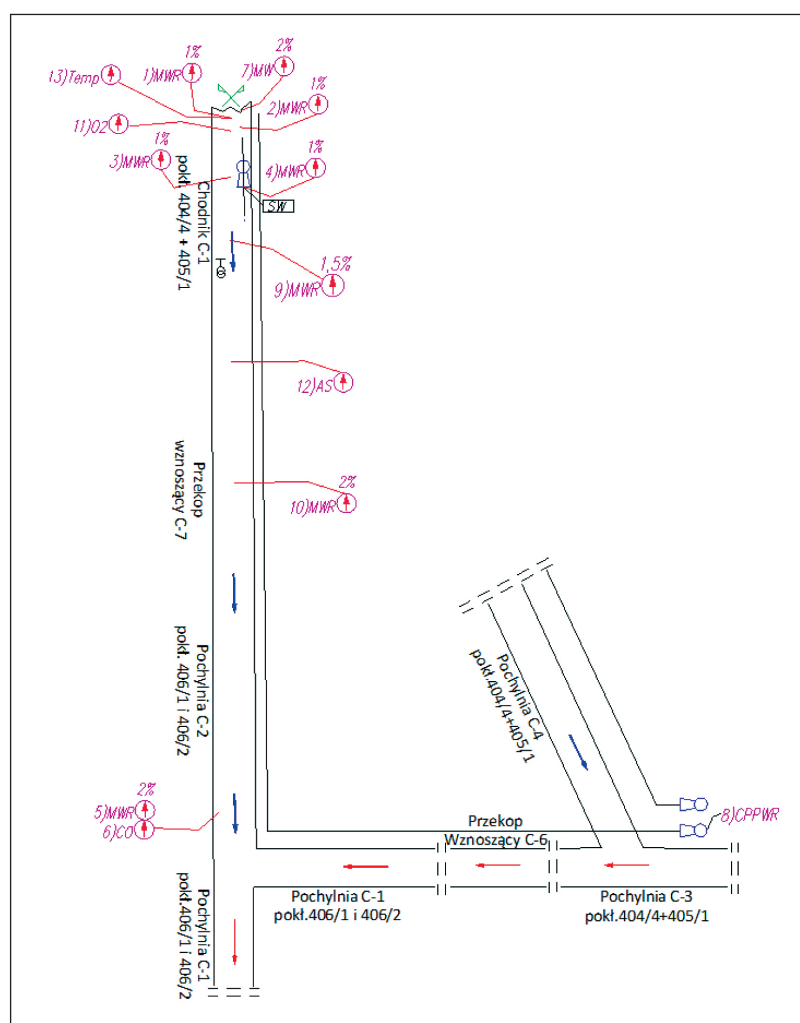
► Rys. 3. Pracownik z aparatem powietrznym butlowym natychmiastowego użycia

► Fig. 3. Worker equipped with an immediate-use self-contained compressed-air breathing apparatus

Główną zaletą tego rodzaju sprzętu ucieczkowego jest jego natychmiastowe użycie, które określa się na okres do 3 sekund (Instrukcja, 2019). Aparat umieszczony jest na pasie biodrowym pracownika, natomiast rurka z ustnikiem jest poprowadzona do wysokości twarzy. Dzięki regulacji pasów aparat może być dostosowany do indywidualnej budowy anatomicznej pracownika (rys. 3). W przypadku wystąpienia zagrożenia pracownik wyjmując energicznym ruchem z kabury ustnik i wkłada do ust, następnie zakłada zacisk nosowy i aparat jest gotowy do użycia. Użytkownik rozpoczyna oddychanie powietrzem pochodzącym z butli znajdującej się na pasie biodrowym. Aparat służy do indywidualnego użycia i jest przede wszystkim urządzeniem przejściowym, czas jego działania wynosi 5 minut. Wykorzystanie tego rodzaju sprzętu umożliwia również komfortową pracę w samym przodku drążonego wyrobiska, m.in. przy pracach związanych z zabudową odrzwi obudowy czy transporcie ręcznym.

Następnym działaniem wdrożonym w kopalni „Pniówek” w celu sprawnego i pewnego podejmowania decyzji o wycofaniu lub użyciu aparatów ucieczkowych była zabudowa czujników do pomiaru zawartości tlenu w powietrzu kopalnianym, które wraz z postępem przodka są przebudowywane. Czujniki zabudowuje się na wysokości ok. 2/3 wyrobiska i konfiguruje dwa progi:

- próg 1 – 19% – w przypadku obniżenia się zawartości tlenu w powietrzu poniżej danego progu pojawi się komunikat o treści: „spadek zawartości tlenu – natychmiast wycofać się ze ślepego wyrobiska do opływowego prądu powietrza”,
- próg 2 – 17% – w przypadku obniżenia się zawartości tlenu w powietrzu poniżej danego progu pojawi się komunikat o treści: „spadek zawartości tlenu – za-



► Rys. 4. Schemat czujników w systemie gazometrii automatycznej

► Fig. 4. Schematic diagram of sensors in an automatic gas monitoring system

łożyć aparat ewakuacyjny i wycofać się ze ślepego wyrobiska do opływowego prądu powietrza”.

Komunikat jest nadawany przy wykorzystaniu telefonosygnalizatorów zabudowanych w wyrobisku.

Rozmieszczenie czujników gazometrii automatycznej, przedstawione na rysunku 4, stanowi kompletne zabezpieczenie załogi górniczej zatrudnionej w wyrobisku. Sygnalizacja alarmowa połączona z przedmiotowym systemem gazometrii, oprócz podstawowych funkcji związanych z wyłączeniem maszyn i urządzeń, ostrzega załogę o przekroczonych wartościach dopuszczalnych stężeń gazów, pozwala również w rzetelny sposób określić poziom zagrożenia i ilość gazu wydzielanego w poszczególnych procesach technologicznych.

5. Roboty strzałowe prowadzone w warunkach zagrożenia geogazodynamicznego

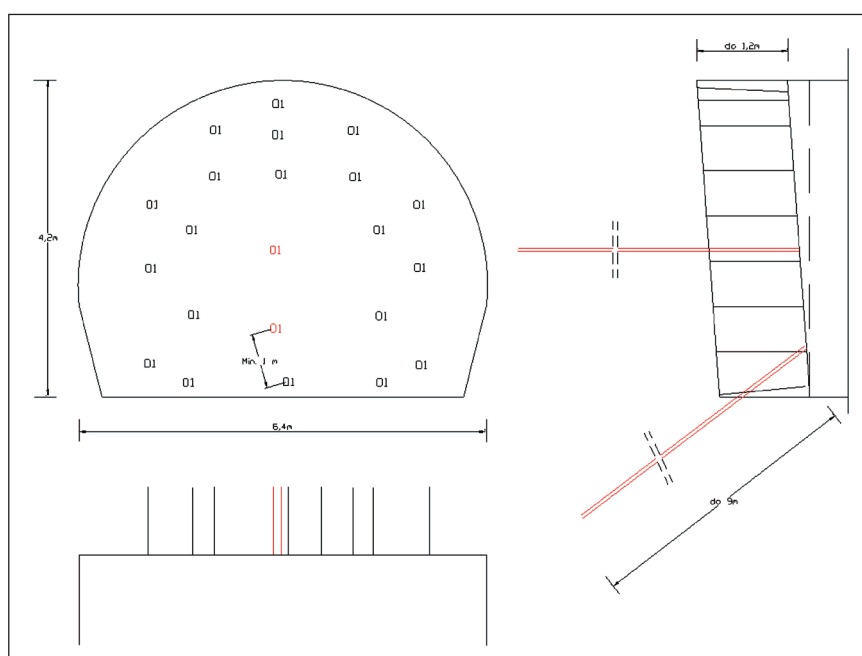
Kolejne działania polegały na wdrożeniu aktywnej profilaktyki w zakresie robót strzałowych, w związku z tym pojawiło się wiele kontrowersji i niejasności, gdyż zjawisko geogazodynamiczne nie znalazło jeszcze swojego odniesienia w przepisach górniczych, również w zakresie stosowanej profilaktyki niewiele można odszukać w literaturze. W związku z tym należałoby m.in. stosować zasady profilaktyki zarówno dla warun-

ków drążenia w partiach zagrożonych tąpnięciami, jak i wyrzutami gazów czy skał. Analiza obowiązujących rozporządzeń (Rozporządzenie o przechowywaniu i używaniu środków strzałowych i sprzętu strzałowego, 2016), (Rozporządzenie o prowadzeniu ruchu podziemnych zakładów górniczych, 2016) wskazuje, że tematyka zagrożenia wyrzutami gazów i skał w kontekście robót strzałowych w kopalniach węgla kamiennego jest ujęta w sposób lakoniczny, co skutkuje brakiem szczegółowych kryteriów oceny tego zjawiska.

Brak regulacji oraz jasno sprecyzowanych możliwości stosowania materiałów wybuchowych i zabezpieczenia załogi powoduje rozbieżności w interpretacji przepisów. W leksykonie górniczym (Olszewski, 1986) oraz w publikacjach, gdzie powoływano się na rozporządzenie (Hobler, 1982), (Kozłowski, Polak i Prokop, 2014), (Materiały komisji, 1963), (Materiały komisji, 1969) – już nieobowiązujące – wyszczególnia się dwa rodzaje strzelania centralnego:

- z powierzchni, tak jak to ma miejsce w KS „Kłodawa”;
- z wyrobisk dołowych (pod ziemią), np. w zlikwidowanym Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym.

Wskazane uwarunkowania istotnie komplikują dobór metod aktywnej profilaktyki strzałowej w warunkach występowania zjawisk dynamicznych. Sytuację potęguje fakt, że mechanizmy generujące zjawiska geo-



► Rys. 6. Rozmieszczenie otworów w czole przodka

► Fig. 6. Arrangement of boreholes at the working face

OG Krzyżowice III. Wyrobisko drążone jest na głębokości od 1030 do 1075 m.b. Przedmiotowe wyrobisko drążone jest wzdłuż przypuszczalnego (przeniesienie z pokładu 404/2) uskoku (w jego skrzydle zrzuconym) o zrzućcie $\sim 0,5$ m, który znajduje się w odległości około $60 \div 10$ m na zachód od wyrobiska; lokalnie na ~ 290 m.b. uskok ten występuje w odległości ~ 5 m od zachodniego ociosu chodnika C-1 (rys. 3).

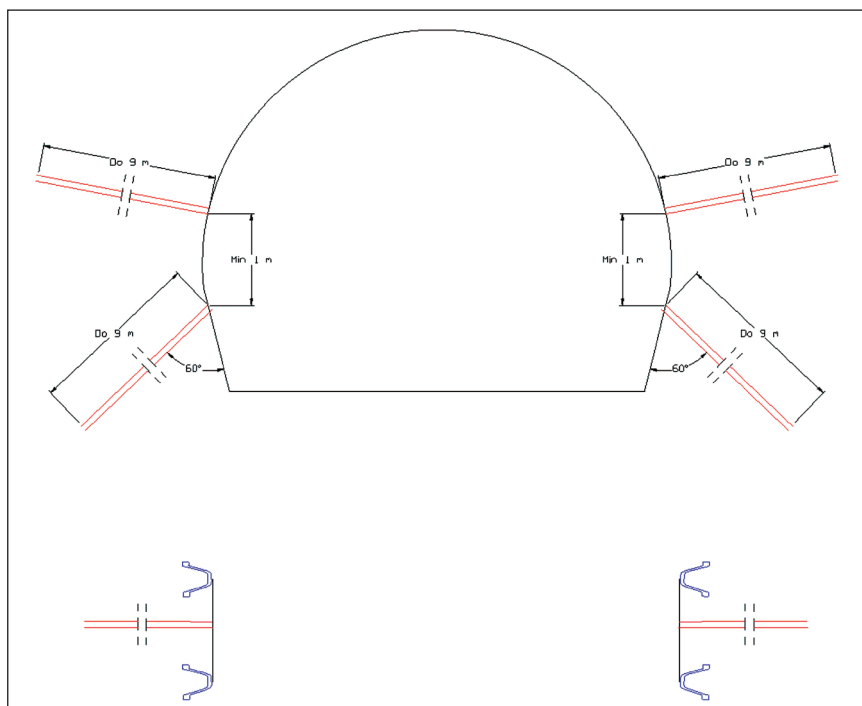
Docelowa długość wyrobiska wyniesie 680 m.b., stanowić ono będzie jeden z chodników przyścianowych ściany C-1 w pokładzie 404/4+405/1 (rys. 5). Wyrobisko rozpoczęto drążyć na północ od przekopu wznoszącego C-7, w którym w rejonie strefy uskokowej zaistniało pierwsze wzmoczone wydzielanie metanu. Pokład w tej części partii C zaliczony został do III kategorii zagrożenia wyrzutami gazu i skał, IV kategorii zagrożenia metanowego, klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego oraz I stopnia zagrożenia wodnego. Wyrobisko drążone jest wzdłuż uskoku, który niewątpliwie wpływał na sejsmiczność górotworu oraz w konsekwencji na zjawiska geogazodynamiczne w postaci wzmoczonych wpływów metanu po wstrząsach.

20 sierpnia 2025 r. nastąpiło zjawisko, które można zaliczyć do zjawisk geogazodynamicznych, a następnie wydzielanie metanu i przemieszczenie węgla do wyrobiska. Wyliczono, że według wskazań czujnika metanometrycznego, zabudowanego w pochylni C-2 w pokładzie 406/1 i 406/2, w odległości $10 \div 15$ m na północ od skrzyżowania z pochylnią C-1, w ciągu pierwszych 179 min (tj. do spadku wartości stężenia $< 2\%$) wydzielilo się $7088 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$, a w ciągu całego zdarzenia, tj. przez 1970 min (tj. do spadku wartości stężenia do $0,0\%$), wydzielilo się $20\,952 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$. Prowadzone przez dział wentylacji pomiary wskaźników wyrzutowych wykonane na kilka godzin przed zdarzeniem nie wykazały anomalii lub ponadnormatywnych przekroczeń, tj. intensywność desorpcji metanu wynosiła $1,14 \text{ kPa}$, przy zwężności $0,39$ oraz ilości zwiercin na poziomie $0,3 \text{ dm}^3$.

Po zdarzeniu rozpoczęto wdrażanie dodatkowych działań profilaktycznych, w tym dodatkowe roboty strzałowe. W pierwszym etapie wyznaczono bezpieczne miejsca dla pracującej załogi, posilując się doświadczeniami Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego oraz już wcześniej prowadzonymi robotami w partiach zagrożonych wyrzutami gazów i skał. Wycofanie załogi odbywało się na zasadach określonych przez kierownika ruchu zakładu górniczego i obejmowało wyrobiska do upadowej wentylacyjnej do poziomu 1000. Stanowisko odpalania zostało wyznaczone w przekopie wznoszącym C-6, ponad 400 m w obiegowym prądzie powietrza (rys. 6). Wyznaczone miejsca odpalania ładunku zostały dobrane tak, aby powietrze dopływało z innego rejonu lub miejsca te były zlokalizowane w prądzie świeżego powietrza, a roboty strzałowe, które mogłyby wpływać na prąd powietrza i jego jakość, wstrzymano. Z uwagi na cykliczne wykonywanie robót strzałowych wstrząsowo-urabiających podczas jednego odpalania środków strzałowych detonowano maksymalnie 24 kg materiału wybuchowego. Długie otwory strzałowe były wykonane równoległe do osi wyrobiska, przy czym dolny otwór skierowany był w spąg wyrobiska pod kątem 45° , natomiast drugi był wykonany w centralnej części wyrobiska (rys. 7).

Ponadto w odległości maksymalnie do 15 m od czoła przodka prowadzono roboty strzałowe w ociosach wyrobiska. Siatka otworów zakładała wykonanie czterech otworów: po dwa w ociosie wschodnim i zachodnim. Każdy otwór wykonano na długość 9 m. Tożsame roboty strzałowe były prowadzone w kopalniach w warunkach występowania wzmoczonych naprężeń górotworu. Przedstawione działania podejmowane w ramach aktywnej profilaktyki ukierunkowane były na odsunięcie strefy nadmiernej koncentracji naprężeń oraz wywołanie „kontrolowanego” wyrzutu gazu i skał.

Poza opisanymi działaniami profilaktyki aktywnej w wyrobisku rozpoczęto roboty strzałowe urabiające.



► Rys. 7. Rozmieszczenie otworów w ociosach wyrobiska

► Fig. 7. Arrangement of boreholes in the working face walls

W wyniku przeprowadzonych prac związanych ze stosowaniem środków strzałowych widoczny był wyraźny wzrost stężenia metanu oraz utrzymywanie tego poziomu przez dłuższą chwilę. Czujniki podłączone do sytemu gazometrii automatycznej wykorzystywane do obliczeń ilości wydzielanego gazu znajdowały się w odległości od 10 do 15 m od pochylni C-1 w pokł. 406/1 i 406/2 z pochylnią C-2 w pokł. 406/1 i 406/2. Odległość od przodka drążonego wyrobiska w najbliższym położeniu wyniosła około 500 m.b. i zwiększała się wraz z postępem robót. Dla badania zjawisk dynamicznych analizowano również aktywność sejsmiczną w trakcie robót strzałowych, nie zaobserwowano jednak wstrząsów, które mogłyby świadczyć o wzroście zagrożenia. Działania profilaktyczne zostały potwierdzone odczyta-

mi z czujników gazometrii automatycznej. Przykładowe raporty zużycia MW wraz z ilością wydzielanego metanu zestawiono w tabeli 1.

Wybrane przykłady robót strzałowych (tab. 1) realizowanych w przodkach zaliczonych do zagrożonych wyrzutami gazów i skał wskazują na wysoką skuteczność podejmowanych środków profilaktyki. Ilość gazu wydzielonego w danym czasie została wyliczona z uwzględnieniem „tła” emisji metanu do strumienia wentylacyjnego w regularnym trybie pracy przodka. A zatem był to metan uwolniony podczas robót strzałowych wykonywanych w ramach profilaktyki.

Dla potwierdzenia działań profilaktycznych podobne roboty strzałowe wprowadzono m.in. w innym wyrobisku przygotowawczym w celu udostępnienia pokładu

► Tab. 1. Zestawienie przykładowych robót strzałowych

► Table 1. Summary of selected blasting operations

Lp.	Data	Miejsce prowadzonych robót strzałowych	Ilość MW [kg]	Średnie stężenie [m ³ /min]	Czas wydzielania metanu po robotach strzałowych [min]	Ilość wydzielanego metanu [m ³]
1	04.11.2025	Chodnik C-1	12	0,8	155	520
2	29.10.2025	Przekop wznoszący C-8	6	1,0	446	1873
3	22.10.2025	Chodnik C-1 w pokł. 404/4+405/1	12	1,0	83	464
4	18.10.2025	Chodnik C-1 w pokł. 404/4+405/1	12	0,8	160	537
5	10.10.2025	Chodnik C-1 w pokł. 404/4+405/1	18	0,8	250	840

404/4+405/1. Przekop wznoszący C-8 jest drążony na północ od przekopu kierunkowego wschodniego taśmowego na poz. 1000 i ma być wykorzystywany jako wyrobisko przeznaczone do odstawy urobku i transportu materiałów m.in. ze ściany C-1 w pokładzie 404/4+405/1. Największe stężenie na wylocie przekopu wznoszącego C-8 odnotowano po robotach strzałowych prowadzonych 29 października 2025 r. wykonywanych pomiędzy zmianami oraz wycofaniu załogi poza wyrobisko z wentylacją odrębną oraz w miejsca, gdzie powietrze zużyte łączyło się z innym prądem powietrza. W trakcie przedmiotowych robót zużyto wyłącznie 6 kg materiału wybuchowego metanowego specjalnego. W wyniku strzelania zanotowano ilość tlenu węgla, która nie przekraczała ilości spodziewanej i obserwowanej dla wcześniej wykonywanych robót strzałowych, natomiast ilość metanu znacznie przekraczała wartości obserwowane przy podobnych robotach strzałowych.

Wskazane przykłady stanowią zaledwie fragment działań profilaktycznych podejmowanych przez zakład w ramach profilaktyki aktywnej. Choć miesięczne zużycie materiałów wybuchowych na poziomie 4200 kg może nie wydawać się imponujące, to szczególną uwagę zwraca ilość metanu wydzielanego po detonacji, która w wielu przypadkach przekraczała 200 m³.

6. Podsumowanie

Bezpieczeństwo w ruchu zakładu górniczego stanowi najważniejszy czynnik, do którego powinno się dobierać środki profilaktyki i podejmować decyzje o dalszej eksploatacji. Przepisy górnicze i prawo pracy nakładają na przedsiębiorcę obowiązek związany z rozpoznawaniem zagrożeń w ruchu zakładu. Precyzyjne rozpoznanie czynników niebezpiecznych stanowi niezbędny element działań podejmowanych w celu określenia adekwatnych do zagrożeń środków profilaktyki. Problem pojawia się wtedy, kiedy nie do końca znany jest mechanizm powstania zagrożeń lub gdy mamy do czynienia z ich mnogością. Koincydencja zagrożeń wymusza dobranie środków profilaktyki do czynnika dominującego, który również może się zmienić podczas drążenia czy eksploatacji złoża.

Egzemplifikacją zmiany jest przykład KWK „Pniówek”, gdzie wraz z drążeniem wyrobisk trzeba było zmodyfikować podejście do części zagrożeń. Jako zagrożenie

dominujące określano pożary endogeniczne oraz metan, natomiast obecnie w drążonych wyrobiskach wiodącymi i wpływającymi na postęp robót są zagrożenia dynamiczne, m.in. geogazodynamiczne. Bieżąca weryfikacja profilaktyki zagrożeń wykazała korelację między ilością użytych środków strzałowych a poziomem wydzielania gazów i energii wstrząsów. Stwierdzono jednak istnienie prognozy efektywności, po przekroczeniu którego zwiększone zużycie materiałów wybuchowych stawało się ekonomicznie i technicznie nieuzasadnione.

Współczesne zakłady górnicze borykają się z eksploatacją w warunkach heterogenicznej budowy geologicznej, obecnie wydobywane złoża węgla w przeszłości uznawane były za niemal niemożliwe do eksploatacji. Skutkuje to intensyfikacją zagrożeń oraz zmniejszaniem poziomu wydobywania, jak również likwidacją zakładów górniczych. Zauważalne jest to m.in. przy występowaniu wstrząsów wysokoenergetycznych indukowanych działalnością górniczą, ich liczba w 2024 r. przekroczyła 2100. Zagrożenie metanowe również utrzymuje się na wysokim poziomie, w 2024 r. tylko w trzech zakładach górniczych prowadzono eksploatację pokładów niemetanowych, natomiast w jedenastu prowadzono roboty górnicze w pokładach zaliczonych do IV kategorii zagrożenia metanowego. Zatem współwystępowanie zjawisk dynamicznych, przy których w sposób gwałtowny wydzielają się duże ilości gazu, zdarza się coraz częściej. Dlatego odpowiednie rozpoznanie zagrożenia, jego ocena i dobór środków profilaktyki będą stanowiły punkt wyjścia dla bezpiecznej eksploatacji złóż.

Część działań podejmowanych w rejonach zagrożonych prowadzona jest na bazie doświadczeń kopalń Jastrzębskiej Spółki Węglowej, np. dodatkowe czujniki pomiaru tlenu czy wprowadzanie aparatów szybkiego działania. Są jednak działania profilaktyczne, takie jak roboty strzałowe, i zasady ich prowadzenia wynikające z doświadczeń nieistniejącego już Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego, które borykało się ze zjawiskami dynamicznymi w postaci wyrzutów gazów i skał. Obecnie mamy do czynienia również z innego rodzaju zagrożeniem, w odniesieniu do którego przepisy nie w pełni oddają zasady i warunki prowadzenia robót. Fundamentalnym działaniem jest analiza zaistniałych zdarzeń oraz ewaluacja nowych środków profilaktyki na bazie zdobytych doświadczeń.

Selected preventive measures in mine workings at risk of gas-geodynamic phenomena – case studies

Abstract: The article describes preventive measures aimed at controlling dynamic hazards, which in recent years have come to include gas-geodynamic hazards. The nature of this phenomenon significantly complicates mining operations. The appropriate design and implementation of measures aimed at reducing risk in the context of further exploitation of mineral deposits will pose a challenge for both engineering and technical personnel and research institutions. The article discusses concerns and practical mining experience related to the implementation and application of preventive measures, largely based on experience gained in the Lower Silesian coalfield, where gas and rock outbursts were the predominant hazard. In addition, examples are provided of the effect of blasting operations on methane release into mine workings, thereby enabling further drifing in areas particularly susceptible to dynamic phenomena. During the controlled triggering of gas and rock outbursts, cases were recorded in which the volume of methane released exceeded 1,800 m³.

Literatura

1. Hobler, M. (1982). *Projektowanie i wykonywanie robót strzelniczych w górnictwie podziemnym*. Katowice: Wydawnictwo Śląsk.
2. Korzec, M. (2025). *Zagrożenie geogazodynamiczne w wyrobiskach korytarzowych drążonych w pokładach węgla kamiennego nasyconych metanem*. Kraków: Wydawnictwo AGH.
3. Kozłowski, Z., Polak, Z., Prokop, P. (2014). *Wyrzuty gazów i skał. Prognoza, kontrola, zwalczanie i ochrona załóg*. Katowice: Wydawnictwo Śląsk.
4. Materiały z prac komisji (1963). Ewidencja wyrzutów gazów i skał i wybrane prace z zakresu wyrzutów gazów i skał w kopalniach węgla kamiennego w dolnośląskim zagłębiu węglowym. Katowice: Wydawnictwo WGH.
5. Materiały z prac komisji (1969). Ewidencja wyrzutów gazów i skał i wybrane prace z zakresu wyrzutów gazów i skał w kopalniach węgla kamiennego w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym. Warszawa: Wydawnictwo Geologiczne.
6. Ministerstwo Górnictwa (1980). Szczegółowe przepisy prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny. Katowice: Wydawnictwo Resortowe.
7. Olszewski, J. i inni (1989). *Leksykon górniczy*. Katowice: Wydawnictwo Śląsk.
8. Rawicki, Z. (2022). Wielokryterialna ocena występowania zjawisk geogazodynamicznych w rejonach ścian. Katowice: Główny Instytut Górnictwa (praca doktorska).
9. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 9 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących przechowywania i używania środków strzałowych i sprzętu strzałowego w ruchu zakładu górniczego (Dz.U. z 2017 r. poz. 321).
10. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz.U. z 2017 r., poz. 1118, z późn. zm.).
11. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U. z 2021 r. poz. 1617).
12. Schwarzbach, H. (2016). *Prawo Geologiczne i górnicze. Komentarz*. Wrocław: Wydawnictwo Amadeus.
13. Swolkień, J., Szlązak, N. (2021). The Impact of the Coexistence of Methane Hazard and Rock-Bursts on the Safety of Works in Underground Hard Coal Mines. *Energies* 2021, 14, 128. <https://doi.org/10.3390/en14010128>.
14. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2026 r. poz. 69).
15. WUG (2024). Ocena bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górnictwo-geologiczną w 2023 roku. Wyższy Urząd Górniczy, Katowice.
16. Zakład Sprzętu Nurkowego „Manta” (2019). Opis techniczny i instrukcja użycia ucieczkowego aparatu powietrznego butlowego natychmiastowego użycia typu Manta.
17. Zmarzły, M. (2022). Wieloparametryczna ocena zagrożenia wyrzutami gazów i skał w drążonych wyrobiskach korytarzowych w pokładach węgla kamiennego południowozachodniej części Niecki Górnośląskiej. Katowice: Główny Instytut Górnictwa (praca doktorska).