

# 23

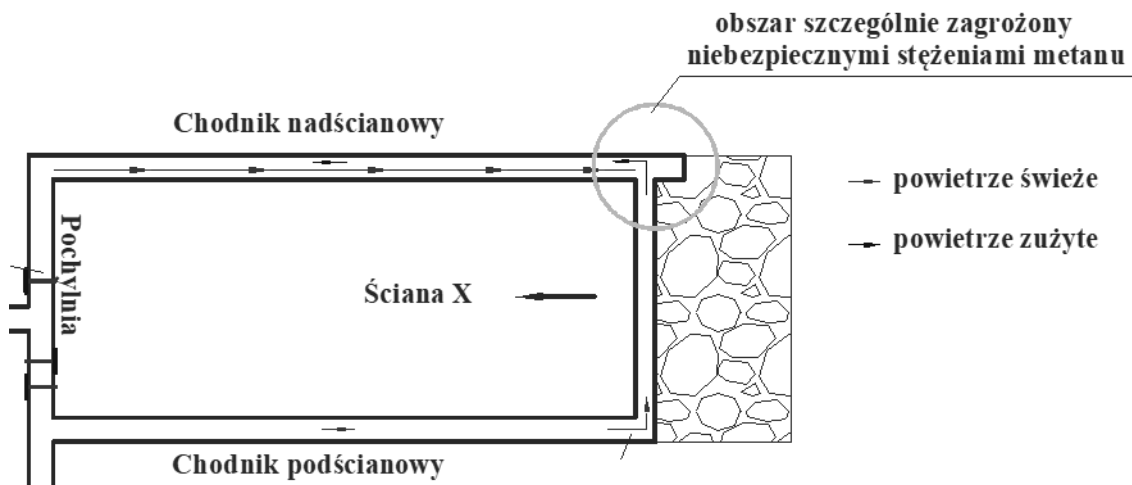
## NUMERYCZNA MECHANIKA PŁYNÓW (CFD) W OCENIE ZAGROŻENIA METANOWEGO WYROBISK GÓRNICZYCH

### 23.1 WPROWADZENIE

Podziemna eksploatacja węgla kamiennego ze względu na szereg występujących zagrożeń jest bardzo niebezpieczna [3, 6]. Zwłaszcza zagrożenia naturalne stwarzają poważne zagrożenie bezpieczeństwa, ze względu na ilość zaistniałych każdego roku niebezpiecznych zdarzeń związanych z aktywizacją tych zagrożeń w podziemnym środowisku pracy. Jednym z najczęściej występujących i najbardziej niebezpiecznych zagrożeń naturalnych występujących w podziemnych kopalniach węgla kamiennego jest zagrożenie metanowe, które związane jest z możliwością zapalenia i/lub wybuchu metanu w mieszaninie z powietrzem [2, 3, 4, 5, 7, 8]. Z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa wentylacyjnego, jest to jedno z podstawowych zagrożeń, którego intensywność z roku na rok wzrasta, do czego przyczynia się zwiększona głębokość wydobywania węgla kamiennego, coraz większa metanonośność pokładów oraz coraz większe ciśnienie złożowe gazów.

Od 2008 do końca I kwartału roku 2017 w polskich kopalniach węgla kamiennego miało miejsca 29 zdarzeń związanych z zagrożeniem metanowym (zapalenia i wybuchy metanu), w których zginęło 28 osób, a 88 zostało rannych [11]. Najczęstszym miejscem występowania tego typu zdarzeń są rejon wyrobisk ścianowych, zwłaszcza rejon wylotu powietrza ze ściany (skrzyżowanie ściany z chodnikiem wentylacyjnym) (rys. 23.1) [2, 8]. W miejscu tym gromadzi się metan wypływający ze zrobów zawałowych. W związku z tym istnieje konieczność identyfikacji stref w tym rejonie o niebezpiecznych stężeniach metanu w mieszaninie z powietrzem. Identyfikacja ta pozwala na określenie przestrzennego rozkładu metanu w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym, a w konsekwencji na utrzymanie warunków pozwalających na prowadzenie prac wydobywczych. W celu niedopuszczenia do powstawania niebezpiecznych nagromadzeń metanu prowadzi się działania profilaktyczne, mające na celu niedopuszczenie do niebezpiecznych zdarzeń z udziałem metanu. Do najczęściej stosowanych środków stosowanych w walce z tym zagrożeniem należy zabudowa w chodniku wentylacyjnym pomocniczych urządzeń wentylacyjnych. Do najczęściej stosowanych pomocniczych urządzeń wentylacyjnych należą przegrody wentylacyjne i lutniociągi pomocnicze. Urządzenia te stanowią jeden z najistotniejszych elementów pasywnej profilaktyki metanowej. Są stosowane

w przypadku przewietrzania ścian na „U” od granic, którym to systemem przewietrza się około 75% czynnych wyrobisk ścianowych w Polskich kopalniach węgla kamiennego.



Rys. 23.1 Schemat przewietrzania ściany systemem na „U” od granic

Źródło: opracowanie własne

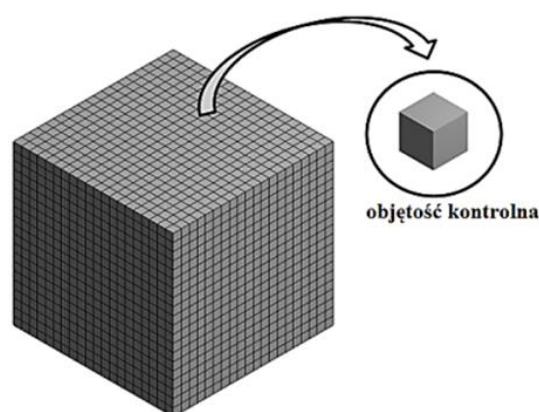
Konfiguracja pomocniczych urządzeń wentylacyjnych na wylocie ze ściany uzależniona jest od poziomu występującego zagrożenia metanowego. Niezależnie jednak od tej konfiguracji, oprócz rozrzedzenia mieszaniny powietrza i metanu, urządzenie te mają za zadanie także skierowanie strumienia powietrza wypływającego ze ściany w kierunku likwidowanego odcinka chodnika wentylacyjnego za linią frontu ściany. Działanie to ma odsunąć niebezpieczne stężenie metanu od przestrzeni roboczej ściany i chodnika wentylacyjnego (nadściannowego). Badania mające na celu identyfikację stref o niebezpiecznych stężeniach metanu w mieszaninie z powietrzem możliwe są do przeprowadzenia z wykorzystaniem modelowania i symulacji komputerowych. Symulacje te traktowane mogą być jako metoda prognozowania stężenia metanu w mieszaninie z powietrzem [4]. Analiza przepływu mieszaniny gazów o różnych gęstościach stwarza możliwość praktycznego zastosowania symulacji komputerowych w zastosowaniach inżynierii bezpieczeństwa wentylacyjnego do oceny zagrożenia metanowego na wylocie ze ściany przewietrzanej systemem na „U” od granic.

W artykule przedstawiono wyniki analizy numerycznej mającej na celu wyznaczenie rozkładów stężenia metanu w mieszaninie z powietrzem w obszarze skrzyżowaniu ściany z chodnikiem wentylacyjnym. Analizę przeprowadzono dla rzeczywistej ściany eksploatowanej w jednej z kopalń węgla kamiennego z obszaru GZW. Uzyskane wyniki mogą stanowić istotne źródło informacji dla służb odpowiedzialnych za zapewnienie bezpieczeństwa pracy, w zakresie identyfikacji miejsc o niebezpiecznych stężeniach metanu i doboru metod w celu jego zmniejszenia. Skuteczne prognozowanie koncentracji metanu w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym jest niezwykle ważne z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa pracy załogi. Zastosowanie CFD w odniesieniu do zagrożenia metanowego pozwala także na ocenę skuteczności przyjętego rozwiązania w zakresie rozmieszczenia pomocniczych urządzeń wentylacyjnych na wylocie ze ściany eksploatacyjnej.

## 23.2 CHARAKTERYSTYKA NUMERYCZNEJ MECHANIKI PŁYNÓW

Numeryczna mechanika płynów jest najpopularniejszą metodą analiz wykorzystywaną do badania zjawisk związanych z przepływami cieczy i gazów, wymianą masy i ciepła czy procesami spalania. Polega ona na rozwiązywaniu układu równań różniczkowych, które opisują analizowane zjawiska. Numeryczna mechanika płynów bazuje na równaniach opisujących pole ciśnienia i prędkości przepływu na równaniu zachowania ciągłości i równaniach Naviera-Stokesa. W przypadku analizowanych złożonych zjawisk przepływowych dodatkowo rozwiązywane są inne równania, np. w procesach wymiany ciepła – równanie energii.

Najbardziej rozwiniętą i najpopularniejszą metodą dyskretyzacji wykorzystywaną w numerycznej mechanice płynów jest metoda objętości skończonych (ang. Finite Volume Method). Na metodzie tej bazuje wiele komercyjnych programów wykorzystywanych w numerycznej mechanice płynów CFD, w tym program ANSYS Fluent, który wykorzystano w prezentowanej analizie. Podstawowym założeniem tej metody jest przedstawienie równania różniczkowego jako układu równań algebraicznych [8]. W metodzie tej model geometryczny dyskretyzowany jest na skończoną ilość nienakładających się na siebie objętości kontrolnych. Objętość kontrolna budowana może być, w zależności od wykorzystywanego narzędzia badawczego, wewnątrz objętości elementu płynu (gazu) lub wokół węzła elementu objętości (rys. 23.2).



Rys. 23.2 Domena obliczeniowa zdyskretyzowana na skończoną ilość objętości kontrolnych

Źródło: [4]

W każdej z objętości kontrolnych domeny obliczeniowej całkowane są podstawowe równania opisujące przepływ płynu, zależny od analizowanego zjawiska przepływowego.

## 23.3 OPIS PRZEPŁYWU MIESZANINY POWIETRZA I METANU

Zagadnienia związane z transportem płynu rozwiązywane są w oparciu o następujące równania mechaniki płynów [1, 8]:

- równanie zachowania ciągłości (23.1),
- równanie transportu substancji chemicznych (23.2),
- równanie dyfuzji dla przepływu turbulentnego (23.3),

- równanie zachowania pędu (23.4),
- równanie zachowania energii (23.5).

### 23.3.1 Równanie zachowania ciągłości

Zachowanie ciągłości opisywane jest następującą zależnością:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (23.1)$$

gdzie:

- $u, v, w$  – składowe wektora prędkości, [m/s];  
 $\rho$  – gęstość, [kg/m<sup>3</sup>],  
 $t$  – czas, [s].

Równanie zachowania ciągłości przepływu, zwane także równaniem zachowania masy, oznacza, że masa przepływającego przez objętość kontrolną gazu nie powstaje, ani też nie zanika w czasie trwania obliczeń. Inaczej, zmiana gęstości w kontrolnej objętości jest równa masowemu przepływowi przez granice kontrolne tej objętości. Równanie to, w przypadku modelowania przepływu mieszaniny powietrza i metanu, rozszerzone jest o równanie opisujące transport składników tej mieszaniny. W inżynierii bezpieczeństwa wentylacyjnego w podziemnym górnictwie jest to istotne, bowiem pozwala na określenie rozkładów poszczególnych gazów w dowolnym punkcie analizowanego rejonu obejmującego podziemne wyrobiska.

### 23.3.2 Równanie transportu substancji chemicznych

Równanie transportu substancji chemicznych stanowi następujący wzór:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_i) + \nabla \cdot (\rho v Y_i) = -\nabla \cdot J_i + R_i + S_i \quad (23.2)$$

gdzie:

- $\rho$  – gęstość, [kg/m<sup>3</sup>];  
 $v$  – prędkość, [m/s];  
 $Y_i$  – udział molowy  $i$ -tego składnika;  
 $J_i$  – strumień dyfuzji, [kg/(m<sup>2</sup>s)];  
 $R_i$  – produkcja netto  $i$ -tego składnika w wyniku reakcji chemicznej;  
 $S_i$  – człon źródłowy (np. emisji).

### 23.3.3 Równanie dyfuzji dla przepływu turbulentnego

Dyfuzja dla przepływu turbulentnego opisywana jest równaniem:

$$J_i = -(\rho D_{i,m} + \frac{\mu}{Sc_t}) \nabla Y_i \quad (23.3)$$

gdzie:

- $D_{i,m}$  – masowy współczynnik dyfuzji  $i$ -tego składnika mieszaniny, [m<sup>2</sup>/s];  
 $\mu$  – współczynnik lepkości dynamicznej, [Pa·s];  
 $Sc_t$  – turbulentna liczba Schmidta, [0.7].

### 23.3.4 Równanie zachowania pędu

Zachowanie pędu opisywane jest wzorem:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho v) + \nabla \cdot (v v) = -\nabla p + \nabla \tau + \rho g + F \quad (23.4)$$

gdzie:

- $p$  – ciśnienie statyczne, [Pa];
- $\tau$  – tensor naprężeń, [Pa];
- $g$  – przyspieszenie grawitacyjne, [m/s<sup>2</sup>];
- $F$  – siły wewnętrzne, [N].

### 23.3.5 Równanie zachowania energii

Równanie zachowania energii określa, że w dowolnym punkcie analizowanego wyrobiska zmiana entalpii zależy od strumienia energii, który wpływa do objętości kontrolnej. Wewnątrz tej objętości dodatkowy strumień ciepła generowany może być w wyniku tarcia, oddziaływania ciśnienia, dyssypacji energii kinetycznej, promieniowania oraz zachodzącej reakcji chemicznej (np. spalania). Przedstawiony poniżej model matematyczny przepływu łączy opis przepływu strumienia powietrza oraz transportu gazów:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \nabla \cdot (\vec{v}(\rho E + p)) = \nabla \cdot (k_{eff} \nabla T) + S_h \quad (23.5)$$

## 23.4 BADANIA MODELOWE

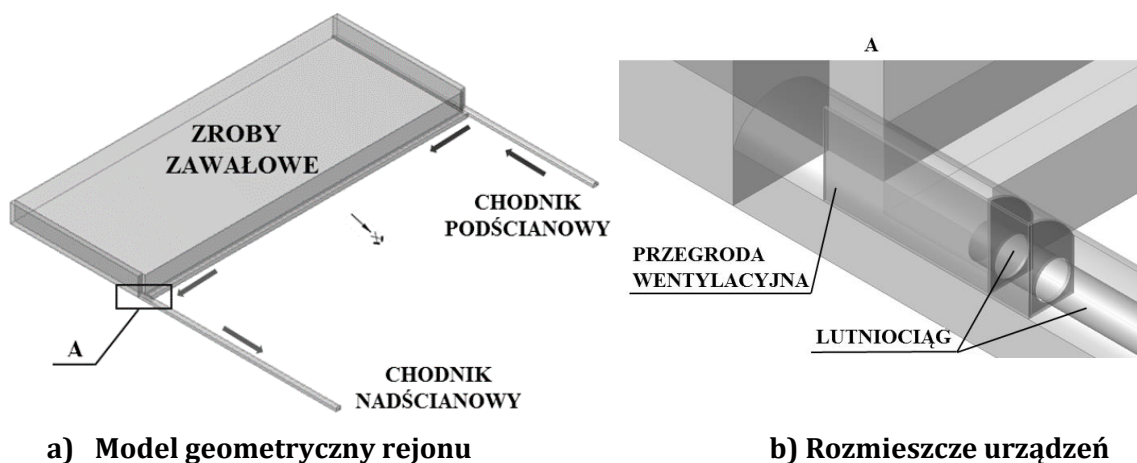
Badaniom modelowym poddano przepływ mieszaniny powietrza i metanu przez rejon ściany przewietrzanej systemem na „U” od granic, zaliczonej do IV kategorii zagrożenia metanowego. Celem analizy było wyznaczenie rozkładów stężenia metanu w mieszaninie z powietrzem w obszarze skrzyżowaniu ściany z chodnikiem wentylacyjnym oraz zmiany stężenia metanu w strumieniu powietrza przepływającym przez ścianę i chodnik wentylacyjny.

**Tab. 23.1 Parametry geometryczne układu wyrobisk oraz wentylacyjne powietrza**

Lp.	Nazwa parametru	Wartość
1.	Wydatek powietrza doprowadzany do ściany chodnikiem podścianowym	1410 m <sup>3</sup> /s
2.	Wydatek powietrza doprowadzany do ściany chodnikiem wentylacyjnym	490 m <sup>3</sup> /s
3.	Metanowość wentylacyjna	15,86 m <sup>3</sup> /s
4.	Wysokość ściany	2,8 m
5.	Szerokość ściany	4,0 m
6.	Długość ściany	250 m
7.	Szerokość chodników przyścianowych	3,0 m
8.	Wysokość chodników przyścianowych	3,5 m
9.	Średnica lutniociągu	1,1 m
10.	Lokalizacja wylotu powietrza z lutniociągu względem linii chodnika wentylacyjnego	6,0 m
11.	Lokalizacja końca przegrody wentylacyjnej względem linii chodnika wentylacyjnego	0,5 m

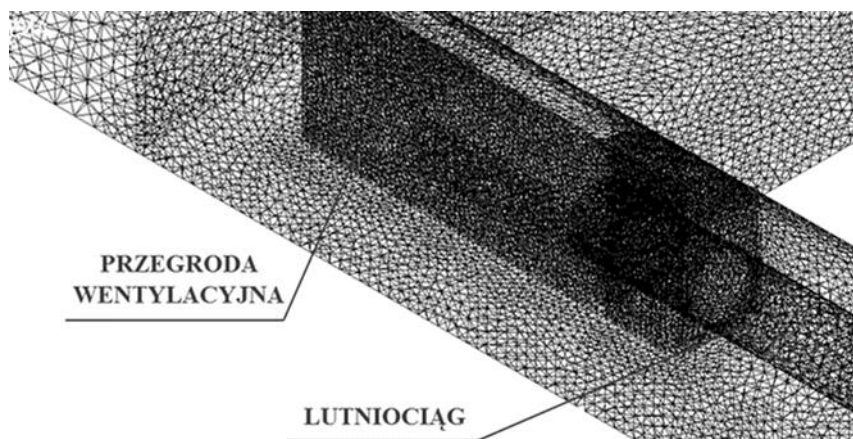
Źródło: opracowanie własne

W celu przeprowadzenia analizy opracowano model geometryczny ściany eksploatacyjnej i wyrobisk przyścianowych oraz fragmentu zrobów zawałowych (rys. 23.3) oraz model dyskretny (rys. 23.4). Parametry geometryczne rozpatrywanego układu wyrobisk oraz parametry wentylacyjne przepływającego przez nie strumienia powietrza przedstawiono w tab. 23.1.



Rys. 23.3 Pomocnicze urządzenia wentylacyjne

Źródło: opracowanie własne



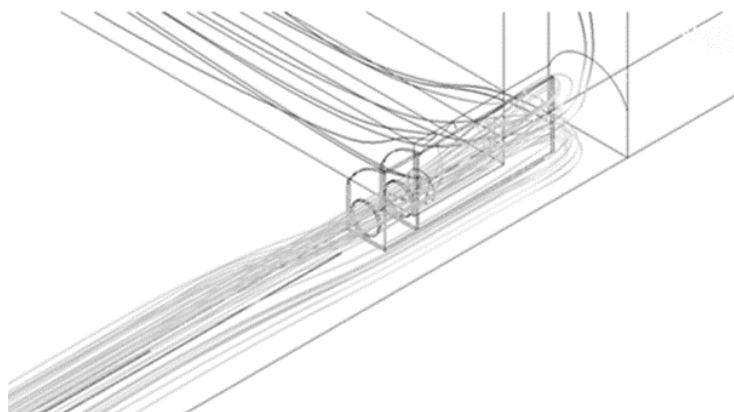
Rys. 23.4 Fragment modelu dyskretnego badanego rejonu z rozmieszczeniem pomocniczych urządzeń wentylacyjnych

Źródło: opracowanie własne

Warunki brzegowe, niezbędne do wykonania obliczeń numerycznych, przyjęto w oparciu o rzeczywiste pomiary parametrów fizycznych i chemicznych strumienia powietrza doprowadzanego do ściany oraz metanowość bezwzględną ściany. Analizę przeprowadzono dla stanu ustalonego, dla którego średnie stężenie metanu na wylocie ze ściany, zgodnie z danymi zarejestrowanymi przez czujniki manometrii automatycznej, wynosiło 0,77%. Wydatek objętościowy doprowadzanego powietrza do ściany wynosił 1410 m<sup>3</sup>/min. Dodatkowo, chodnikiem nadścianowym w rejon wylotu ze ściany, doprowadzano 490 m<sup>3</sup>/min. Stężenie tlenu w strumieniu powietrza doprowadzanym do ściany wynosiło 20,51%.

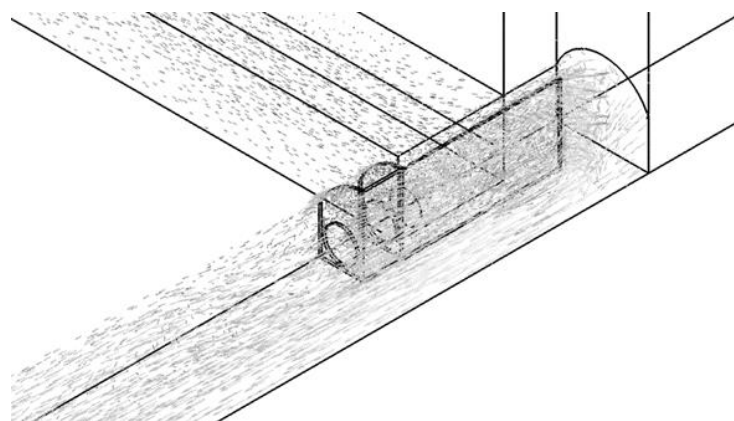
## 23.5 WYNIKI OBLICZEŃ

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń wyznaczono rozkłady stężenia metanu rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym (nadścianowym). Na rys. 23.5 i rys. 23.6 przedstawiono rozkłady wektorów prędkości oraz trajektorie przepływu powietrza przez badany rejon.



**Rys. 23.5** Trajektorie przepływu powietrza przepływającego przez skrzyżowanie ściany z chodnikiem wentylacyjnym

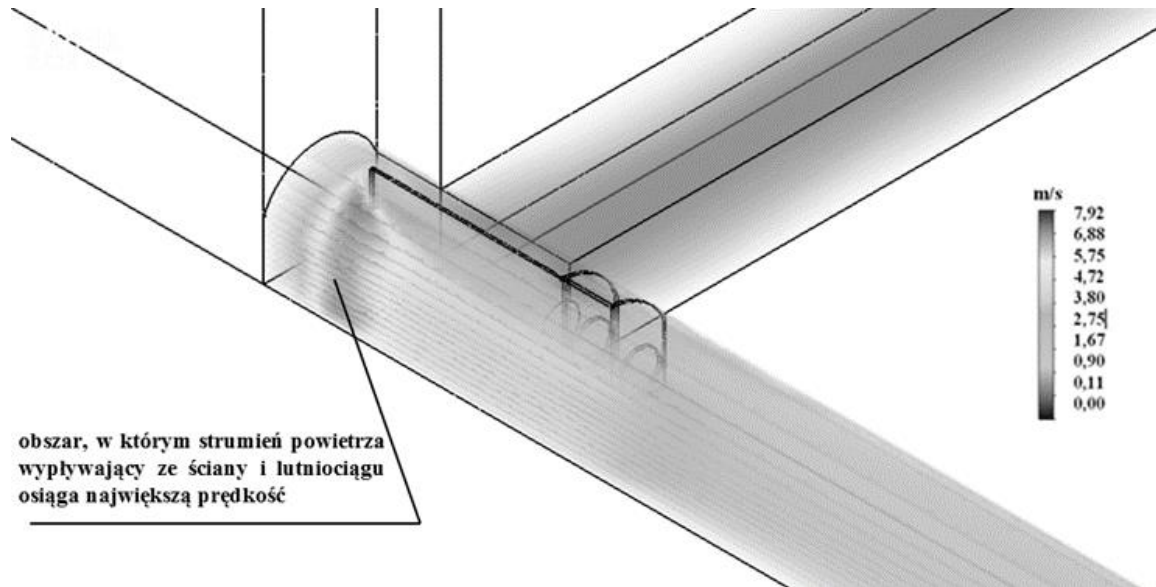
Źródło: opracowanie własne



**Rys. 23.6** Rozkłady wektorów prędkości powietrza przepływającego przez skrzyżowanie ściany z chodnikiem wentylacyjnym

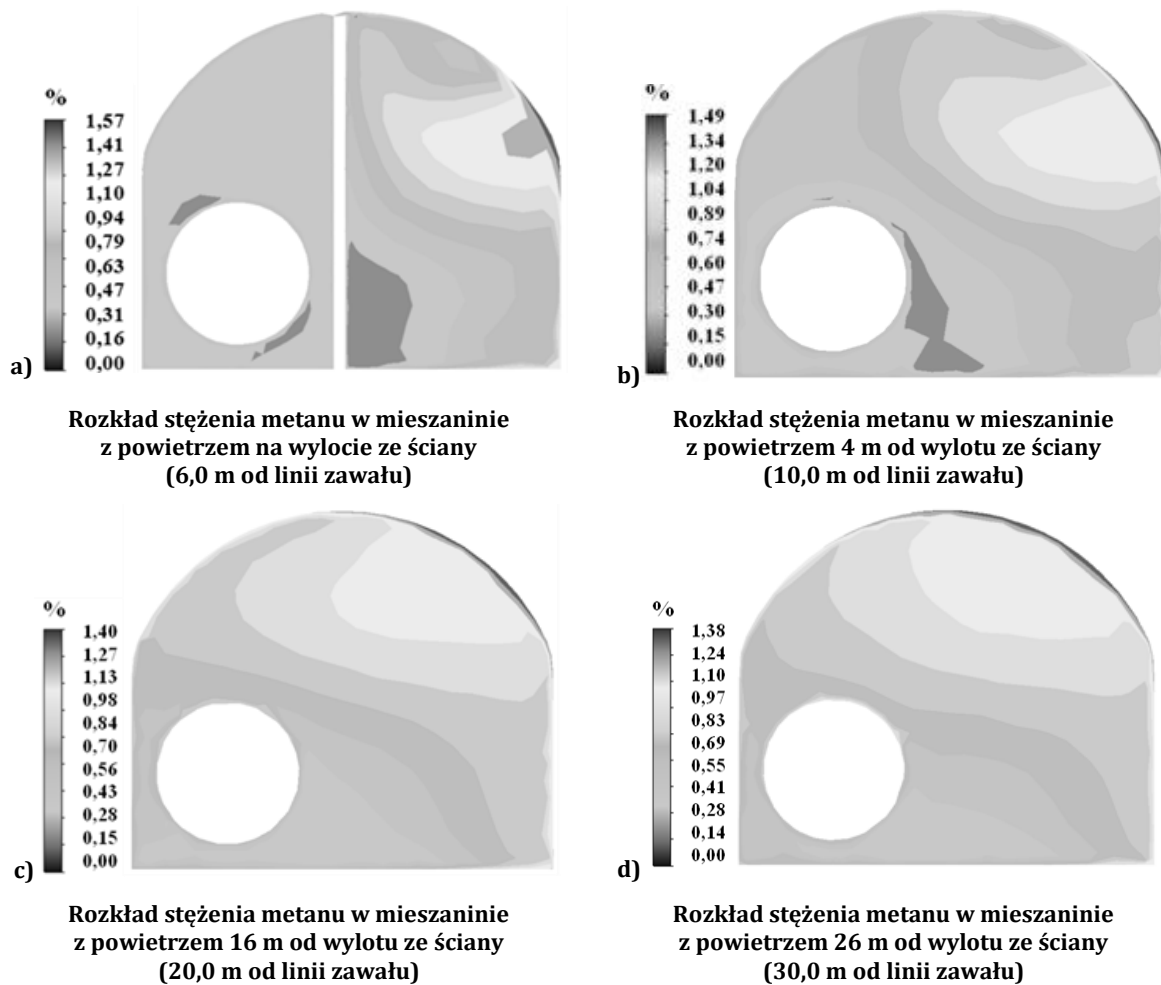
Źródło: opracowanie własne

Strumień powietrza wypływający ze ściany uderza w przegrodę. Konstrukcja przegrody uniemożliwia przepływ powietrza częścią chodnika wentylacyjnego znajdującą się na długości przegrody (w której znajduje się lutniociąg), co powoduje, że strumień powietrza cofa się i kieruje ku niezlikwidowanej części chodnika znajdującego się za czołem ściany. Taki sposób rozptyłu powietrza wpływa na zmniejszenie stężenia metanu w niezlikwidowanej części chodnika wentylacyjnego utrzymywanego za ścianą. Jednocześnie przegroda znajdująca się w górnej części chodnika, sprawia, że powietrze wypływające ze ściany i z lutniociągu, powoduje duże zaburzenie przepływu na odcinku umiejscowienia tej przegrody. Przekrój wyrobiska, którym wypływa powietrze jest zmniejszony, a prędkość, a tym samym intensywność turbulencja, zwiększona (rys. 23.7). Taka dynamika wpływa na rozkład stężenia metanu w tej części wyrobiska (rys. 23.8).



Rys. 23.7 Rozkład prędkości powietrza na wylocie ze ściany

Źródło: opracowanie własne

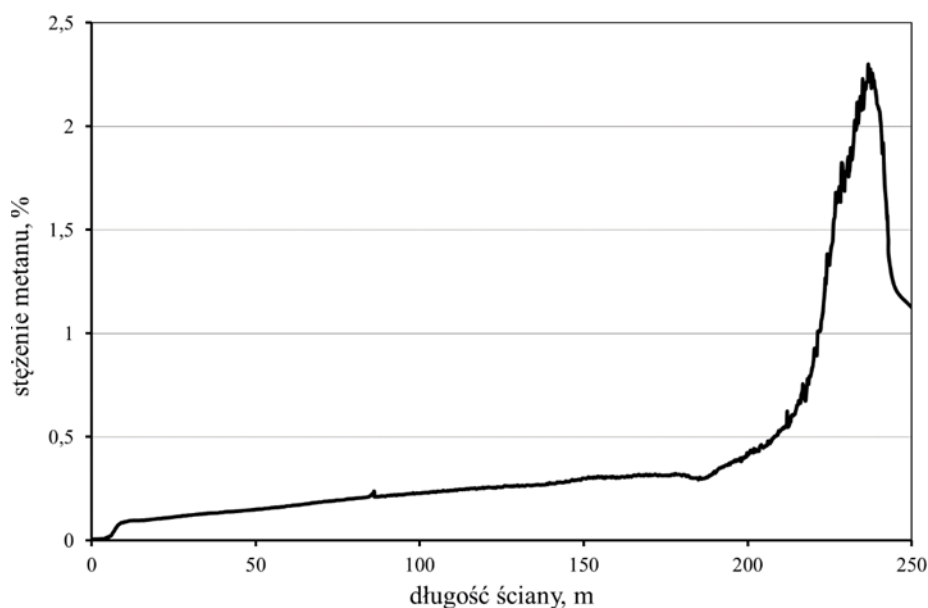


Rys. 23.8 Rozkłady stężenia metanu w mieszaninie z powietrzem w chodniku wentylacyjnym

Źródło: opracowanie własne

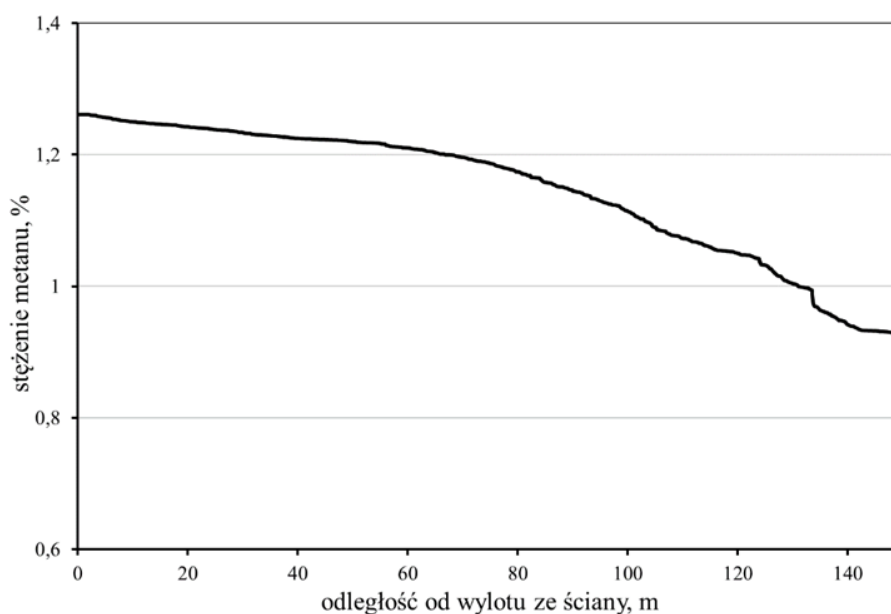


Na rys. 23.9 i rys. 23.10 przedstawiono zmiany stężenia metanu w strumieniu powietrza przepływającym przez ścianę eksploatacyjną i chodnik wentylacyjny.



**Rys. 23.9** Zmiana wartości stężenia metanu w strumieniu powietrza przepływającym przez ścianę eksploatacyjną

Źródło: opracowanie własne

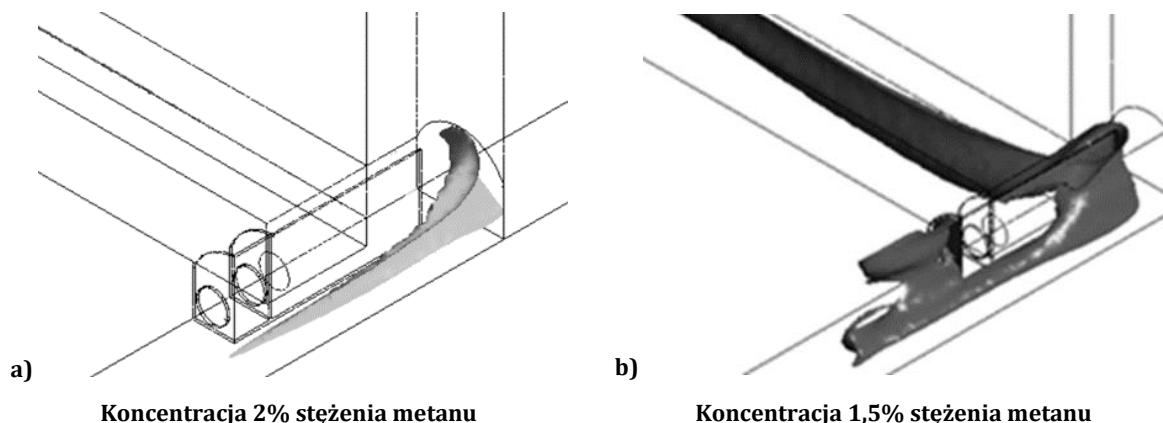


**Rys. 23.10** Zmiana wartości stężenia metanu w strumieniu powietrza przepływającym przez chodnik wentylacyjny

Źródło: opracowanie własne

Gwałtowny wzrost koncentracji metanu w ścianie występuje na końcowym odcinku ściany (50 m od skrzyżowania ściany z chodnikiem wentylacyjnym). Wzrost stężenia metanu w analizowanym przypadku związany jest z jego wypływem do przestrzeni roboczej ściany ze zrobów zawałowych. Jednak wzrost ten nie utrzymuje się na całym 50-cio metrowym odcinku, a tylko na około 25 m. Spadek stężenia metanu w strumieniu powietrza

związany jest bowiem z doprowadzeniem chodnikiem wentylacyjnym dodatkowego strumienia, którego część wpływa także do ściany, powodując zmniejszenie koncentracji tego gazu w mieszaninie z powietrzem. Na rys. 23.11 przedstawiono rozkłady izolinii metanu o koncentracji 2% (rys. 23.11a) w mieszaninie z powietrzem oraz izolinie metanu o koncentracji metanu większej niż 1,5%, ale mniejszej niż 2% (rys. 23.11b) dla badanego układu wyrobisk.



**Rys. 23.11 Rozkład stężenia metanu w mieszaninie z powietrzem badanego układu wyrobisk**

Źródło: opracowanie własne

Przeprowadzone obliczenia i uzyskane wyniki wskazują, że w rezultacie wypływu metanu ze zrobów, największa koncentracja metanu, występuje w górnej części ściany i w chodniku wentylacyjnym przy zrobach zawałowych.

## PODSUMOWANIE

Rejon skrzyżowania ściany przewietrzanej systemem na „U” od granic z chodnikiem wentylacyjnym jest rejonem, w którym prognozowanie koncentracji metanu w mieszaninie z powietrzem jest niezwykle ważne z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa dla załóg górniczych i procesu eksploatacyjnego. Rejon ten jest bowiem obszarem w którym najczęściej gromadzi się metan, tworząc strefy o wysokiej koncentracji w mieszaninie z powietrzem. W przypadku występowania dużego zagrożenia metanowego konieczne jest doprowadzenie takiej ilości powietrza, która spowoduje jego rozrzedzenie do wartości dopuszczalnych i bezpiecznych. W ścianie utrzymanie dopuszczalnych stężeń metanu nie sprawia zazwyczaj problemów, trudności w tym zakresie występują w górnym narożu ściany, a zwłaszcza w niezlikwidowanej części chodnika wentylacyjnego. Niezlikwidowana część chodnika jest miejscem, w którym występują duże trudności w utrzymaniu wartości dopuszczalnych stężenia metanu w mieszaninie z powietrzem. Jak wykazały przeprowadzone badania, przy dużej metanowości ścian i stosowaniu pomocniczych urządzeń wentylacyjnych jest możliwe utrzymanie wymaganych przepisami parametrów powietrza. Wykorzystanie numerycznej mechaniki płynów w inżynierii bezpieczeństwa wentylacyjnego stanowić może wsparcie dla służb wentylacyjnych kopalń w zakresie projektowania systemu wentylacji wyrobisk podziemnych.

## LITERATURA

1. Ansys. *Theory Guide*, 2012.
2. M. Branny: „Computer Simulation of Flow of Air and Methane Mixture in the Longwall – Return Crossing Zone.” *Arch. Mining Sci.*, 51, 2006.
3. J. Brodny, M. Tutak. „Determination of the zone endangered by methane explosion in goaf with caving of operating longwalls.” 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. SGEM 2016, 30 June-6 July, 2016. Book 1: Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining. ISBN 978-619-7105-56-8 ISSN 1314-2704. pp 299-306. DOI: 10.5593/SGEM2016/B12/S03.039.
4. J. Brodny, M. Tutak. „Numerical simulation as an instrument of supporting assessments methane hazard in coal mine.” *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Organizacja i Zarządzanie*, zeszyt 100, 2017, s.45-59.
5. J.C. Kurnia, A.P. Sasmito, A.S. Mujumdar. „CFD simulation of methane dispersion and innovative methane management in underground mining faces.” *Applied Mathematical Modelling*, Nr 38/2014. p. 3467–3484.
6. J.C. Kurnia, A.P. Sasmito, A.S. Mujumdar. „Simulation of a novel intermittent ventilation system for underground mines.” *Tunnelling and Underground Space Technology*, Nr 42/2014, p. 206–215.
7. R.I. Moraru, G.B. Babut, L.I. Cioca. „Study of methane flow in caved goafs adjacent to longwall faces in valea jiului coal basin.” 13th SGEM GeoConference on Science and Technologies In Geology, Exploration and Mining, SGEM2013 Conference Proceedings, Vol. 1, 731 - 738 pp. DOI:10.5593/SGEM2013/BA1.V1/S03.067.
8. S. Nawrat, Z. Kuczera, S. Napieraj. „Badania modelowe zwalczania zagrożenia metanowego na wylocie ściany przewietrzanej systemem „U”.” *4 Szkoła Aerologii Górniczej*. Centrum Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa EMAG, Katowice 2016. s. 455–466.
9. M. Sikora, B. Krzystanek, B. Bojko, K. Śpiechowicz. „Application of a hybrid method of machine learning for description and on-line estimation of methane hazard in mine workings.” *J. Min. Sci.* 47, 2011.
10. K.K. Veerstedt, W. Malalasekera. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics. The Finite Volume Method*. Pearson Education 2007.
11. WUG. *Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie*, Katowice, 2005 – 2017.

## NUMERYCZNA MECHANIKA PŁYNÓW (CFD) W OCENIE ZAGROŻENIA METANOWEGO WYROBISK GÓRNICZYCH

**Streszczenie:** Jednym z powszechnie występujących zagrożeń gazowych w kopalniach węgla kamiennego, jest zagrożenie metanowe. Rejonem najbardziej narażonym na to zagrożenie, przy przewietrzaniu ściany systemem na „U” od granic jest skrzyżowanie ściany z chodnikiem wentylacyjnym (tzw. górne naroże ściany). Gromadzenie się metanu w tym miejscu jest wynikiem jego wypływu ze zrobów zawalowych. Dlatego też w celu zmniejszenia stężenia metanu w tym rejonie stosuje się pomocnicze urządzenia wentylacyjne. Mają one za zadanie doprowadzić do tego miejsca taką ilość świeżego powietrza, aby rozrzedzić niebezpieczne stężenie metanu. Proces ten nazywany jest doświeżaniem i ma na celu przewietrzenie górnego naroża ściany. W artykule zaprezentowano wyniki badań numerycznych rozkładu stężenia metanu w zagrożonym obszarze (górne naroże ściany). Badania modelowe przeprowadzono w oparciu o rzeczywiste dane z eksploatowanego pokładu węgla kamiennego.

**Słowa kluczowe:** zagrożenie metanowe, wyrobisko ścianowe, pomocnicze urządzenia wentylacyjne, numeryczna mechanika płynów

## THE USE OF CFD FOR ASSESSMENT METHANE HAZARD

**Abstract:** One of the commonly present gas hazard in hard coal mines methane hazard. The most endangered region by this hazard, during ventilation of longwall in „U from boundaries” system is the crossing with ventilation roadway (so called “upper corner of longwall”). Accumulation of methane in this place results from its release from goaf. Therefore, in order to decrease methane concentration in this region, auxiliary ventilation devices are used. In the paper results of numerical studies of distribution of methane concentration in hazardous zone (upper corner of longwall) are presented. The obtained results clearly show that numerical methods, combined with the results of tests in real conditions can be successfully used for the analysis of variants of processes related to ventilation of underground mining, and also in the analysis of emergency states.

**Key words:** methane hazard, longwall, auxiliary ventilation, CFD

Dr inż. Magdalena TUTAK  
Politechnika Śląska  
Wydział Górnictwa i Geologii  
Katedra Zarządzania i Inżynierii Bezpieczeństwa  
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice  
e-mail: Magdalena.Tutak@polsl.pl

Data przesłania artykułu do Redakcji: 01.07.2017  
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 11.07.2017