

Weryfikacja procedur programu VentZroby w oparciu o numeryczną mechanikę płynów

WACŁAW DZIURZYŃSKI, JERZY KRAWCZYK, TERESA PAŁKA

Instytut Mechaniki Górotworu PAN, ul. Reymonta 27; 30-059 Kraków

Streszczenie

Przeprowadzono obliczenia porównawcze dla rejonu ściany wraz z przyległym obszarem zrobów. Porównywano model numeryczny stosowany w programie VentZroby z trójwymiarowym opisem metodą objętości skończonej. Program VentZroby jest rozszerzeniem jednowymiarowego modelu przepływu w wyrobiskach kopalnianej sieci wentylacyjnej. Rozszerzenie to obejmuje obszar zrobów zastąpiony przez sieć prostopadłych bocznic reprezentujących liniową filtrację w płaszczyźnie wybranego pokładu. W ten sposób ten sam model numeryczny sieci bocznic może opisywać zarówno turbulentny przepływ w wyrobiskach chodnikowych jak i liniową filtrację z zrobach.

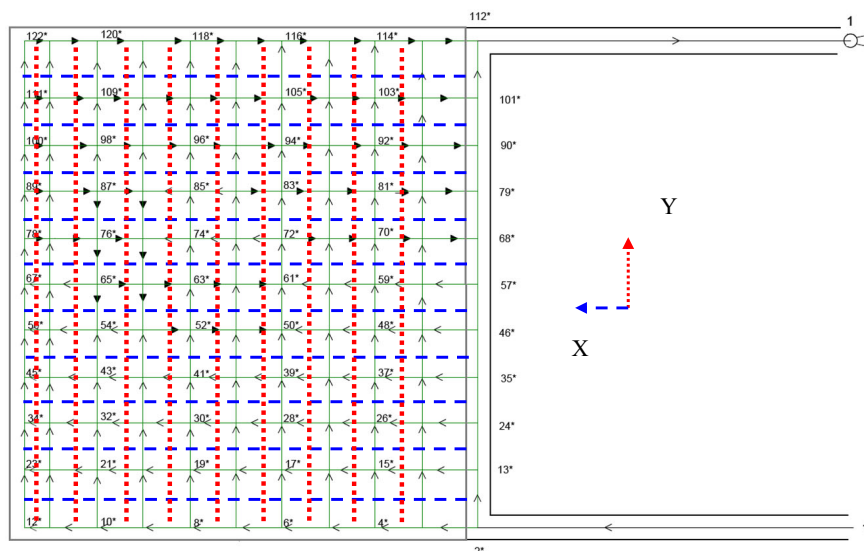
Porównanie z inną metodą numeryczną posłużyło zarówno do weryfikacji poprawności metody jak i pokazania jej ograniczeń, wynikających z przyjętych uproszczeń. Do porównania wybrano metodę objętości skończonej zaimplementowaną w oprogramowaniu ANSYS – Fluent. Odpowiednio do założeń modelu programu VentZroby, obszar obliczeniowy stanowił bardzo uproszczoną, trójwymiarową reprezentację rejonu ściany, w której chodnikom i zrobom odpowiadają prostopadłości. Pominięto wpływ urządzeń w ścianie. Zroby miały jednorodną i izotropową porowatość. Prowadzono obliczenia dla przepływu czystego powietrza.

Analiza porównawcza wykazała istotny wpływ lokalnych zaburzeń przepływu w otoczeniu naroży ściany na rozkłady ciśnienia i prędkości w przyległych rejonach zrobów. Dla weryfikacji programu VentZroby zmodyfikowano model trójwymiarowy, tak by zaburzenia te w nim nie występowały. Osiągnięto zadowalającą zgodność wyników, wskazującą na poprawność weryfikowanego modelu. Dla programu VentZroby zaproponowano metodę lepszej reprezentacji wpływu lokalnych zaburzeń przepływu na rozkład ciśnienia i prędkości w obszarze zrobów poprzez korektę oporów odcinków chodników ściany w otoczeniu naroży. Wyniki zilustrowano wykresami rozkładów ciśnienia i prędkości.

Słowa kluczowe: wentylacja kopalń, sieci wentylacyjne, migracja w zrobach, metoda objętości skończonej, trójwymiarowy opis

1. Wprowadzenie

Rejon ściany wydobywczej wraz z przyległymi zrobami jest obiektem o bardzo złożonej strukturze. Złożoność ta sprawia, że do komputerowego modelowania przepływu powietrza kopalnianego i migracji metanu w tym obszarze są stosowane uproszczone modele. W wyrobiskach chodnikowych często korzysta się z przybliżenia jednowymiarowego przepływu. Dla obszaru zrobów podobny stopień uproszczeń zapewnia dwuwymiarowy opis. Ta metoda reprezentacji wyrobisk została z powodzeniem użyta w programie VentZroby. Program VentZroby jest rozszerzeniem jednowymiarowego modelu przepływu w wyrobiskach kopalnianej sieci wentylacyjnej. Rozszerzenie to obejmuje obszar zrobów zastąpiony przez sieć prostopadłych bocznic reprezentujących liniową filtrację w płaszczyźnie wybranego pokładu. Sieć ta wyróżnia dwa prostopadłe kierunki przepływu, wyróżnione barwnymi liniami na Rys. 1. Jednowymiarowy przepływ w danej bocznicy ma reprezentować filtrację w kierunku jej osi, zachodzącą w otaczającym ją prostopadłościennym fragmencie zrobów. Opory, długości i przekroje bocznic mają być reprezentatywne dla przepuszczalności w kierunku bocznicy, porowatości i geometrii tegoż podobszaru. Podobnie dobiera się własności bocznicy obrazującej filtrację w prostopadłym kierunku. W ten sposób ten sam model numeryczny sieci bocznic może opisywać zarówno turbulentny przepływ w wyrobiskach chodnikowych jak i liniową filtrację z zrobach.



Rys. 1. Koncepcja zrobów w programie VentZroby – sieć bocznic reprezentujących filtrację w prostopadłych kierunkach

Niniejszy artykuł prezentuje wyniki weryfikacji i walidacji programu VentZroby poprzez porównanie z dokładniejszym, trójwymiarowym opisem. Częścią prac przy tworzeniu i wdrażaniu programów symulacyjnych jest ich weryfikacja, walidacja oraz dopasowanie do obiektu.

- Weryfikacja rozumiana jest jako sprawdzenie poprawności modeli numerycznych.
- Celem walidacji jest określenie zakresu stosowalności symulatorów i ukazanie rozbieżności między zjawiskami i symulacją.
- Model jest dopasowywany do obiektu, takiego jak system wentylacyjny konkretnej kopalni na podstawie pomiarów *in situ* lub podobieństwa do zbadanych wcześniej obiektów.

Porównanie z inną metodą numeryczną posłużyło zarówno do weryfikacji poprawności metody jak i pokazania jej ograniczeń, wynikających z przyjętych uproszczeń. Do porównania wybrano metodę objętości skończonej zaimplementowaną w oprogramowaniu ANSYS – Fluent.

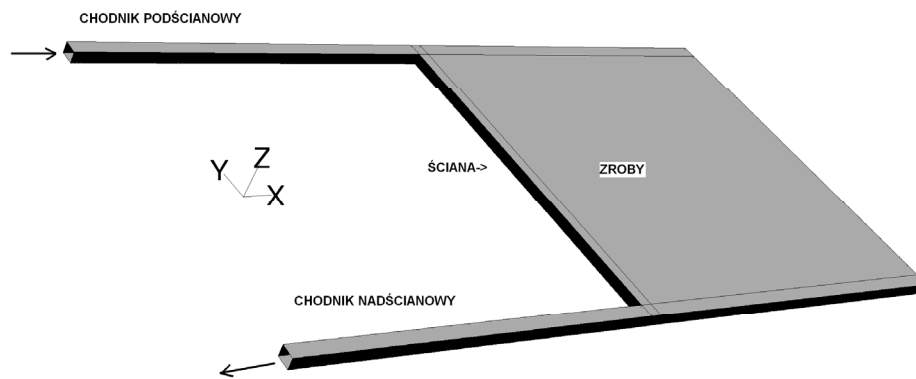
2. Opis obszaru obliczeniowego

Dla danego obszaru obliczeniowego trójwymiarowa wersja metody objętości skończonej wymaga znacznie większych zasobów symulacyjnych niż program VentZroby. Przez zasoby rozumie się zarówno liczbę i wydajność procesorów prowadzących obliczenia jak i czas tych obliczeń. Te wielkości są pewnym stopniem zamienne – prowadząc obliczenia równolegle na wielu procesorach można skrócić ich czas.

Mając na względzie wspomniane wymagania, do obliczeń porównawczych wybrano możliwie najmniejszy podobszar rejonu ściany o rozległości umożliwiającej realizację wymaganej ilości symulacji w przyjętych ramach czasowych. Obejmował on fragment chodnika podścianowego, kanał ściany, zrob i odcinek chodnika nadścianowego

Odpowiednio do założeń modelu programu VentZroby, obszar obliczeniowy stanowił bardzo uproszczoną, trójwymiarową reprezentację rejonu ściany, w której chodnikom i zrobom odpowiadają prostopadłości ściany (Rys. 2). Pominięto wpływ urządzeń w ścianie. Zroby miały jednorodną i izotropową porowatość. Wynosiła ona 50%. Również przepuszczalność była stała i wynosiła 10^6 [$1/m^2$]. Prowadzono obliczenia dla przepływu czystego powietrza.

Przyjęto system przewietrzania na U od granic. Ściana miała długość 100 [m] i wybieg 100 [m]. Wysokość ściany i chodników wynosiła 3 [m]. Rozpatrywane w obliczeniach odcinki chodników pod i nadścianowych miały długość 100 [m]. W pierwszej wersji modelu ich szerokość wynosiła 4 [m] wysokość była równa wysokości ściany. Odpowiednio pole zrobów było poszerzone o zrob chodników nad i podścianowego o przekrojach 3×4 [m]. W dalszych obliczeniach stosowano również wariant o przekroju zgodnym z przekrojem ściany tj. 3×3 [m].

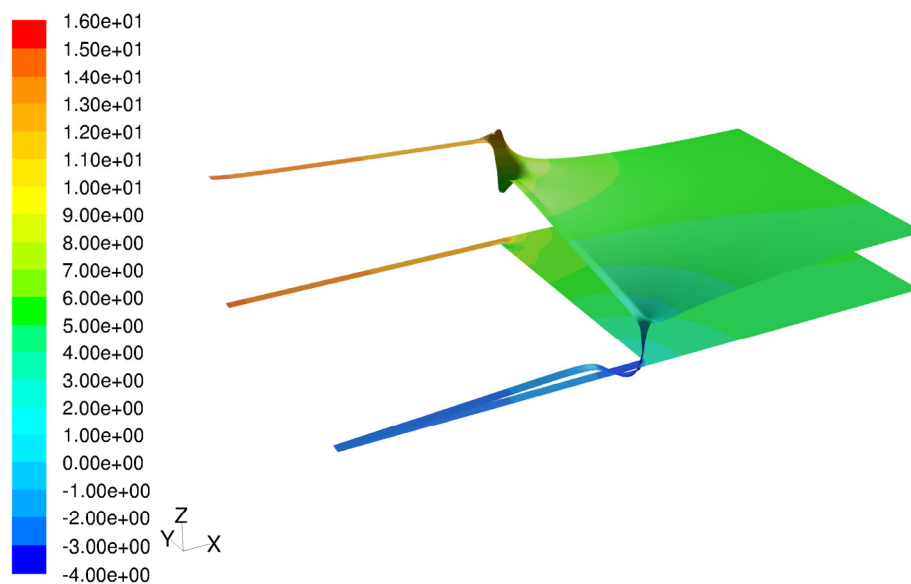


Rys. 2. Trójwymiarowy model rejonu ściany wydobywczej

3. Opis przepływu w trójwymiarowym modelu rejonu ściany

W przekroju wlotowym zadano równomierne pole prędkości, odpowiednio do zadanej średniej prędkości w ścianie. Wyrównanie profilu prędkości następowało na odcinku wlotowym o długości rzędu kilku średnic hydraulicznych przekroju chodnika.

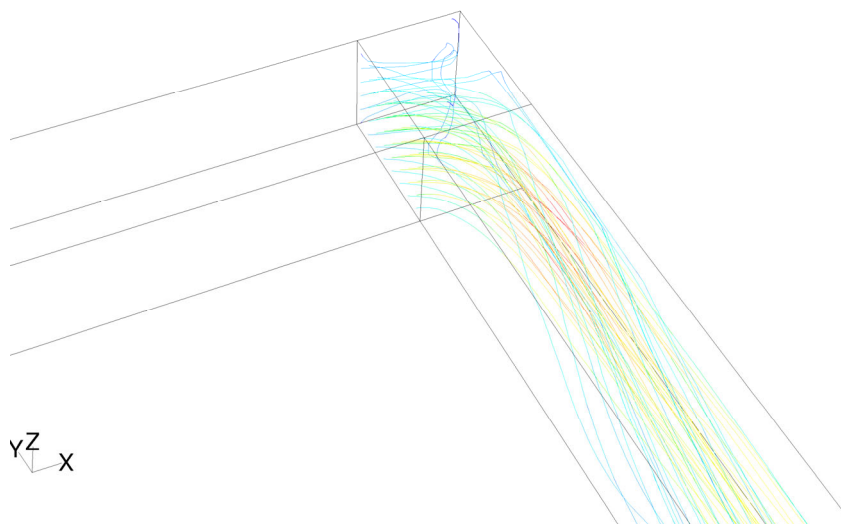
Rozkłady ciśnienia statycznego poziomej płaszczyźnie symetrii modelu przedstawiono na Rys. 3. Obserwując wartości ciśnień w osi wyrobisk chodnikowych przedstawione na można stwierdzić iż poza obszarem wlotowym i otoczeniem górnego i dolnego skrzyżowania spadek ciśnienia był liniowy (Rys. 9). Pozwoliło to na wyznaczenie jednostkowego oporu wyrobisk. Opory lokalne związane z zaburzeniami przepływu można było oszacować na podstawie strat ciśnienia występujących w ich otoczeniu.



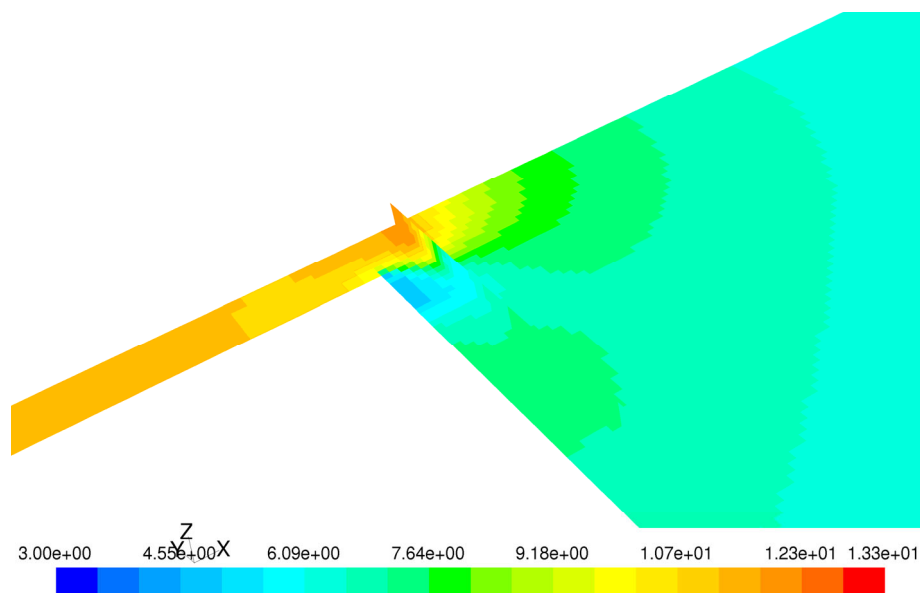
Rys. 3. Rozkład ciśnienia statycznego w poziomym przekroju modelu rejonu ściany

Po wpłynięciu do dolnego skrzyżowania powietrze zmienia kierunek przepływu o 90 stopni a przekrój zawęża się z 12 do 9 m². Powoduje to stratę ciśnienie porównywalną z całkowitą stratą w kanale ściany.

Podobne zjawisko zachodzi w na wylocie ze ściany – w dolnym skrzyżowaniu również następuje zmiana kierunku przepływu o 90 stopni, jednak zamiast kontrakcji struga wpływa do wyrobiska o większym przekroju (Rys. 6 i Rys. 7). Jednak ten wzrost przekroju nie kompensuje wpływu zmiany kierunku, która generuje straty ciśnienia o podobnej wielkości (Rys. 9). Zwiększony przekrój wydłuża odcinek, na którym struga wypełnia cały chodnik nadścianowy. Od tego miejsca spadek ciśnienia jest liniowy i występuje w pełni rozwinięty profil prędkości.



Rys. 4. Zmiana kierunku przepływu w dolnym narożu – przebieg linii prądu

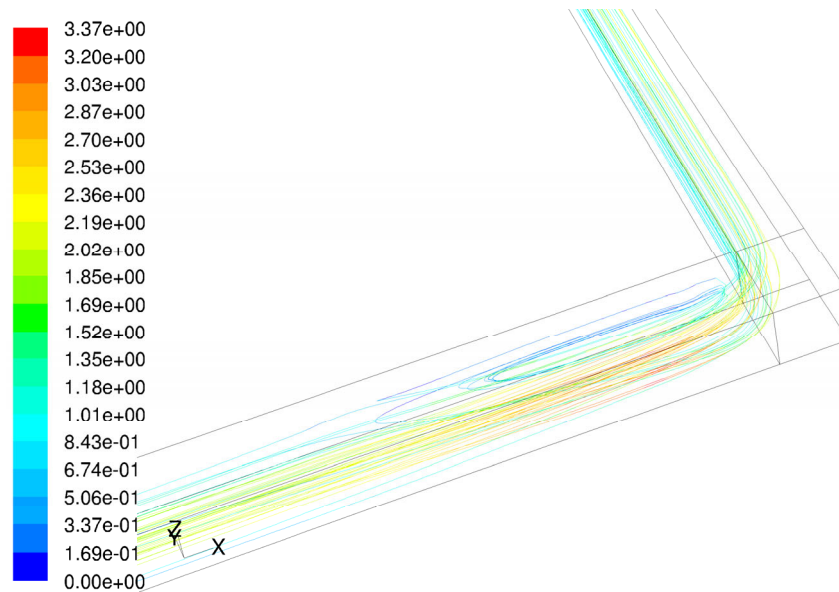


Rys. 5. Zmiana kierunku przepływu w dolnym narożu – rozkłady ciśnienia w połowie wysokości ściany i na granicy zrobów

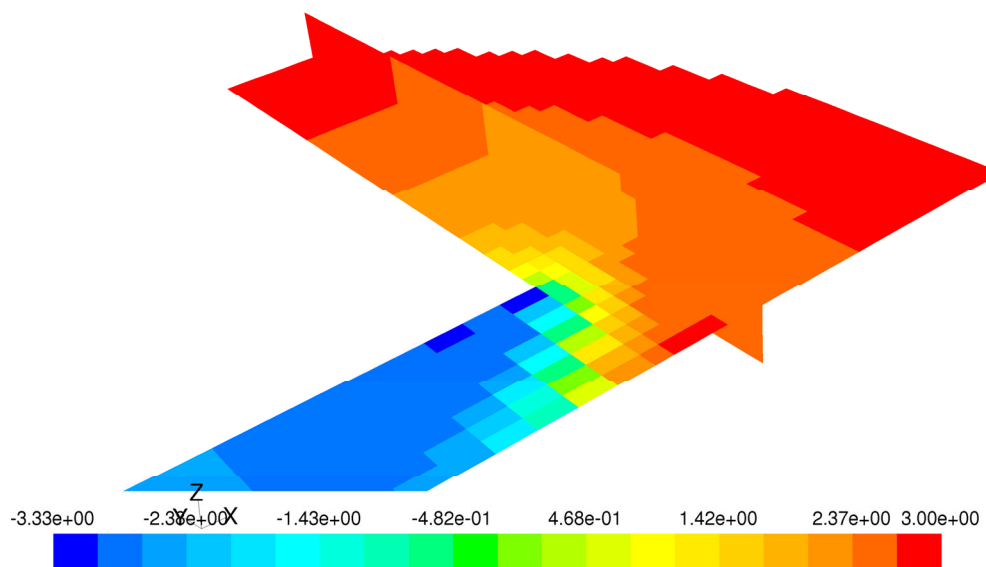
Opisane tutaj zjawiska mają wpływ na rozkład ciśnienia w zrobach, szczególnie w obszarach przyległych do kanału ściany. Odpowiednio ciśnienia będą wpływały na pole prędkości filtracji i w konsekwencji na poziom zagrożenia metanowego i pożarowego w przyległych zrobach.

Wiedza o lokalnych zaburzeniach przepływu jest też przydatna dla wyboru właściwych miejsc dla pomiarów ciśnień przy wyznaczaniu oporów wyrobisk w rejonie ściany. Celem trójwymiarowych symulacji było odniesienie się do dwuwymiarowego modelu z programu VentZroby. W szczególności opory bocznic miały być dobrane na podstawie obliczeń w trójwymiarowym modelu. Występowanie lokalnych zaburzeń przepływu stworzyło trudności w dopasowaniu porównywanych opisów. Przy analizie pierwszych wyników zwrócono uwagę na rozkład ciśnień wzdłuż osi wyrobisk. Tylko fragmentarycznie występuje w nim liniowy spadek właściwy dla straty naporu wskutek oporów turbulentnego przepływu. Stwarza to problemy z określeniem oporów wyrobisk. Dodatkowo można podejrzewać iż porównywane modele będą miały odmienne warunki na brzegach zrobów. Odchylenia od liniowego trendu spadku ciśnienia mogą być spowodowane:

- Rozwijaniem się pola prędkości, wynikłym z założenia płaskiego profilu na wlocie
- Zmianą kierunku przepływu na skrzyżowaniach chodników i ściany
- Kontrakcją przepływu wynikłą z różnicy pól przekrojów chodników (12 m^2) i ściany (9 m^2).



Rys. 6. Zmiana kierunku przepływu w górnym narożu – przebieg linii prądu



Rys. 7. Zmiana kierunku przepływu w dolnym narożu – rozkłady ciśnienia w połowie wysokości ściany i na granicy zrobów

4. Wielowariantowa analiza trójwymiarowego przepływu powietrza w rejonie ściany

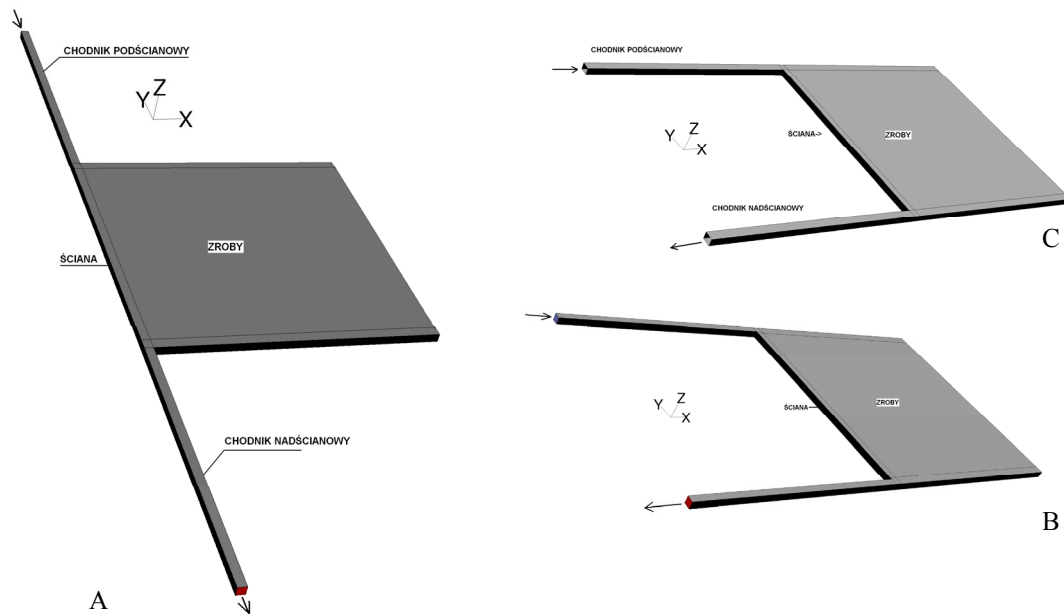
Zdecydowano o przeprowadzeniu dodatkowej serii obliczeń dla zmodyfikowanych modeli trójwymiarowych. Modyfikacje opisu miały na celu:

- rozdzielenie wpływu zmiany kierunku przepływu i kontrakcji (zmniejszenia) przekroju na wlocie do ściany
- określenie na ile odchylenia te zależą od wydatku przepływu przez ścianę – czy można dobrać ich charakterystykę zastępczą i implementować ją w programie VentZroby?
- jaki jest zasięg wpływu na pole prędkości w zrobach?
- jak różnice te wpływają na rozkłady stężeń metanu w zrobach i chodnikach ściany?

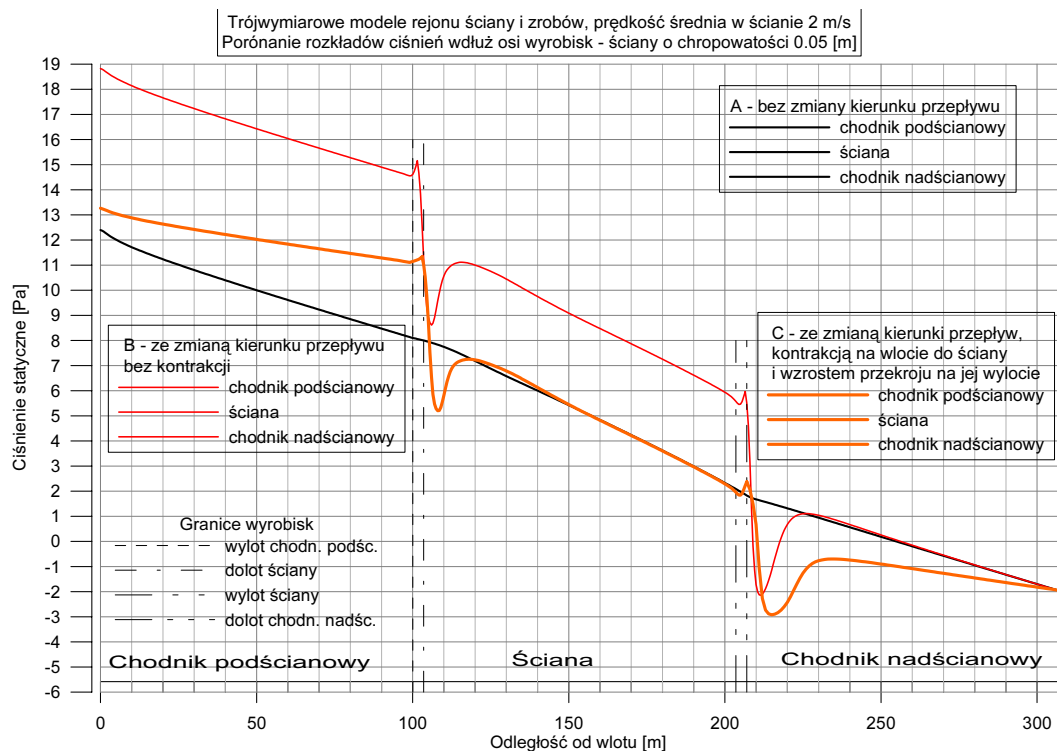
Prowadząc wielowariantową analizę zrealizowano obliczenia dla trzech rodzajów geometrii:

- Wariantu bez zmiany kierunku przepływu i kontrakcji, przedstawionego na Rys. 8A
- Modelu ze zmianą kierunku przepływu lecz bez kontrakcji przepływu (wymiary przekroju chodników pod i nadścianowego zredukowano do identycznych z przekrojem kanału ściany, patrz Rys. 8B)
- Standardowego modelu ze zmianą kierunku przepływu (Rys. 8C)

W każdym z przypadków porównywano wyniki dla dwóch wartości średniej prędkości w ścianie – 2 i 3 m/s oraz dla gładkich ścian i chropowatości 0.05 [m].



Rys. 8. Geometrie wariantów obliczeniowych: A – bez kontrakcji i zmiany kierunku przepływu, B – ze zmianą kierunku przepływu, C – bez kontrakcji i zmiany kierunku przepływu



Rys. 9. Rozkłady ciśnienia statycznego w osi chodników ścianowych i kanału ściany

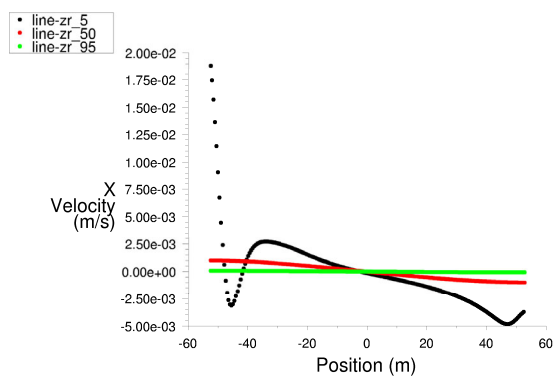
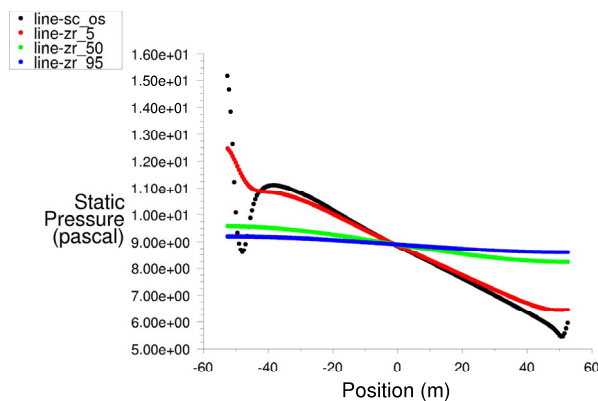
Pierwszy z wariantów najbardziej odbiega od rzeczywistości, jednak najpełniej odpowiada typowym warunkom brzegowym dla modeli zrobów w programie VentZroby i przez to najlepiej nadaje się do weryfikacji tegoż programu.

Różnice między rozpatrywanymi wariantami są widoczne na wykresach rozkładów ciśnienia przedstawionych na

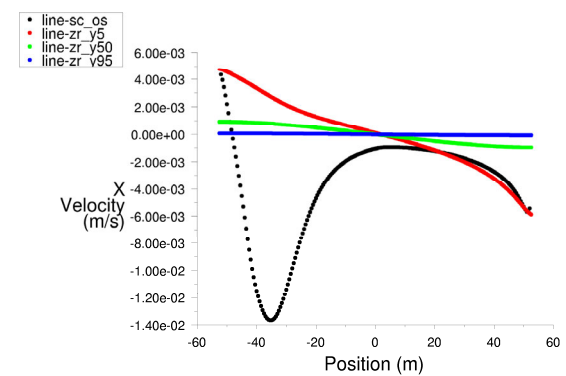
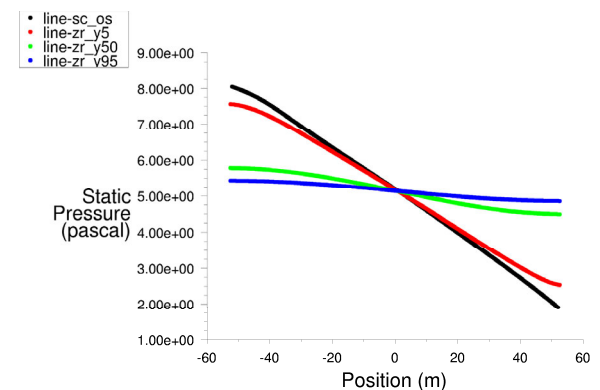
Ograniczenie przekroju w wariacie B powoduje wzrost oporu chodników pod i nadścianowego. W efekcie rosną starty ciśnienia, podczas gdy wpływ zmiany kierunku przepływu jest niemal identyczny. W otoczeniu dolnego i górnego skrzyżowania ściany i chodników następuje zawężenie strugi. Z tego względu rozkład ciśnienia przypomina przebieg typowy dla przewężenia przepływu, takich jak kryzy. Występuje w nim najpierw nieznaczny wzrost, potem duży spadek a następnie część straconego ciśnienia jest odzyskiwana gdy struga zwalnia wypełniając cały przekrój wyrobiska. W trzecim wariacie przebieg ciśnienia jest malejący do wlotu do wylotu. W tym przypadku filtracja w zrobach jest wymuszana wyłącznie przez gradient ciśnienia traconego na oporze ściany, podczas gdy w dwóch bardziej realistycznych wariantach w otoczeniu wlotu i wylotu ściany na filtrację wpływają dodatkowo znacznie większe gradienty ciśnienia. Różnice w rozkładach ciśnień i prędkości przedstawiono na Rys. 10.

Nasuwa się pytanie czy w ramach uproszczeń stosowanych w programie VentZroby jest możliwa modyfikacja parametrów dająca pewną reprezentację wpływu tych lokalnych zaburzeń na filtrację. W dalszej części artykułu zostanie przedstawiona propozycja zmiany, która pozwala częściowo uwzględnić ten wpływ.

Wariant B



Wariant A



Rys. 10. Porównanie rozkładów ciśnień i prędkości w zrobach – dla zadań o chropowatości ścian 0.05 [m] bez kontrakcji przepływu – wpływ zmiany kierunku

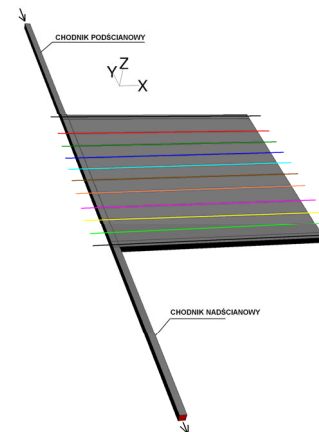
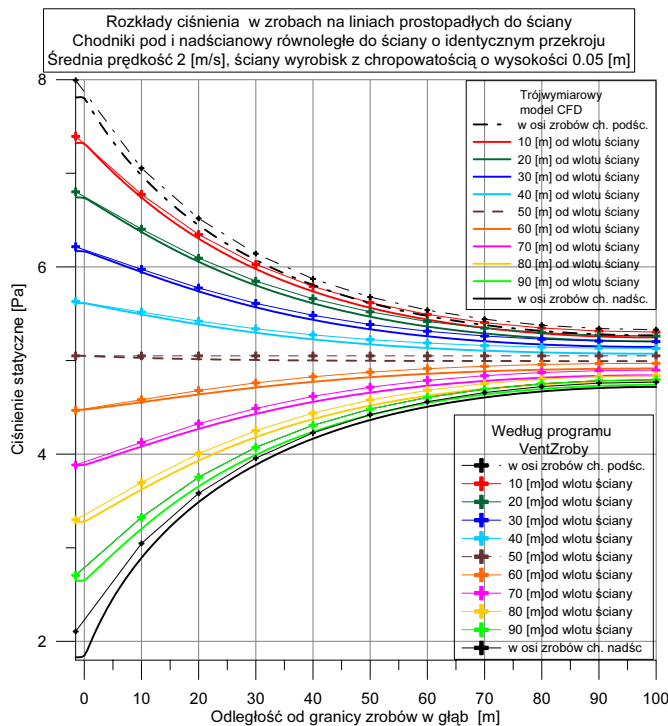
5. Wyniki obliczeń weryfikujących prostszy z modeli zrobów

Do porównania wybrano wariant C z Rys. 8., który jest najbliższy typowej reprezentacji rejonu ściany w programie VentZroby. Parametry przyjęte względnie obliczone dla trójwymiarowego opisu decydowały o wartościach parametrów charakteryzujących weryfikowany model. Z tego względu należało wprowadzić

w nim stosowne modyfikacje. Domyślne wartości przekrojów i oporów bocznic obrazowały obszar zawału o zróżnicowanej miąższości, porowatości i przepuszczalności. W trójwymiarowym modelu numerycznym wysokość zrobów, ich porowatość i przepuszczalność były stałe dla całego obszaru. Z tego względu należało dopasować parametry bocznic w weryfikowanym modelu, nadając im stałe przekroje, porowatości i przepuszczalności (Rys. 11). Wartości oporów chodników pod i nadścianowego oraz kanału ściany dobrano na podstawie obliczonego spadku ciśnienia.

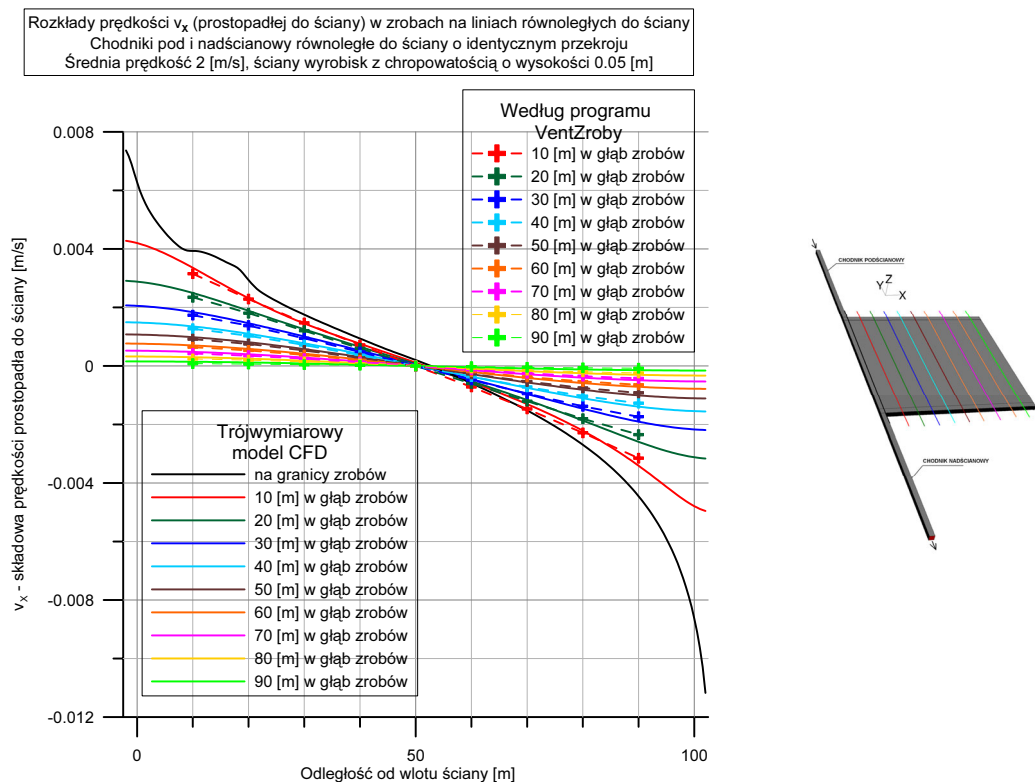


Rys. 11. Opory bocznic dla zrobów o jednorodnej przepuszczalności

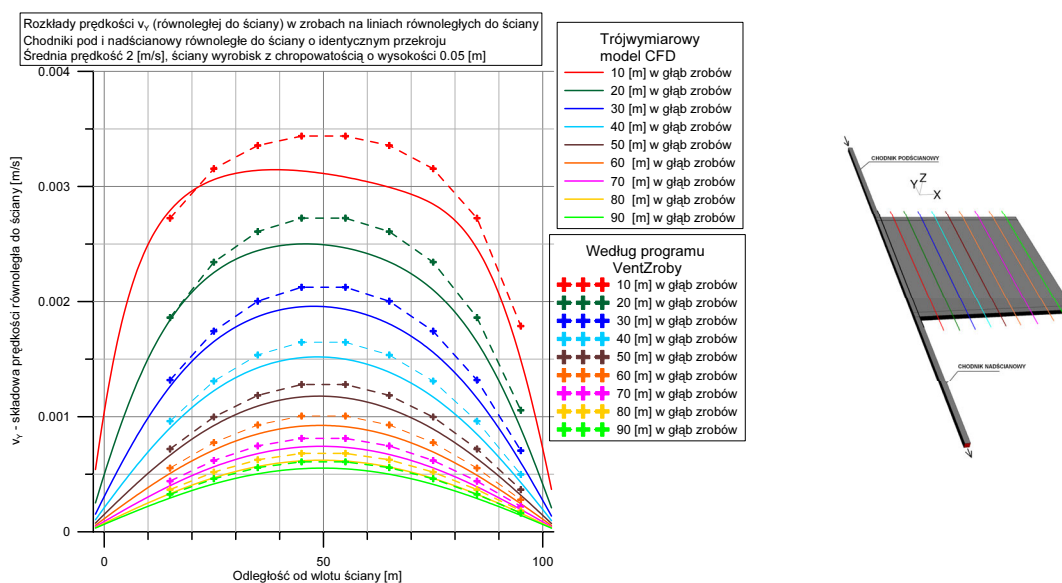


Rys. 12. Rozkłady ciśnienia w zrobach na liniach prostopadłych do ściany. Chodniki pod i nadścianowy równoległe do ściany o identycznym przekroju

Porównanie wyników obliczeń przedstawiono na Rys. 12, 13 i 14. Widać na nich dobrą zgodność nie tylko dla ciśnień ale i prędkości filtracji. Szczególnie dotyczy to składowych prostopadłych do ściany, podczas gdy składowe równoległe różnią się bardziej. Rozwiązanie dokładniejszą metodą symulacji wykazuje asymetrię wynikającą z lokalnych zjawisk przepływowych, niemożliwych do odtworzenia przez uproszczony model VentZrobów.



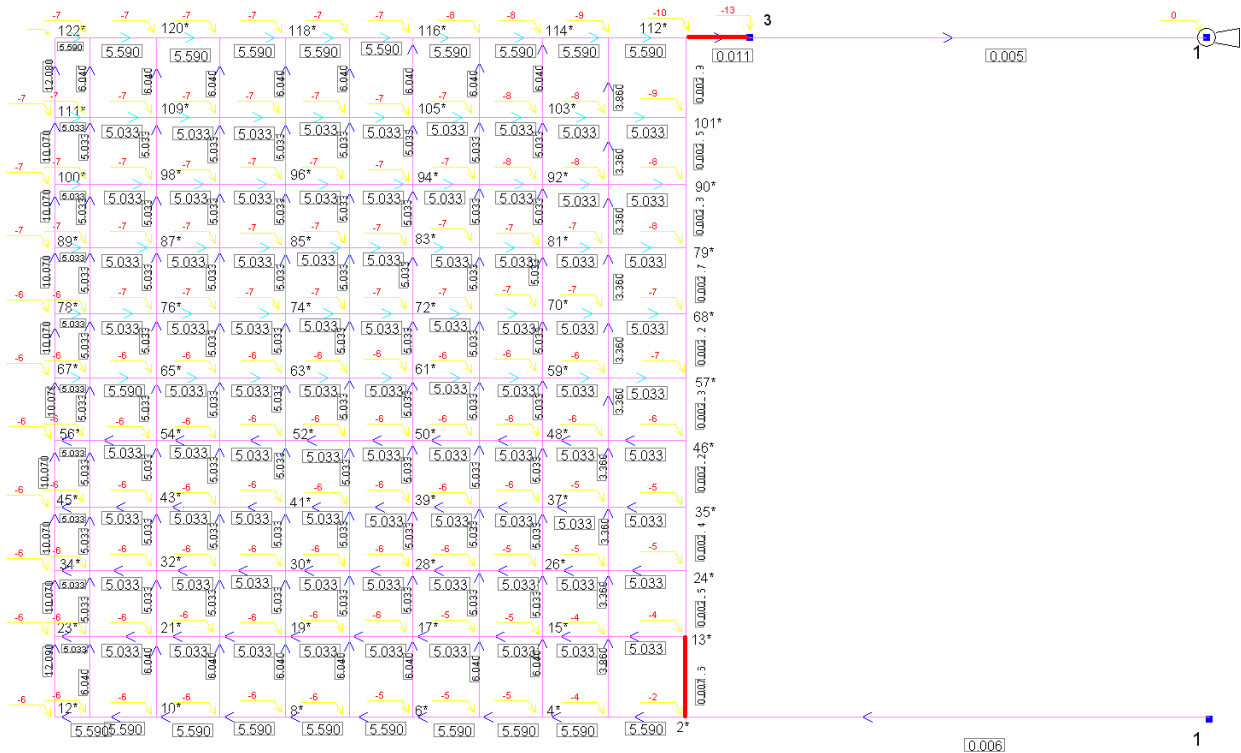
Rys. 13. Rozkłady składowej prędkości prostopadłej do ściany (V_x) w zrobach na liniach równoległych do ściany. Chodniki pod i nadścianowy równoległe do ściany o identycznym przekroju



Rys. 14. Rozkłady składowej prędkości równoległej do ściany (V_y) w zrobach na liniach równoległych do ściany. Chodniki pod i nadścianowy równoległe do ściany o identycznym przekroju

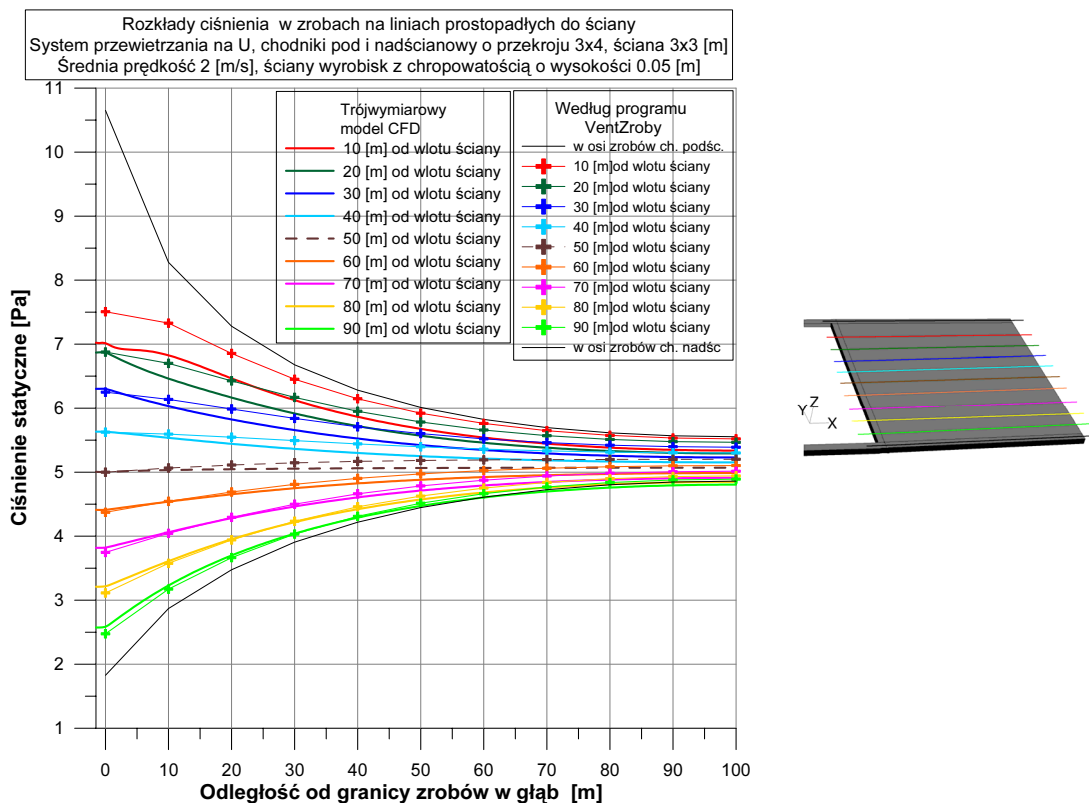
6. Metoda reprezentacji wpływu lokalnych strat ciśnienia na pole prędkości w zrobach w programie VentZroby

Zmiany kierunku przepływu na wlocie i wylocie ściany powodują powstanie w otoczeniu tych miejsc lokalnych strat ciśnienia. Wpływają one na pole prędkości w przyległych zrobach. Zasięg tych wpływów zależy od prędkości przepływu powietrza w ścianie i przepuszczalności zrobów. Modyfikując opory bocznic w pobliżu zaburzeń przepływu można upodobnić rozkład ciśnień na brzegu zrobów do przebiegu wyliczonego dla trójwymiarowego przepływu, pokazanego na Rys. 9. Dopasowanie to zrealizowano poprzez zwiększenie oporów bocznic 2*-13 i 112*-3. (Rys. 15)

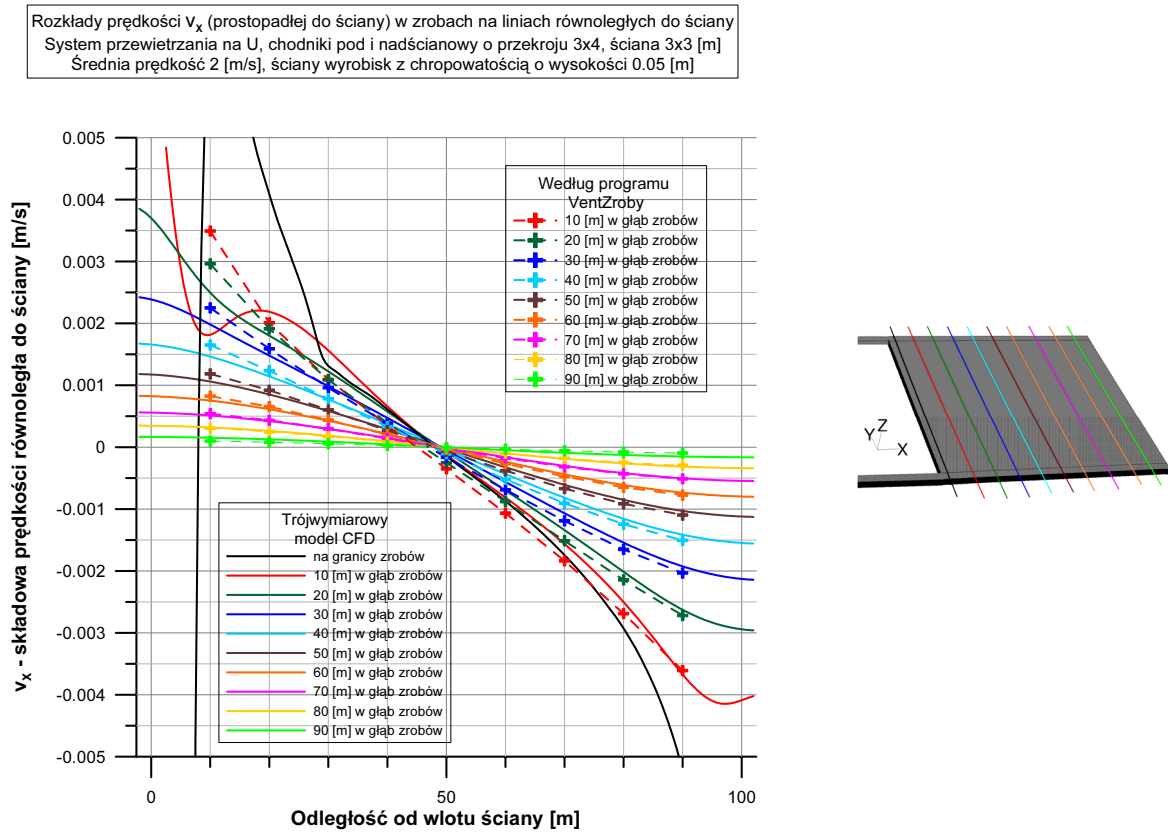


Rys. 15. Model uwzględniający lokalne straty ciśnienia na wlocie i wylocie ściany poprzez zwiększenie oporów bocznic 2*-13 i 112*-3

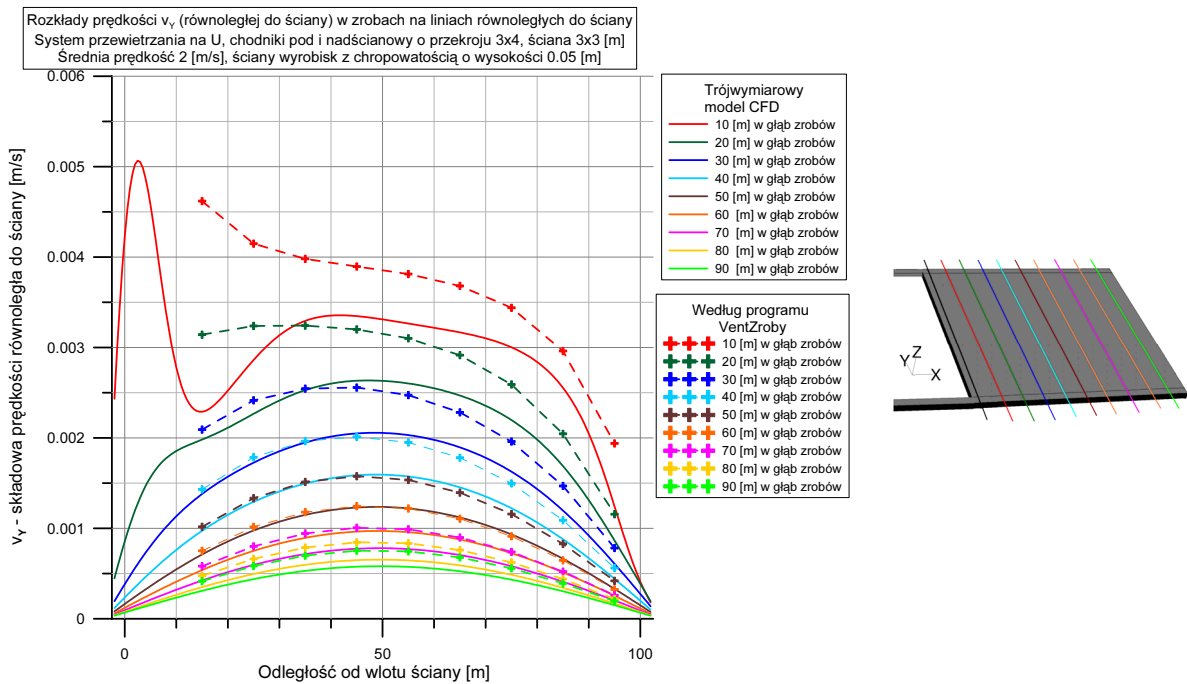
Jednak w ramach koncepcji jednowymiarowego przelewu trudno jest wiernie odtworzyć rozkład ciśnień z Rys. 9. Zwiększony opór odpowiada całkowitej stracie ciśnienia, nie uwzględniając tego, iż strata ta jest wypadkową początkowego nieznacznego wzrostu, następnie gwałtownego spadku i na koniec ponownego łagodnego wzrostu ciśnienia, które następuje gdy struga zwalnia wypełniając cały przekrój wyrobiska. Słabsze dopasowanie warunków brzegowych powoduje większe rozbieżności ilościowych charakterystyk przepływu przedstawionych na Rys. 16, 17. i 18. Mimo tych rozbieżności, wynikających z uproszczeń jednowymiarowego przepływu, modyfikacja oporów wyrobisk daje możliwość znacznie lepszego zadania warunków brzegowych dla filtracji w obszarach zrobów przyległych do wlotu i wylotu ze ściany.



Rys. 16. Rozkłady ciśnienia w zrobach na liniach prostopadłych do ściany



Rys. 17. Rozkłady składowej prędkości prostopadłej do ściany (v_x) w zrobach na liniach równoległych do ściany



Rys. 18. Rozkłady składowej prędkości równoległej do ściany (V_y) w zrobach na liniach równoległych do ściany

7. Podsumowanie

Oryginalna koncepcja programu VentZroby pozwoliła na zastosowanie modelu numerycznego nie tylko do symulacji przepływu w sieci wyrobisk chodnikowych, ale również do opisu migracji w zrobach ścian wydobywczych, traktowanych jako ośrodek dwuwymiarowy. Program VentZroby umożliwia przeprowadzenie rozbudowanej analizy w oparciu o wielowariantowe obliczenia.

Porównanie symulacji dla jedno i trójwymiarowych modeli przepływu w rejonie ściany potwierdziło poprawność modelu numerycznego programu VentZroby w zakresie turbulentnego przepływu w wyrobiskach chodnikowych i liniowej filtracji w zrobach. Pokazano również zakres ograniczeń, wynikających z przyjętych uproszczeń. Wiedza ta jest przydatna dla prawidłowej interpretacji wyników symulacji.

Analiza porównawcza wykazała istotny wpływ lokalnych zaburzeń przepływu w otoczeniu naroży ściany na rozkłady ciśnień i prędkości w przyległych rejonach zrobów. Dla weryfikacji programu VentZroby zmodyfikowano model trójwymiarowy, tak by zaburzenia te w nim nie występowały. Osiągnięto zadowalającą zgodność wyników, wskazującą na poprawność weryfikowanego modelu. Dla programu VentZroby zaproponowano metodę lepszej reprezentacji wpływu lokalnych zaburzeń przepływu na rozkład ciśnień i prędkości w obszarze zrobów poprzez korektę oporów odcinków chodników ściany w otoczeniu naroży.

Praca została wykonana w roku 2010 w ramach prac statutowych realizowanych w IMG PAN w Krakowie, finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura

- Balusu R., Humpries P., Harrington P., Wendt M., Xue S., 2002. *Optimum Inertisation Strategies*. Proceedings of Queensland Mining Industry Health & Safety Conference, Townsville, Australia 4-7 August 2002, p. 133-144.
- Balusu R., Chaudari S., Harvey T., Ren T., 2005. *An Investigation of Air and Dust Flow Patterns Around the Longwall Shearer*. Proceedings of the 8th International Mine Ventilation Congress, Brisbane Australia, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, p. 135-142.
- Branny M., 2006. *Computer Simulation of Flow of Air and Methane Mixture in the Longwall – Return Crossing Zone*. Arch. Min. Sci., Vol. 51, No 1, p. 133-145.
- Brady D., Harrison P., Bell, S. 2009. *20 Years of Onsite Gas Chromatographs at Queensland Underground Coal Mines*. Proceedings of the Ninth International Mine ventilation Congress, India, p. 987-998.

5. Cimr A., Wasilewski S., Przystolik A., 2006. *Możliwości oceny stanu atmosfery w zrobach z wykorzystaniem metanometrii automatycznej*. Materiały 4 Szkoły Aerologii Górniczej, Kraków, s. 509-518.
6. Cybulski K., Krause E., Wierzbiński K., 2008. *Modelling of methane concentration distribution in region of ventilation roadway crossing with longwall*. Proc. of the 21st World Mining Congress, Underground Mine Environment, p. 29-40.
7. Dziurzyński W., Krach A., Krawczyk J., Pałka T., 2008. *The flow of humid air in the ventilation network of a mine with an underground fire*. Arch. Min. Sci., Monogr., No 4, p. 112.
8. Dziurzyński W., Pałka T., 2009. *Rozptyw powietrza, metanu i gazów pożarowych w rejonie ściany F-22 pokład 405/1 w KWK Borynia przed wybuchem metanu*. Materiały 5 Szkoły Aerologii Górniczej, Wrocław, s. 19-32.
9. Karacan C.Ö., 2009. *Reservoir Engineering Considerations for Coal Seam Degasification and Methane Control in Underground Coal Mines*. Proceedings of the Ninth International Mine ventilation Congress, India, p. 505-516.
10. Krawczyk J., Wasilewski S., 2009. *Migration of Methane into Longwall and Tailgate Crossing*. Proceedings of the Ninth International Mine ventilation Congress, India, p. 483-493.
11. Skotniczny S., 2008. *Three-dimensional Distribution of Temperature and Gas Concentration in Longwall Drifts Accompanying the Phenomenon of Self-combustion of Coal Deposited in Longwall Goaf*. Arch. Min. Sci., Vol. 53, No 2, p. 235-255.
12. Szluzak J., Szluzak N., Obracaj D., Borowski M., 2009. *Method of Determination of Methane Concentration in Goaf*. Proceedings of the Ninth International Mine ventilation Congress, India, p. 533-544.
13. Tauzide C., Mouilleau Y., Bonet R., 1993. *Modelling of gas flows in the goaf of retreating faces*. 25th International Conference of Safety in Mines Research Institutes, Pretoria, South Africa 1993.

Verification of procedures in the program VentZroby based on CFD approach

Comparison studies were performed for the face region with the abutting goaf. The numerical model applied in the program VentZroby is compared with a 3D description by the finite volume method. The program VentZroby is an extension of a 1D model of gas flow in a ventilation network in a mine, incorporating the goaf region replaced by the network of perpendicular branches, representing linear filtration in the plane determined by the given coalbed. Thus, the same numerical model of branches can be both used to handle turbulent flows in mine headings as well as linear filtration processes in the goafs.

Comparison with another numerical method is made to verify the adequacy of the method and to reveal its limitations, resulting from the simplifying assumptions. The Finite volume method is chosen for comparison, implemented in the ANSYS software. In accordance with the assumptions underlying VentZroby, the target area was a simplified 3D representation of the face region and mine headings and goaf are represented by parallelograms. The impacts of the face equipment is neglected. Porosity of goaf is assumed to be homogeneous and isotropic. Calculations were performed for the flow of clean air.

The comparative analysis revealed the major influence of local flow disturbances in the vicinity of face corners on pressure and velocity distributions in the abutting goaf regions. To verify the program VentZroby, a 3D model was modified such that those flow disturbances should not occur. The results agree sufficiently well, evidencing the adequacy of the model being verified. To better represent the impacts of local flow disturbances on pressure and velocity distributions in the goaf regions a method is suggested whereby the flow resistances of the face sections in the corner areas should be corrected accordingly. The results are completed with pressure and velocity distribution plots.

Keywords: mine ventilation, ventilation systems, gas migration in goaf, finite volume method, 3D description