



12

**SZKOŁA AEROLOGII GÓRNICZEJ
KOMITET GÓRNICTWA PAN
TARGANICE**

12-14 czerwca 2024



Wykorzystanie obliczeń rozplywu powietrza w sieci wentylacyjnej kopalni metanowej jako narzędzie do wspomagania decyzji o zmianach w jej strukturze

Nikodem Szlązak
Marek Korzec



**WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
i GOSPODARKI ZASOBAMI**

*projekt badawczy finansowany ze środków programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” w AGH /
referat zrealizowano częściowo w ramach subwencji nr 16.16.100.215*

PLAN PREZENTACJI



- 1. Wprowadzenie**
- 2. Charakterystyka analizowanej kopalni**
- 3. Odwzorowanie struktury sieci wentylacyjnej**
- 4. Rozpływ powietrza przed dokonaniem zmian**
- 5. Rozpływ powietrza po zmianach**
- 6. Podsumowanie i wnioski**

WPROWADZENIE



- Każda kopalnia projektowana jest **dla uzyskania zakładanego poziomu produkcji.**
- Sposób **udostępnienia złoży**, w tym **liczba i funkcje szybów**, **liczba i głębokość poziomów**, ale także **struktura wyrobisk głównych** jest dostosowana do zalegania złoży w obszarze górniczym.
- Z biegiem lat, z uwagi na **stopniowe szczyptywanie się złoży**, wykonuje się w kopalni nowe wyrobiska udostępniające, a często pogłębia szyby i wykonuje nowe poziomy celem udostępnienia nowych partii złoży.
- Z biegiem lat sieć wentylacyjna oraz drogi transportowe ulegają zmianie, a część infrastruktury w takim przypadku **traci na znaczeniu i może zostać zlikwidowana.**
- Szczególnie w przypadku szybów, których znaczenie dla dalszej eksploatacji nie jest perspektywiczne z uwagi na ich lokalizację, głębokość, długości dróg odprowadzenia do nich powietrza, czy też obciążenie istnieje **możliwość uwolnienia złoży zamkniętego w ich filarach.**

WPROWADZENIE



- Likwidacja szybu powoduje **zwiększenie oporu zastępczego sieci i zmniejszenie strumienia powietrza doprowadzanego do kopalni.**
- **Likwidacja szybu i reorganizacja sieci wentylacyjnej kopalni wymaga uważnej analizy. Szczególnie w kopalni, w której występuje zagrożenie metanowe.** W przypadku jeżeli likwidowany szyb pełnił funkcję szybu wydechowego niezbędne jest, dla utrzymania wymaganego wydatku powietrza w sieci, zastąpienie go innym szybem. W tym celu **może zostać wykorzystany inny szyb pełniący dotychczas rolę szybu wdechowego.**
- Na przykładzie KWK X zlokalizowanej w Polsce w GZW przedstawiono **uwarunkowania zmiany funkcji jednego z szybów centralnych z wdechowego na wydechowy, przy uwzględnieniu likwidacji jednego z peryferyjnych szybów wydechowych.** Takie działanie umożliwi uwolnienie zasobów węgla zamkniętego aktualnie w filarze likwidowanego szybu do eksploatacji.

CHARAKTERYSTYKA KOPALNI

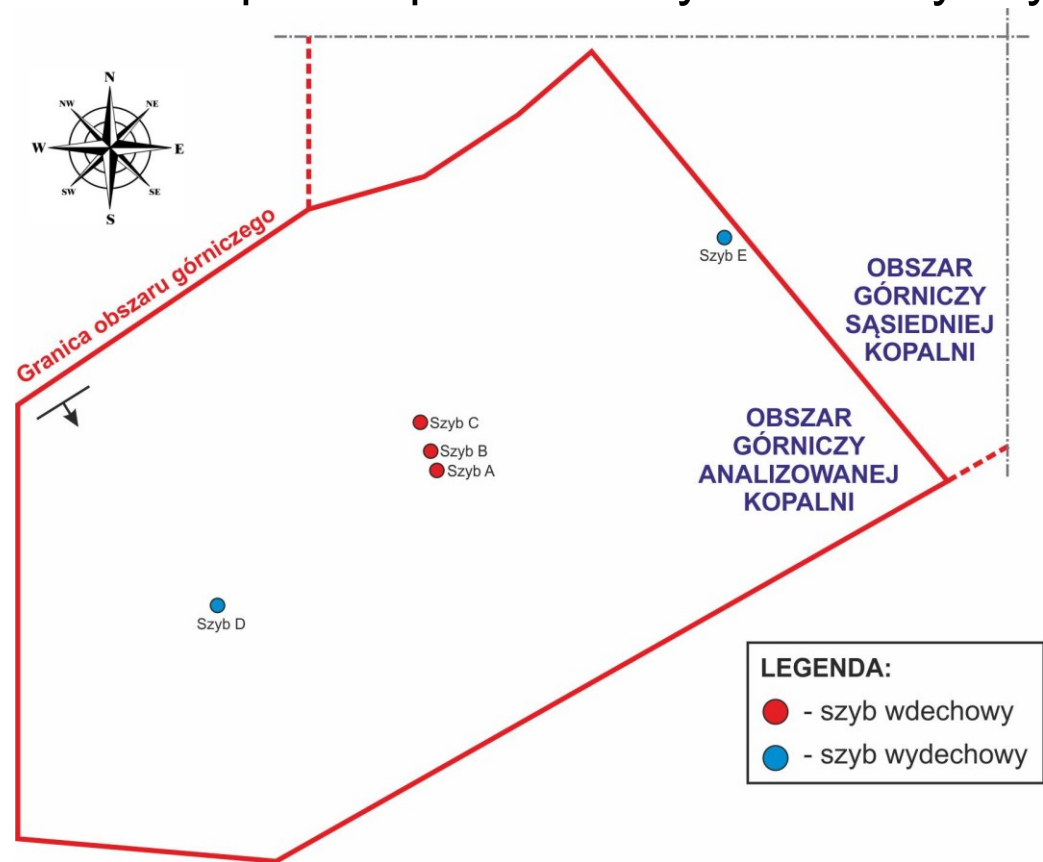


Kopalnia X zlokalizowana jest w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Eksploatacja w kopalni jest prowadzona od ponad 60 lat. Kopalnia posiada czynne wentylacyjne połączenie z kopalnią sąsiednią.

Obszar górniczy - 21,31 km².

Zasoby operatywne - 185,12 mln ton.

Eksploatacja węgla typu 34.2.



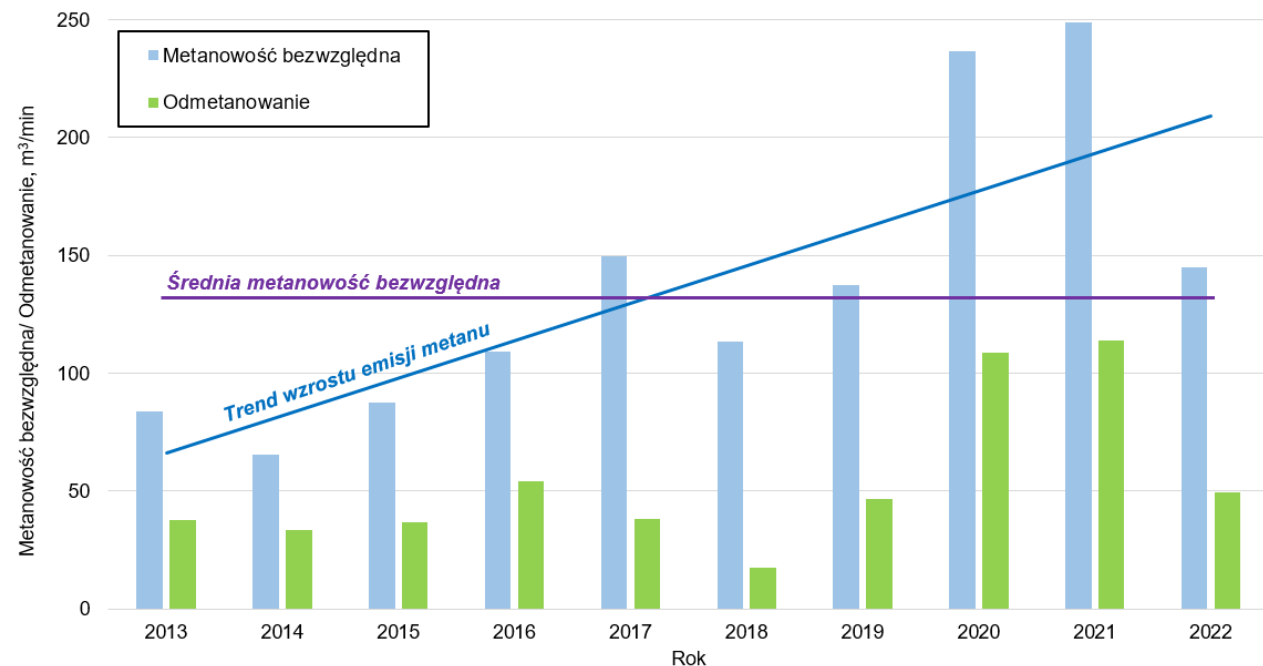
CHARAKTERYSTYKA KOPALNI



Kopalnia X prowadzi eksploatację w pokładach zaliczonych do różnych kategorii **zagrożenia metanowego, od I do IV**. Wyniki badań metanonośności pokładów zalegających poniżej poziomu 650m, w rejonach w których planowana jest dalsza eksploatacja, wykazują **dalszy wzrost metanonośności węgla**.

Pozostałe zagrożenia:

- wyrzutami gazów i skał – II i III kategoria,
- wybuchem pyłu węglowego – klasa B,
- pożarami endogenicznymi – I i II grupa,
- klimatyczne – średnia TPG wynosi:
 - poziom 450 m – 26,4°C,
 - poziom 650 m – 27,2°C,
 - poziom 850 m – 32,4°C,
 - poziom 1050 m wynosi – 39,7°C.
- wodne – I i II stopień,
- tąpniętami – niski i średni poziom zagrożenia.



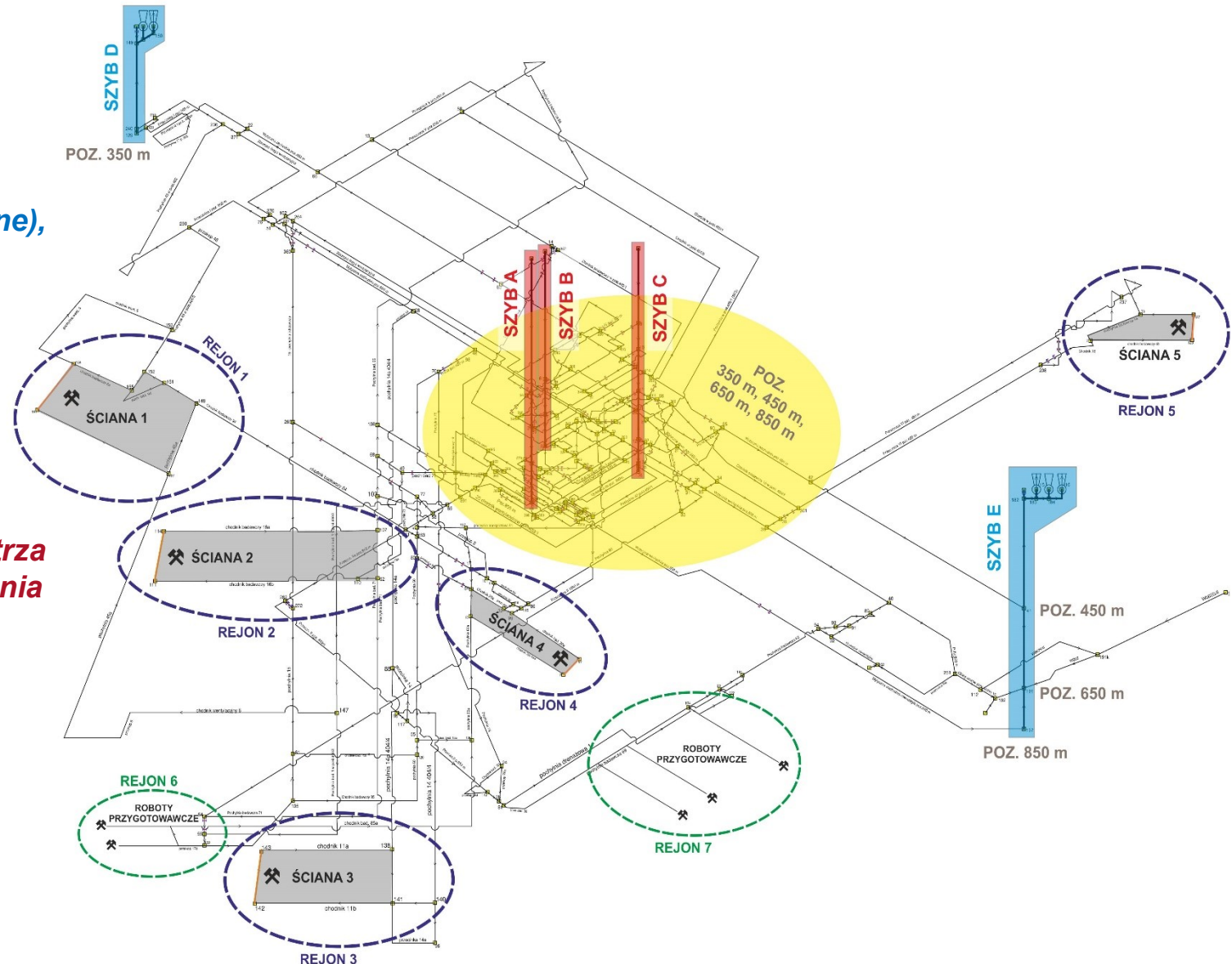
SIEĆ WENTYLACYJNA



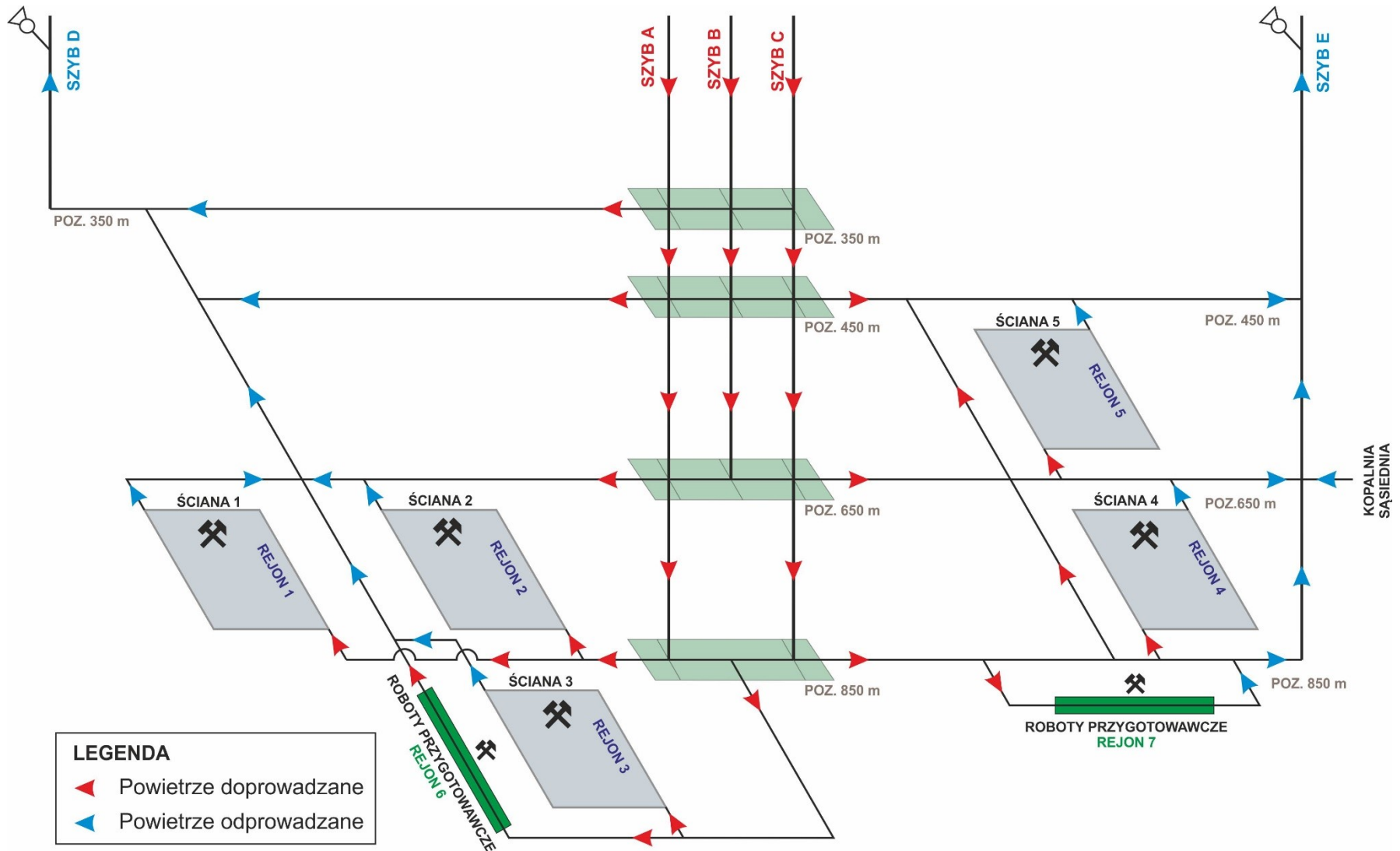
Model sieci:

- 3 szyby wdechowe (centralne),
- 2 szyby wydechowe (peryferyjne),
- 4 poziomy.
- 5 rejonów eksploatacyjnych.
- 2 rejonów przygotowawcze.

Dla uaktualnienia rozplywu powietrza w sieci wentylacyjnej oraz określenia strat naporu na drogach jego przepływu wykonane zostały pomiary wentylacyjne.



SIEĆ WENTYLACYJNA



SIEĆ WENTYLACYJNA

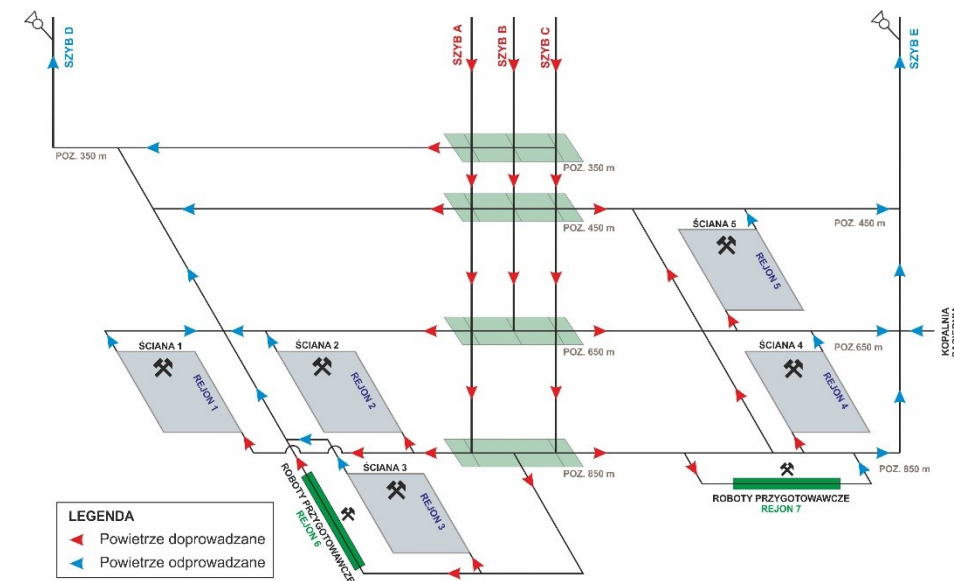


Bilans powietrza doprowadzanego

Poziom, roboty górnicze	Strumień objętościowy powietrza			Łącznie na poziom	Procent całkowitej ilości powietrza
	Szyb A	Szyb B	Szyb C		
	m³/min				
Poziom 350m	300	50	50	400	1,5
Poziom 450m	600	800	200	1600	6,1
Poziom 650m	2550	2950	2550	8050	30,8
Poziom 850m	6450	-	4600	11050	42,3
SUMA	9900	3800	7400	-	-
Wydatek objętościowy powietrza dopływającego do kopalni szybami, m³/min				21100	80,8
Wydatek objętościowy powietrza doprowadzany z sąsiedniej kopalni, m³/min, m³/min				5000	19,2
RAZEM				26100	100,0

Bilans powietrza odprowadzanego

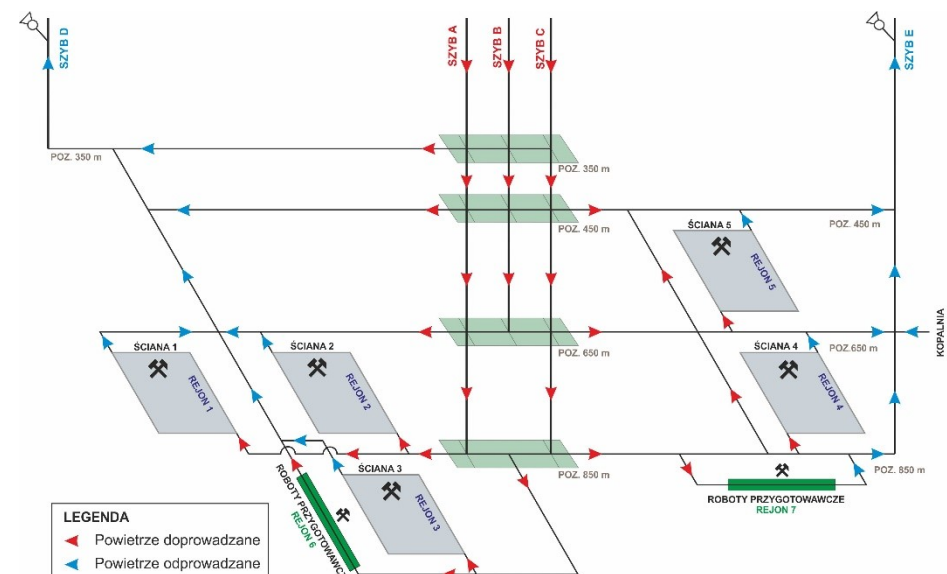
Poziom	Strumień objętościowy powietrza		Łącznie z poziomu	Procent całkowitej ilości powietrza
	Szyb D	Szyb E		
	m³/min			
350m	8000	-	8000	30,7%
450m	-	4450	4450	17,0%
650m	-	13150	13150	50,4%
850m	-	500	500	1,9%
RAZEM	8000	18100	26100	100%





Bilans powietrza do robót górniczych

Rejon wentylacyjny	Strumień powietrza doprowadzanego	
	Rejon	Ściana
	m ³ /min	
Ściana 1	1550	1200
Ściana 2	2650	1200
Ściana 3 (zbrojenie)	1100	650
Ściana 4	1350	950
Ściana 5	1500	900
Razem (do rejonów ścian)	8150	4900
Wyrobiska przygotowawcze (niezależny prąd powietrza)	4800	-
Razem (ekspl. + przyg.)	12950	-



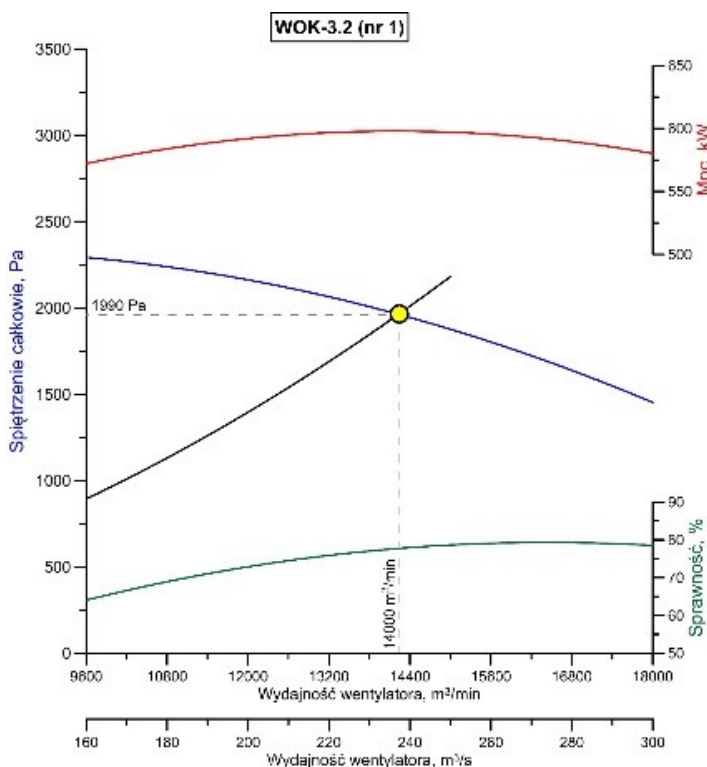
- Do robót górniczych doprowadzane jest **12950 m³/min** powietrza.
- **8150 m³/min** doprowadzane jest do rejonów ścian, a **4800 m³/min** do rejonów prowadzenia robót przygotowawczych, które przewietrzane są niezależnym prądem powietrza.
- Około **61%** powietrza doprowadzanego do kopalni szybami jest doprowadzane do rejonów prowadzenia robót.

- Około **4000 m³/min** doprowadzane jest do przewietrzania komór funkcyjnych, co stanowi około **19%**.
- Reszta powietrza stanowi straty w prądach grupowych i rejonowych.

SIEĆ WENTYLACYJNA

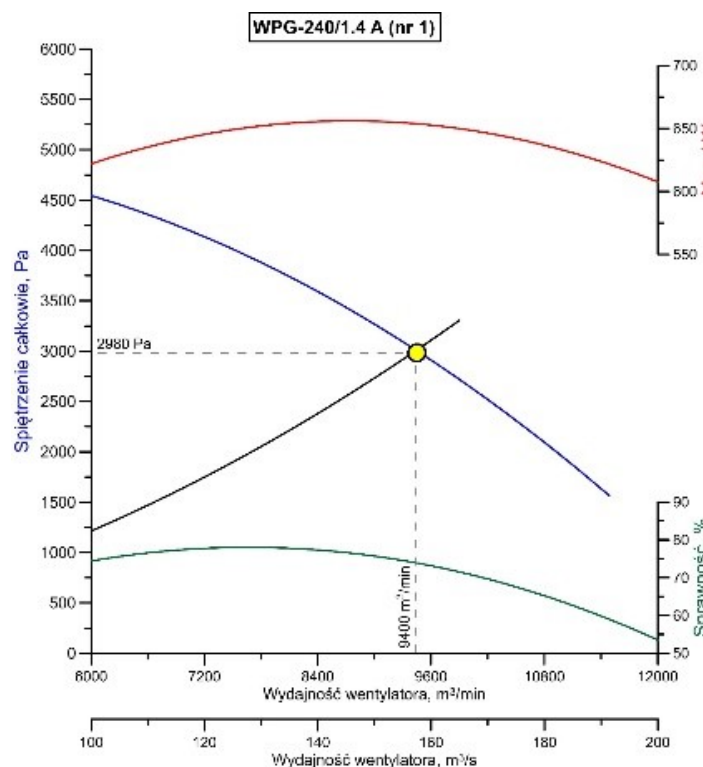


Nazwa szybu	Typ wentylatora	Ilość powietrza			Śpiężenie całkowite wentylatora Pa	Otwór równoznaczny	
		w szybie	straty zewnętrzne	na wentylatorze		szyb	wentylator
		m ³ /min	m ³ /min	m ³ /min		m ²	m ²
Szyb D	1 x WOK-3.2	8000	6000	14000	1990	3,81	6,23
Szyb E	2 x WPG-240/1.4 A	18100	1850	19950	2980	7,00	7,26
RAZEM		26100	7850	33950			



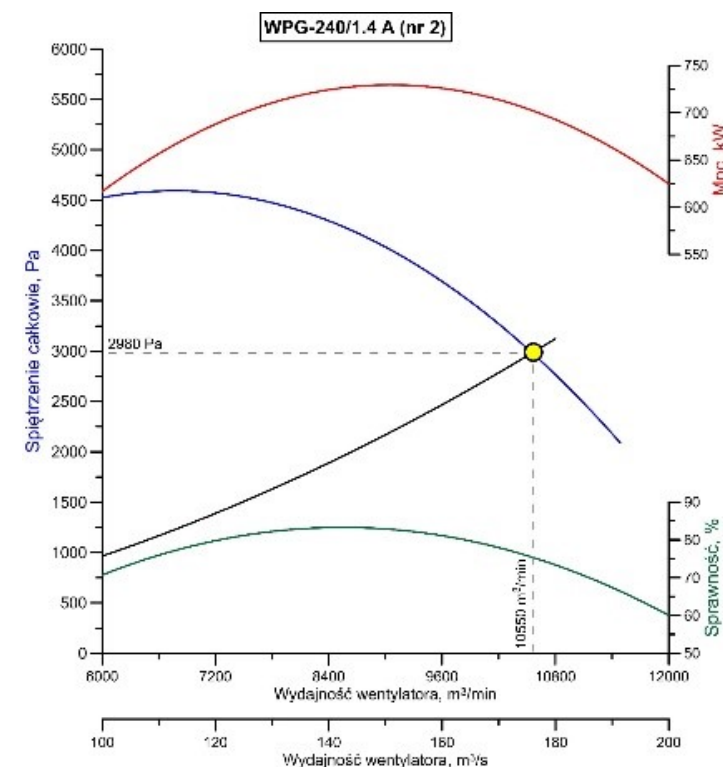
LEGENDA:

- Charakterystyka ciśnienia wentylatora
- Charakterystyka sprawności wentylatora
- Charakterystyka mocy wentylatora
- Charakterystyka sieci



LEGENDA:

- Charakterystyka ciśnienia wentylatora
- Charakterystyka sprawności wentylatora
- Charakterystyka mocy wentylatora
- Charakterystyka sieci



LEGENDA:

- Charakterystyka ciśnienia wentylatora
- Charakterystyka sprawności wentylatora
- Charakterystyka mocy wentylatora
- Charakterystyka sieci



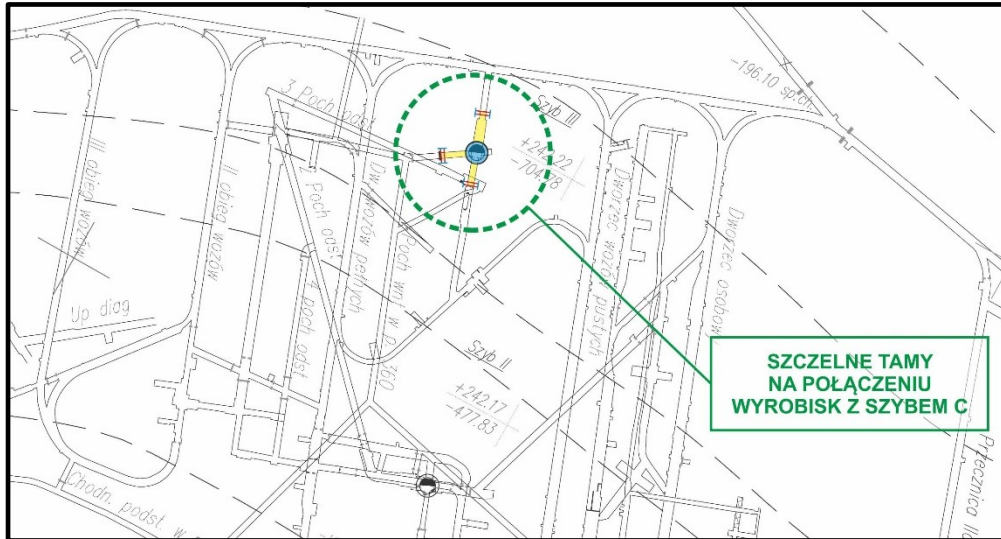
- Szczerpywanie się złoże i konieczność prowadzenia eksploatacji w coraz głębiej wymusza na kopalni **sięganie po złoże, które aktualnie zamknięte jest w filarach** i jest wyłączone z eksploatacji.
- W analizowanej kopalni X **ponad 20 mln Mg węgla zablokowane jest w filarze szybu D**. Złoże to jest już udostępnione robotami górniczymi i dostęp do niego nie wymaga dużych inwestycji finansowych. W związku z tym, w kopalni rozważa się likwidację szybu D, która pozwoli uwolnić złoże w filarze tego szybu i umożliwić jego eksploatację.
- Wyłączenie jednego z szybów wentylacyjnych będzie jednak dla kopalni niemożliwe bez zapewnienia innej drogi odprowadzenia powietrza z wyrobisk dołowych. Dlatego też **rozważa się zmianę funkcji jednego z centralnie zlokalizowanych szybów wdechowych na wydechową** (konieczność analizy zmian w sieci wentylacyjnej, dla potwierdzenia możliwości zapewnienia odpowiednich warunków wentylacyjnych).

ROZWAŻANE ZMIANY W SIECI



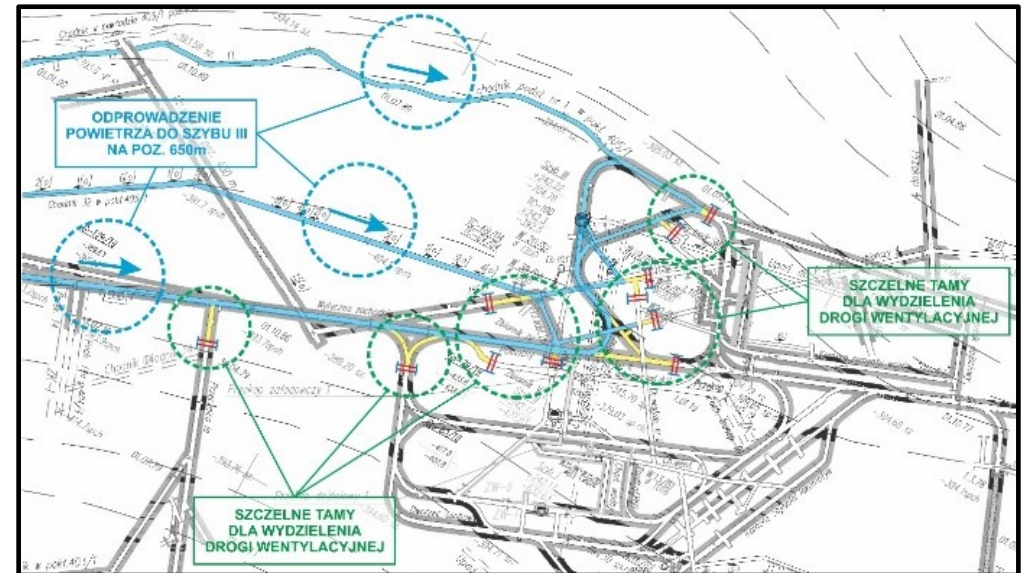
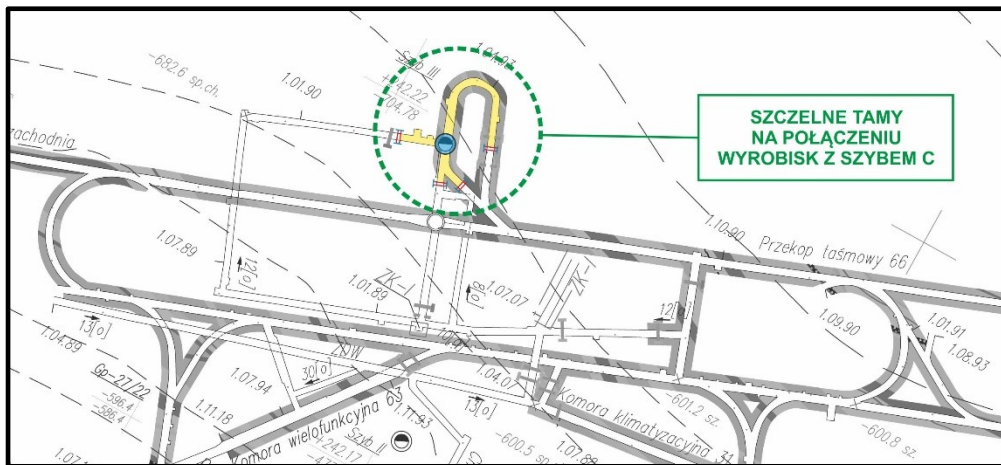
- Przeprowadzono **analizę możliwości zmiany funkcji jednego z szybów, położonych centralnie (A, B, C), z funkcji wdechowej na wydechową.**
- Organizacja transportu pionowego w kopalni oraz inne czynniki techniczne wskazują, że po likwidacji szybu D, funkcję szybu wentylacyjnego powinien przejąć szyb C.
- Wykonana została analiza zmian w sieci wentylacyjnej, które powinny zapewnić odpowiednio intensywną wentylację dla planowanych robót eksploatacyjnych.
- Największe zmiany zajdą w rejonie podszybi szybów A, B i C na wszystkich poziomach. Wynika to z tego, że **szyby są zlokalizowane bliźniaczo i posiadają połączenia z wyrobiskami na wszystkich czynnych poziomach.** Istotne zmiany zajdą w wyrobiskach pomiędzy Szybem C, a planowanym do likwidacji Szybem D. Zakres niezbędnych zmian polegających na odizolowaniu tamami Szybu C od pozostałych wyrobisk na poziomach 450m, 650m i 850m.

ROZWAŻANE ZMIANY W SIECI



Poziom 450m

Poziom 650m



Poziom 850m

ROZWAŻANE ZMIANY W SIECI



Podczas prowadzenia analiz możliwości wentylacyjnych kopalni po zmianie funkcji Szybu C rozważone zostały następujące warianty jego funkcji technicznej:

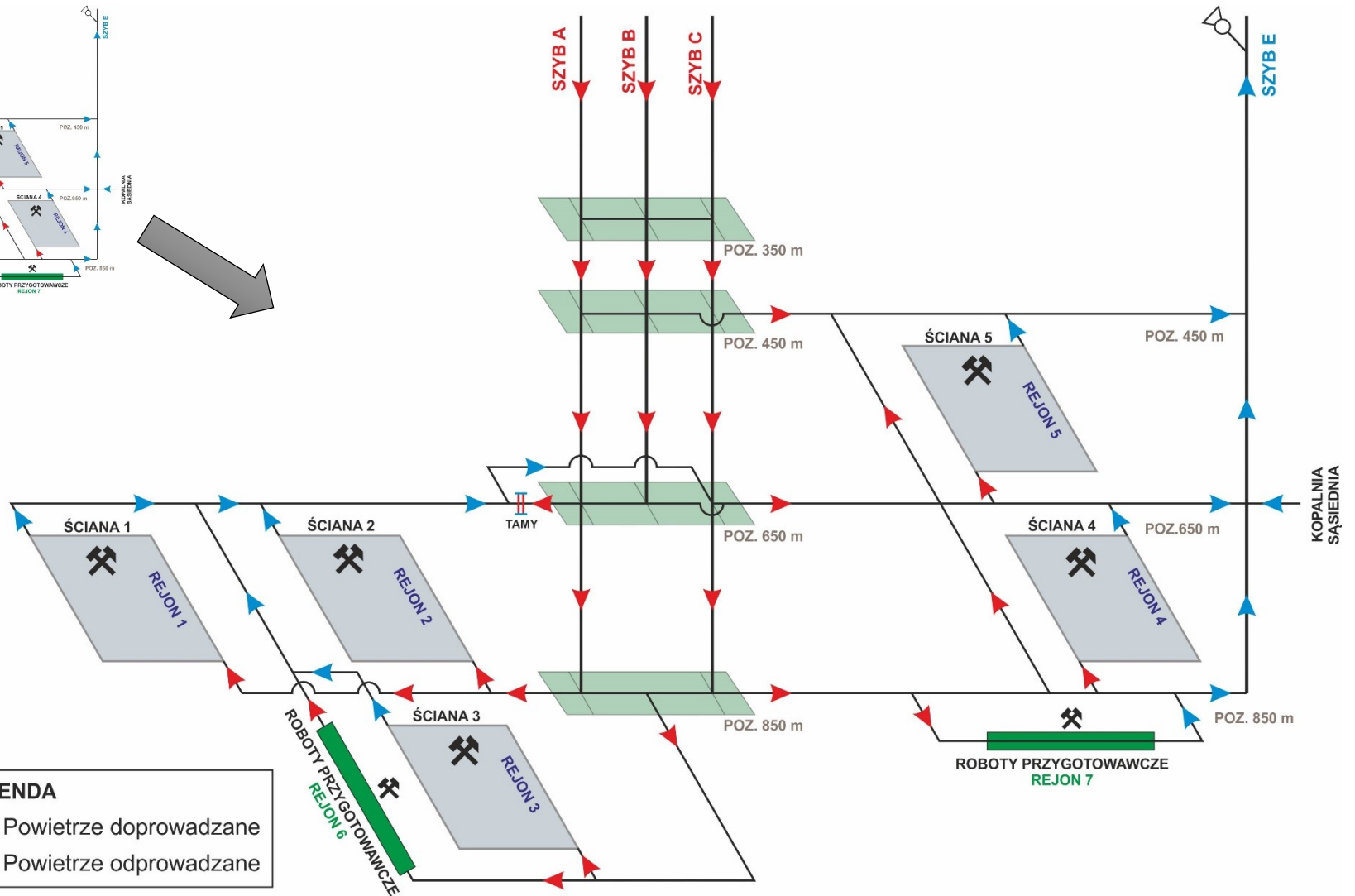
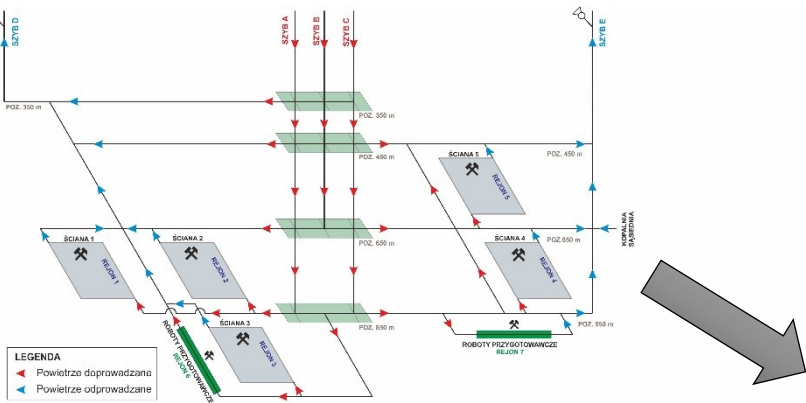
- **Rozwiązanie 1** – całkowita likwidacja naczyń wyciągowych (**tylko funkcja wentylacyjna Szybu C**),
- **Rozwiązanie 2** – zmiana funkcji wyciągu szybowego w jednym przedziale ze skipowego na **wyciąg klatkowy do transportu długich materiałów**, i **likwidacja naczynia skipowego w drugim przedziale**,
- **Rozwiązanie 3** – **likwidacja wyciągu skipowego w jednym z przedziałów** oraz zmiana funkcji wyciągu szybowego w drugim przedziale na funkcję wydobywczo-zjazdową – skipoklatka,
- **Rozwiązanie 4** – **pozostawienie naczyń skipowych w obu przedziałach szybu**.

ROZWAŻANE ZMIANY W SIECI



- Po likwidacji Szybu D **intensywność wentylacji wyrobisk w rejonach prowadzenia robót górniczych powinna pozostać na podobnym do aktualnego poziomie**, co wynika głównie z analizy stanu zagrożenia metanowego na kolejne lata.
- Uwzględniając zapotrzebowanie powietrza w miejscach prowadzenia robót górniczych oraz centralną lokalizację Szybu C względem Szybu A i Szybu B, która wpłynie na wystąpienie strat powietrza Szybem C powinno być odprowadzane około 10000 m³/min powietrza. **Uwzględniając straty zewnętrzne wydajność wentylatora powinna wynosić około 11000 m³/min.**
- W sieci rozważono wentylator o parametrach spełniających wymagania. **Wentylator powinien osiągać spiętrzenie na poziomie około 3000-3500 Pa.**

MODEL DOCELOWY

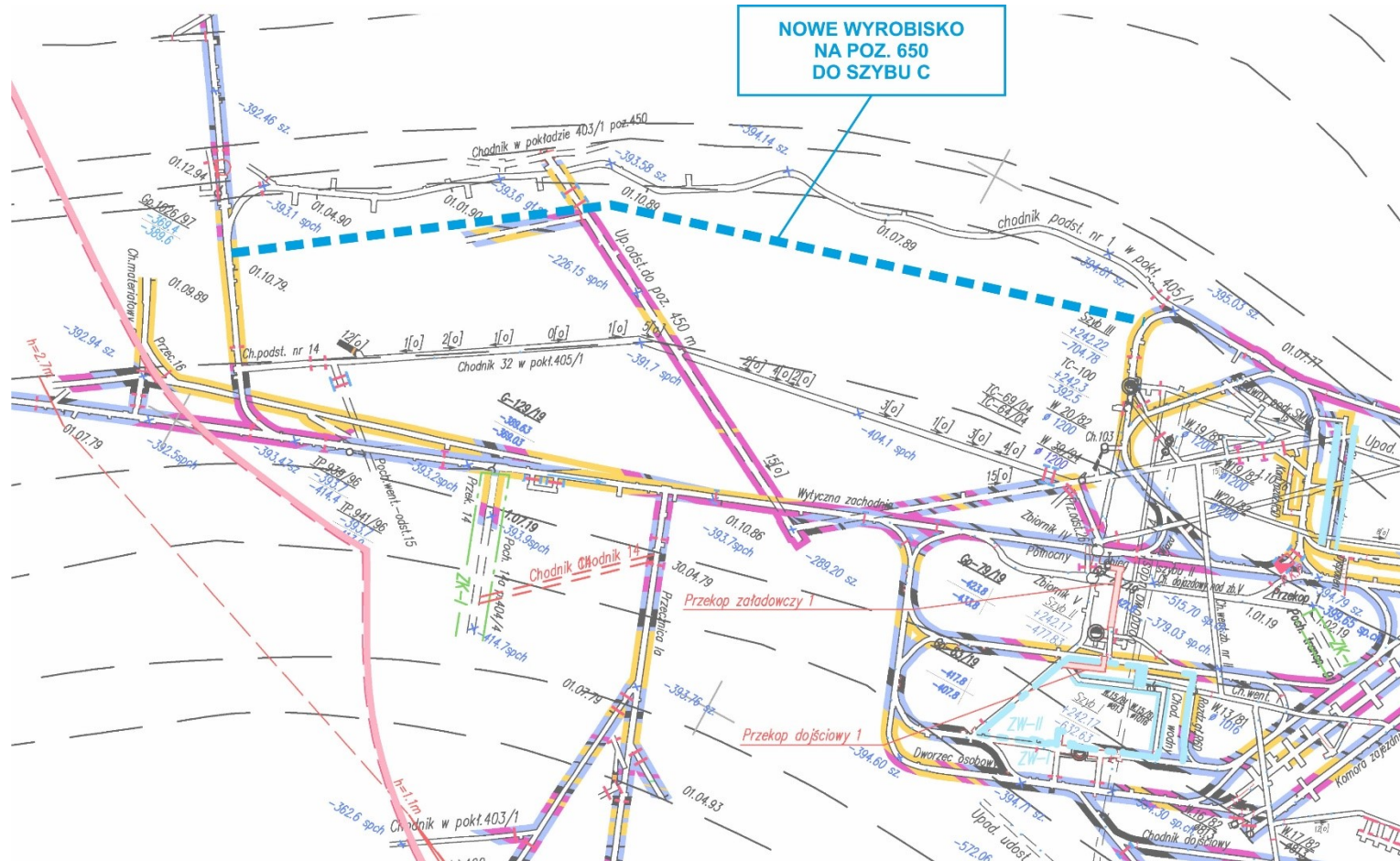


WSTĘPNE WYNIKI ANALIZ



- Wstępnie wykonane obliczenia wykazały, że **przy aktualnym stanie struktury sieci wentylacyjnej nie będzie możliwości zapewnienia odpowiednich dróg odprowadzenia powietrza**. Aktualny zakres oraz stan wyrobisk nie pozwala na wydzielenie drogi odprowadzenia powietrza, do Szybu C, głównie z części zachodniej, z której powietrze jest obecnie odprowadzane do Szybu D.
- Dla zwiększenia przepustowości dróg odprowadzenia powietrza **niezbędne będzie wykonanie dodatkowego wyrobiska równoległego do Chodnika podstawowego nr 1 na poziomie 650m**. Wyrobisko to powinno łączyć Przecznice V z podszybiem poziomu 650m w rejonie Szybu C. Wstępne założenia przebiegu wyrobiska wykazują, że będzie ono posiadać **długość około 800 m**. Wyrobisko powinno zostać wykonane w obudowie o przekroju odpowiadającym obudowie
- ŁP-10/V32/4/A o przekroju 18,0 m².

WSTĘPNE WYNIKI ANALIZ



WYNIKI OBLICZEŃ W SIECI - WARIANTY



Wyszczególnienie		Jednostka	Stan aktualny	Rozwiązanie 1		Rozwiązanie 2	Rozwiązanie 3	Rozwiązanie 4
				bez dodatkowego wyrobiska	po wykonaniu nowego wyrobiska do Szybu C			
Strumień powietrza doprowadzanego do kopalni szybami		m³/min	21100	19140	23440	23100	24030	23750
Całkowity strumień powietrza doprowadzanego do kopalni			26100	24390	28890	28540	29500	29200
Strumień powietrza doprowadzanego do robót górniczych		m³/min	12950	9450	11410	11250	10420	10420
w tym	do rejonów ścian		8150	5630	7680	7600	6780	6750
	do robót przygotowawczych (niezależny prąd powietrza)		4800	3820	3730	3650	3640	3670
Spadek intensywności przewietrzania robót górniczych		%	-	-27,0%	-11,9%	-13,1%	-19,5%	-19,5%
w tym	rejonów ścian		-	-30,9%	-5,8%	-6,7%	-16,8%	-17,2%
	rejonów robót przygotowawczych (niezależny prąd powietrza)		-	-20,4%	-22,3%	-24,0%	-24,2%	-23,5%
Strumień powietrza odprowadzany z kopalni Szybem III		m³/min	-	6630	11920	11510	12560	12210

WNIOSKI Z WYKONANYCH ANALIZ



- Obliczenia wykazują, że **po wykonaniu dodatkowego wyrobiska i zapewnieniu tylko funkcji wentylacyjnej (rozwiązanie 1 – brak wyposażenia), bądź transportowej w Szybie C (rozwiązanie 2), będzie możliwe odprowadzenie powietrza z robót górniczych na poziomie nieznacznie mniejszym niż aktualnie.** W przypadku rejonów ścian strumień powietrza doprowadzanego zmniejszył się o niespełna 6%, a biorąc pod uwagę także roboty przygotowawcze przewietrzane niezależnym prądem powietrza spadek ten wyniósł prawie 12%.
- W przypadku **założenia w Szybie C funkcji odstawy urobku (rozwiązanie 3 i 4) intensywność wentylacji w rejonach prowadzenia robót górniczych zmniejsza się o prawie 20%, co należy uznać za niekorzystne** uwzględniając głębokość prowadzonej eksploatacji oraz skalę zagrożenia metanowego. Istotnie zwiększają się wtedy także straty powietrza do Szybu C, do około 48%, co jest niekorzystne.



Zaprezentowany przykład rozwiązania likwidacji jednego z szybów wentylacyjnych z jednoczesną zmianą funkcji szybu wdechowego na wydechowy wykazała, że możliwe jest takie działanie pod warunkiem spełnienia kilku warunków. W przypadku analizowanej kopalni wnioski są następujące:

- Udało się uzyskać **wyższy wydatek powietrza doprowadzanego** dzięki wykonaniu wyrobiska do szybu ze zmienioną funkcją oraz doborowi odpowiedniego wentylatora głównego przewietrzania.
- W rejonie szybu ze zmienioną funkcją na wentylacyjną doszło do **intensyfikacji strat** w sieci.
- Straty powietrza w sieci znacząco zależą **od założonej funkcji technicznej szybu ze zmienioną funkcją**, co wiąże się ze szczelnością wykonanych tam oddzielających powietrze doprowadzane i odprowadzane.
- Likwidacja jednego z szybów **może powodować nieznaczne obniżenie strumienia powietrza w rejonach prowadzonych robót górniczych**. W rejonach ścian strumień powietrza doprowadzanego zmniejszył się o niespełna 6%, a biorąc pod uwagę także roboty przygotowawcze przewietrzane niezależnym prądem powietrza spadek ten wyniósł prawie 12%.
- Dzięki likwidacji szybu wentylacyjnego możliwe będzie w kopalni **uwolnienie złoża zamkniętego w filarze likwidowanego szybu**.



W przypadku rozważania analogicznych zmian w innych kopalniach niezbędne jest przeprowadzenie analizy uwzględniającej:

- **Wybór szybu wdechowego, którego funkcja może zostać zmieniona.** Wybór taki musi uwzględniać funkcje tego szybu, możliwość wydzielenia dróg odprowadzenia powietrza do niego oraz możliwość zabudowy wentylatorów głównego przewietrzania w jego sąsiedztwie.
- **Korzyści płynące z likwidacji szybu wentylacyjnego** (uwolnienie złoża znajdującego się w jego sąsiedztwie, stan techniczny tego szybu, brak znaczenia dla dalszej eksploatacji).
- **Występowanie zagrożeń** w kopalni, szczególnie w zakresie zagrożenia metanowego, w kontekście planowanej intensywności wentylacji wyrobisk. Może się bowiem okazać, że pomimo możliwości zapewnienia większego strumienia powietrza w sieci wentylacyjnej zmniejszeniu może ulec strumień powietrza doprowadzany do rejonów robót górniczych.
- W prowadzeniu analiz bardzo **pomocne może być wykorzystanie obliczeń numerycznych rozplywu powietrza w sieci wentylacyjnej.** Ważne, aby obliczenia prowadzone były na modelu sieci korelującym z wynikami pomiarów wykonanych w rzeczywistej kopalni.



12-14 czerwca 2024

**DZIĘKUJEMY
ZA UWAGĘ**

