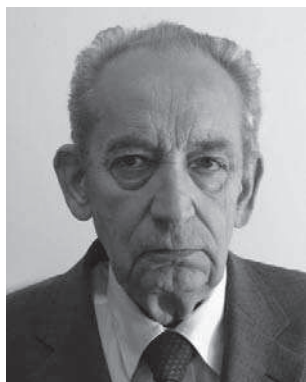


# Koncepcja kształtowania rozkładu potencjału aerodynamicznego w podziemnych kopalniach węgla kamiennego dla przeciwdziałania zagrożeniom pożarowym i gazowym związanym ze zmianami ciśnienia atmosferycznego

## Concept of aerodynamic potential's distribution structuring in underground hard coal mines to counteract the fire and gas threats associated with changes of atmospheric pressure



*Dr inż. Piotr Markefka\**



*Mgr inż. Arnold Przystolik\**



*Mgr inż. Tadeusz Stefanowicz\**

**Treść:** W polskich kopalniach węgla kamiennego obserwuje się wzrost zagrożeń pożarowych i gazowych od zrobów wywołanych zmianami ciśnienia atmosferycznego, czyli zagrożeń związanych ze zjawiskiem tzw. oddychania zrobów. Jest to w głównej mierze konsekwencja lokalizacji robót górniczych przygotowawczych i eksploatacyjnych, prowadzonych z konieczności coraz częściej w sąsiedztwie dużych przestrzeni zrobowych. Stosowane dotychczas sposoby i środki dla przeciwdziałania niepożądanym skutkom zagrożeniowym tego zjawiska, nie są w pełni wystarczające i racjonalne. Wymusza to poszukiwanie i stosowanie bardziej efektywnych rozwiązań prewencyjnych w tym zakresie. W artykule przedstawiono wiele dodatkowych, praktycznych możliwości eliminowania lub łagodzenia wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego na przestrzenie zrobowe, poprzez dokonywanie odpowiednich zmian w rozkładzie potencjału aerodynamicznego wokół danej przestrzeni. Takie racjonalne działania – koncepcja kształtowania rozkładu potencjału aerodynamicznego dla przeciwdziałania zagrożeniom pożarowym i gazowym związanym z „oddychaniem zrobów” – zostały zrealizowane z pozytywnym skutkiem w kilku kopalniach KHW S.A. Wobec nasilania się zagrożeń aerologicznych związanych ze zmianami ciśnienia atmosferycznego, celowe wydaje się dążenie do szerszego stosowania tej koncepcji w polskich kopalniach węgla kamiennego.

**Abstract:** In the Polish hard coal mines one observes an increase of fire and gas hazards from post-mining cavities triggered by changes of atmospheric pressure. i.e. threats associated with phenomenon of so called cavities' respiration. To a large extent it is a consequence of location of mining preparation works and extraction works, in principal by necessity, more often, in the vicinity of large cavity spaces. The methods and means of counteracting undesirable dangerous effects of that phenomenon applied so far are not fully sufficient and rational. That impels seeking and applying more efficient preventive solutions in that respect. This paper presents a number of additional practical possibilities of either eliminating or mitigating the atmospheric pressure alterations' influence on cavity spaces by implementing appropriate modifications in aerodynamic potential distribution around the space given. Such rational actions - the concept of aerodynamic potential distribution's structuring to counteract the fire and gas threats associated with "cavities respiration" – have been successfully executed in several coal mines of KHW S.A. Having considered the intensification of aerologic dangers associated with changes of atmospheric pressure, the efforts to apply this concept in Polish hard coal mines seem reasonable.

**Słowa kluczowe:**

*wentylacja główna, zmiany ciśnienia atmosferycznego, przeciwdziałanie zagrożeniom pożarowym i gazowym od zrobów*

**Key words:**

*main ventilation, changes of atmospheric pressure, counteracting the fire and gas threats from the cavities*

\* ) Ośrodek Badawczo-Usługowy Wentylacji przy KHW S.A. KWK „Wujek”, Katowice

## 1. Wprowadzenie

Można przypuszczać, że od zarania górnictwa podziemnego znany był niekorzystny wpływ zmian ciśnienia atmosferycznego, a zwłaszcza zniżek tego ciśnienia, na bezpieczeństwo pracy załóg dołowych. Ta też wiedza była powodem wymagań także polskich przepisów górniczych [1], [2], by na powierzchni kopalni w miejscu dostępnym dla załogi umieszczony był barograf [1], przy czym wymaganie to uściślono w [2], żądając, by na nadszybiu szybu zjazdowego instalowane było urządzenie sygnalizujące czerwonym światłem zniżkę ciśnienia barometrycznego. Ustalono ponadto, że w pomieszczeniach dyspozytora ruchu zakładu górniczego, kierownika działu wentylacji oraz kierownika kopalnianej stacji ratownictwa górniczego powinien znajdować się barograf.

W publikacjach, m.in. w [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9] i [10] zwrócono uwagę nie tylko na zagrożenie załogi i ruchu związane z wpływem gazów zrobowych (w tym metanu lub gazów pożarowych) do czynnych wyrobisk górniczych podczas zniżek barycznych, lecz także na niebezpieczeństwo rozpoczęcia procesu samozagrzewania węgla oraz powstania lub reaktywacji pożaru w zrobach podczas dopływu powietrza do nich w czasie zwyżek ciśnienia barometrycznego. Zjawisko to jest niezwykle groźne, gdyż jego skutki niejednokrotnie objawiają się dopiero podczas kolejnej zniżki tego ciśnienia, kiedy to zastosowanie środków prewencji pożarów endogenicznych może być już niewystarczające. Dlatego też celowe jest dążenie do wyeliminowania wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego na migrację gazów przez zroby lub płyty węglowe, łączące czynne wyrobiska z otamowanymi, na ogół większymi już obecnie przestrzeniami zrobowymi, w których sąsiedztwie są coraz częściej prowadzone roboty górnicze (przygotowawcze i eksploatacyjne).

W tym celu H. Bystron [5] opracował koncepcję utrzymania stałego ciśnienia w wyrobiskach górniczych. W ogólności koncepcja ta polega na stosowaniu wentylatora głównego o dużym zakresie regulacji (zabudowanego przy szybie wydechowym), współpracującego z tamą regulacyjną zainstalowaną w prądzie całkowitym powietrza świeżego. Założono, że opór aerodynamiczny tej tamy i spiętrzenie wentylatora głównego w zależności od zmian ciśnienia atmosferycznego powinny być tak regulowane, by ciśnienie powietrza kopalniane nie ulegało zmianie. Możliwość realizacji tej koncepcji w skali laboratoryjnej wykazali H. Bystron i A. Raczyński [7]. Jednak zarówno ze względów technicznych, jak i ekonomicznych koncepcja H. Bystrona nie znalazła zastosowania dla sieci wentylacyjnych całych kopalń.

W praktyce polskich kopalń węgla kamiennego niejednokrotnie dążono także do wyeliminowania wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego na zroby lub pola pożarowe, stosując tzw. komory wyrównawcze [8]. Przy znacznych jednak zmianach tego ciśnienia, ale również wobec istnienia zwykle skomplikowanych połączeń otamowanych przestrzeni z czynnymi wyrobiskami (w tym również połączeń szczelinowych), za pomocą komór wyrównawczych, na ogół nie można osiągnąć całkowitego wyeliminowania wpływu zmian ciśnienia barometrycznego na tzw. oddychanie zrobów [9].

W latach dziewięćdziesiątych opracowano inną koncepcję sposobu eliminowania wpływu zmian ciśnienia barometrycznego na zagrożenia aerologiczne w podziemnych kopalniach węgla, która bazuje na odpowiedniej regulacji wewnętrznego źródła gazu (azotu, dwutlenku węgla, metanu) lub wody [9]. Koncepcja ta została zrealizowana z pozytywnym skutkiem w wielu kopalniach, w tym m.in. w byłych kopalniach „Mysłowice”, „Wesoła”, „Śląsk” oraz w kopalniach „Pniówek” i „Budryk”. Zastosowanie tego sposobu choć zawsze możliwe, w niektórych przypadkach wymaga wykonania instalacji dla

doprowadzania gazu inertnego do przestrzeni otamowanej i może wówczas okazać się nieracjonalne technicznie i/lub ekonomicznie.

W publikacji przedstawiono sposób eliminowania wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego na przestrzenie otamowane lub łagodzenia niekorzystnych skutków tych zmian, a to poprzez dokonywanie odpowiednich zmian rozkładu spadków potencjału aerodynamicznego wokół danej przestrzeni, wywołujących pożądane zmiany ciśnienia powietrza kopalniane w określonej części sieci wentylacyjnej. Wskazano również na możliwości skutecznego wyeliminowania zagrożeń wentylacyjno-pożarowych wywołanych zmianami ciśnienia atmosferycznego, przez celowe zmiany oporu aerodynamicznego wybranych połączeń zrobowych z czynnymi wyrobiskami górniczymi. Podano także przykłady z kopalń, w których zastosowano opisaną tu koncepcję.

## 2. Opis oddziaływania zmian ciśnienia atmosferycznego na migrację gazów przez przestrzenie otamowane

Dla wyjaśnienia wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego na migrację gazów przez przestrzenie otamowane zajmijmy się najpierw wyrobiskiem otamowanym jedną tylko tamą izolacyjną. Zmiany tego ciśnienia wpływają na ciśnienie gazów wewnątrz otamowanej przestrzeni, przy czym po dostatecznie długim czasie trwania takiej zmiany, ciśnienia za tamą (wewnątrz tej przestrzeni) i na zewnątrz tamy izolacyjnej stają się równe.

Zmiany ciśnienia atmosferycznego nie następują skokowo, lecz są rozłożone w czasie. Szybkość zaś wyrównania się ciśnienia gazów wewnątrz przestrzeni otamowanej i na zewnątrz niej zależy od wielu czynników, w tym od dynamiki wymienionych zmian, szczelności tamy izolacyjnej i samego masywu skalnego w jej otoczeniu oraz od objętości tejże przestrzeni. Jeśli jednak założymy, że zmiana ciśnienia nastąpiła skokowo o  $\pm \Delta p_0$ , to można przyjąć, że wyrównanie się ciśnień w czasie  $\tau$  wewnątrz i na zewnątrz przestrzeni otamowanej (w wyrobisku), przebiega według krzywej wykładniczej

$$\Delta p(\tau) = \pm \Delta p_0 \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{R_1 \cdot V_1}\right) \quad (1)$$

Wykładnik potęgowy tej krzywej ma wartość ujemną, przy czym jego bezwzględna wartość wzrasta wraz z upływem czasu  $\tau$ , a maleje przy wzroście oporu  $R_1$  izolacji (otamowania) i objętości  $V_1$  przestrzeni izolowanej. Toteż przy większym oporze otamowania tej przestrzeni i jej objętości mniejsza jest szybkość wyrównania się ciśnień między czynnym oraz otamowanym wyrobiskiem.

Zmniejszenie szybkości wyrównania ciśnień wraz ze wzrostem objętości otamowanej przestrzeni nie oznacza jednak równoczesnego zmniejszenia objętości strumienia gazu wnikałego lub wypływającego z tej przestrzeni wskutek zmiany ciśnienia atmosferycznego. Wręcz przeciwnie, utrzymywanie przez dłuższy czas odpowiednio dużej różnicy między ciśnieniem zewnętrznym (w czynnym wyrobisku) i ciśnieniem wewnątrz otamowanej przestrzeni, powoduje przez ten dłuższy czas wpływ (lub dopływ) w przybliżeniu jednakowej, znacznej objętości gazu (powietrza)  $\bar{V}_{T1}$ . Staje się to oczywiste, jeśli wymienioną różnicę ciśnień  $\Delta p$  potraktujemy jak zdysypowaną energię  $I_f$  ( $\Delta p \approx I_f = R_{T1} \cdot \bar{V}_{T1}$  – co jest uzasadnione w przypadku tamy izolacyjnej). Nadmienić jednak należy, że w rozpatrywanym przypadku istotne spowolnienie wymiany gazu między przestrzenią otamowaną a wyrobiskiem można uzyskać przez odpowiednie zwiększenie oporu  $R_{T1}$ , tzn. szczelności tamy izolacyjnej i jej sąsiedztwa. W razie potrzeby ten sposób jest najczęściej realizowany w praktyce górniczej.

Sytuacja wyrobiska otamowanego jedną tylko tamą (tzw. ślepego wyrobiska) może być punktem wyjścia dla rozpatrywania wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego na migrację gazów przez przestrzenie otamowane w ogólności. W ustalonym bowiem stanie sieci wentylacyjnej kierunek przepływu powietrza wyrobiskiem górniczym (boczną siecią) lub migracja gazów przez przestrzenie zamknięte (zroby, pola pożarowe) lub szczeliny, zdeterminowane są rozkładem potencjału aerodynamicznego  $\Phi_v$  w tej sieci i we wspomnianych przestrzeniach. W przypadku, gdy w tym stanie w określonej (rozpatrywanej) bocznej wentylacyjnej nie występuje ciąg naturalny, ani też nie jest w niej czynny wentylator, przepływ powietrza (lub gazów zrobowych) odbywa się od potencjału wyższego w kierunku potencjału niższego (od jego bezwzględnej wartości mniejszej do większej).

Przy rozpatrywaniu kierunku migracji gazów przez przestrzenie otamowane (zroby, pola pożarowe lub inne), zwykle należy uwzględnić ciągi naturalne generowane wewnątrz i wokół tych przestrzeni. Zwłaszcza w odniesieniu do wymienionych przestrzeni określanie ciągu naturalnego stwarza istotne trudności, choć najczęściej jest możliwe w przybliżeniu. Dla uproszczenia opisu oddziaływania zmiany ciśnienia atmosferycznego na migrację gazów nie zajmujemy się ciągiem naturalnym, co jednak uczynimy w przykładach zastosowania koncepcji przeciwdziałania zagrożeniom związanymi ze zmianami ciśnienia atmosferycznego.

Jak powszechnie wiadomo, w prewencji pożarów endogenicznych dąży się do wyrównania potencjału aerodynamicznego wokół przestrzeni otamowanych. Natomiast w prewencji zagrożenia metanowego stosuje się sposoby rozproszczenia powietrza umożliwiające migrację (odsuvanie) metanu od ścian eksploatacyjnych w głąb zrobów i w kierunku dróg powietrza zużytego. W pierwszym z tych przypadków – podczas zwyżki ciśnienia atmosferycznego, powietrze kopalniane dopływa do zrobów przez wszystkie połączenia zrobów z czynnymi wyrobiskami górniczymi. Zaś podczas zniżki barometrycznej – gazy zrobowe wypływają ze zrobów do czynnych wyrobisk górniczych. Nawet intuicyjnie oczywiste jest, że więcej gazu migrować będzie przez połączenia (np. tamy, szczeliny) o mniejszym oporze, a mniej – przez połączenia cechujące się większym oporem aerodynamicznym  $R_f$ . W przypadku prowadzenia eksploatacji ścianowej zwykle opór „otwartych” zrobów od strony ściany jest znacznie mniejszy niż opór uszczelnienia zrobów tamami izolacyjnymi lub korkami podsadzowymi. Dlatego też na ogół większe ilości gazów przepływają przez zroby w strefie ścian, niż przez pozostałe kontakty zrobów z czynnymi wyrobiskami górniczymi. Stan ten może tworzyć istotne zagrożenie gazowe w środowisku ściany (podczas spadku ciśnienia atmosferycznego) lub zapoczątkować proces samozagrzewania się węgla oraz ewentualnie jego przejście do fazy samozapalenia i pożaru w zrobach w bliskim sąsiedztwie frontu ścianowego (przy zwyżce ciśnienia).

Przy braku wyrównania potencjałów aerodynamicznych wokół zrobów sytuacja jest inna. Wówczas bowiem zmniejszeniu ciśnienia atmosferycznego towarzyszy wzrost dyssypacji energii  $I_f$ /spadku potencjału  $\delta\Phi_v$  (różnicy ciśnień  $\Delta p$ ) w wylotowych (wypływowych/wydechowych) tamach izolujących zroby oraz zmniejszenie się tej dyssypacji w takich tamach dolotowych (dopływowych/wdechowych). W zależności od wielkości i intensywności zmian ciśnienia atmosferycznego, spadek potencjału aerodynamicznego w tamach wdechowych może zmniejszyć się do zera a, następnie zmienić swój kierunek. Wtedy też nie tylko przez tamy izolacyjne wydechowe, ale również przez tamy będące pierwotnie wdechowymi zaczynają się wydzielać gazy zrobowe. Wynika stąd, iż im

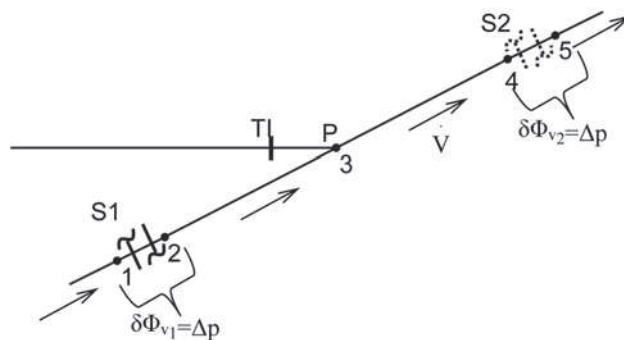
większa jest różnica potencjałów między przekrojami/węzłami przy tamach izolacyjnych wdechowych i wydechowych, tym dopiero większy spadek ciśnienia atmosferycznego spowoduje tendencję wypływu gazów zrobowych także i zza tam będących wdechowymi podczas ustabilizowanego ciśnienia atmosferycznego.

Również przy braku wyrównania potencjału aerodynamicznego, lecz podczas zwyżki ciśnienia atmosferycznego, powietrze kopalniane będzie miało tendencję dopływu do zrobów przez wszystkie połączenia zrobów z czynnymi wyrobiskami górniczymi. W tamach izolacyjnych dolotowych następuje wtedy wzrost spadku potencjału, a w tamach wylotowych jego zmniejszanie się (do wartości zerowych, a następnie ujemnych przy przekroczeniu odpowiednio dużej zmiany ciśnienia atmosferycznego).

### 3. Możliwości przeciwdziałania zagrożeniom wentylacyjno-pożarowym i gazowym powodowanym zmianami ciśnienia atmosferycznego przez odpowiednie kształtowanie rozkładu spadków potencjału aerodynamicznego

#### 3.1. Wyrobisko ślepe otamowane tamą izolacyjną

Analogicznie, omawianie przeciwdziałania zagrożeniom wentylacyjno-pożarowym związanym ze zmianami ciśnienia atmosferycznego rozpoczynamy od wyrobiska ślepego, otamowanego tamą izolacyjną. Dostępne środowisko przed taką tamą, oczywiście musi być przewietrzane. Obok tamy mogą przepływać różne ilości powietrza, różne także mogą być sposoby zapewnienia i regulacji tej ilości. Gdy tama izolacyjna usytuowana jest obok grupowego prądu powietrza, na ogół nie ma możliwości istotnego wpływu na rozkład spadków potencjału aerodynamicznego, a tym samym na wartość ciśnienia barometrycznego przy tamie izolacyjnej. Jeśli natomiast w bocznej sieci wentylacyjnej, w której płynie powietrze, obok tamy izolacyjnej istnieją tamy regulacyjne lub rozdzielające, to zmieniając ich lokalizację, można wpłynąć na ciśnienie powietrza kopalniane obok tamy izolacyjnej (rys. 1).



Rys. 1 Szkic ilustrujący możliwość wpływania na ciśnienie powietrza kopalniane  $p$  w węźle 3 przy tamie izolacyjnej TI poprzez zmianę lokalizacji lub oporu  $R_f$  słuz S1 i S2  
Fig. 1. Sketch illustrating the possibility of influencing mine's air pressure  $p$  in junction 3 by the isolation barrier TI by changing location or resistance  $R_f$  of sluices S1 and S2

Załóżmy, że w stanie ustalonym zamknięta jest śluza wentylacyjna S1, w której zachodzi spadek potencjału aerodynamicznego  $d\Phi_{v1}$ , równy co do wartości różnicy ciśnień

powietrza  $\delta\Phi_{v_1} = \Delta p = p_1 - p_2$ , przy czym w węźle 3 ciśnienie powietrza wynosi  $p$ . W tymże stanie ciśnienia przed i za tamą TI są sobie równe. Zmniejszenie ciśnienia atmosferycznego o  $\Delta p$  spowoduje zmniejszenie się ciśnienia powietrza w węźle 3 także o  $\Delta p$  [11]. Powstanie wówczas stan nierównowagi między ciśnieniem gazów wewnątrz otamowanej przestrzeni i powietrza w wyrobisku górniczym, powodujący wypływ gazów zza tamy TI. Dla przeciwdziałania wypływowi gazów i dążeniu do uzyskania ponownej równowagi można zamknąć śluzę wentylacyjną S2 i otworzyć śluzę S1. Działanie takie wywołuje zwiększenie się ciśnienia powietrza w węźle 3 o  $d\Phi_{v_2}$ . W przypadku potrzeby utrzymania pierwotnej ilości powietrza  $\dot{V}$  w wyrobisku górniczym, niezbędne jest spełnienie relacji

$$d\Phi_{v_2} \approx R_{fs2} \cdot \dot{V}^2 = d\Phi_{v_1} \approx R_{fs1} \cdot \dot{V}^2 = \Delta p \quad (2)$$

w której wielkości  $R_{fs1} = R_{fs2}$  są oporami aerodynamicznymi śluz S1 i S2.

Jeśli natomiast ilość powietrza  $\dot{V}$  zmniejszymy przez zwiększenie  $\delta\Phi_{v_2}$  do  $\delta\Phi_{v_2}'$  (poprzez zwiększenie oporu  $R_{fs2}$  śluz S2), to uzyskamy  $\Delta p'$  większe od  $\Delta p$ , a oddziaływanie śluz S2 w większym stopniu wpłynie na wzrost ciśnienia powietrza w węźle 3. Analogiczne rozumowanie dotyczy przypadku wzrostu ciśnienia atmosferycznego, któremu można przeciwdziałać przez otwarcie śluz S2 i zamknięcie śluz S1.

Zakres przeciwdziałania niekorzystnym wpływom zmian ciśnienia barometrycznego zależy od wartości tzw. dyspozycyjnego spadku potencjału aerodynamicznego  $\delta\Phi_v$ , jaki można osiągnąć w istniejących uwarunkowaniach w śluzach S1 i S2. W rzeczywistości kopalnianej spotykane wartości dyspozycyjnego spadku potencjału w grupowych prądach powietrza sięgają nawet do około  $1500 \text{ J/m}^3$  ( $150 \text{ mm}$  sł.  $\text{H}_2\text{O}$ ). Takimi śluzami można by zatem przeciwdziałać zmianom ciśnienia atmosferycznego wynoszącym do około  $1500 \text{ J/m}^3 = 15 \text{ hPa} \approx 11 \text{ mm}$  sł. Hg. Najczęściej jednak spotykane rezerwy  $\delta\Phi_v$  w tym zakresie nie są tak duże lub możliwości ich wykorzystania w istniejących uwarunkowaniach górniczo-ruchowych są ograniczone. W pracy [12] wykazano np., że w efekcie zastosowania równoczesnej regulacji (dławienia) przepływu powietrza śluzami na wlocie i wylocie rejonu pokł. 510 w polu S/poz. 900m w KWK „Murcki-Staszic” Ruch „Staszic”, można by niwelować skutki zmian ciśnienia atmosferycznego w środku ściany 8b-S w zakresie do ok. 4-5 hPa.

Jeśli zmiany ciśnienia atmosferycznego wynoszą mniej niż stojąca do dyspozycji różnica ciśnień (spadek potencjału  $\delta\Phi_v$ ) w śluzach wentylacyjnych, pożądany efekt można uzyskać przez odpowiednią równoczesną regulację spadków potencjału aerodynamicznego w śluzach S1 i S2, poprzez zmianę ich oporu  $R_f$ .

Jak już nadmieniono na wstępie, migracji powietrza lub gazów przez pojedynczą tamę izolacyjną, oczywiście można przeciwdziałać, stosując tzw. komory wyrównawcze. Jeśli jednak ich działanie nie obejmuje wszystkich szczelin i spęknięć w masywie skalnym w otoczeniu tamy, sposób ten, w odróżnieniu od wyżej opisanego będzie mniej skuteczny lub nieskuteczny.

### 3.2. Ściana eksploacyjna w pokładzie nienaruszonym

Rozumowanie przeprowadzone dla wyrobiska ślepego słuszne jest także dla prostego, choć dość rzadko spotykanego obecnie w praktyce przypadku prowadzenia pierwszej ściany eksploacyjnej w nienaruszonym pokładzie, tj. ściany niemającej żadnych połączeń (zrobowych, szczelinowych) z innymi rejonami wydobywczymi lub kompleksami zrobowymi poza własnymi zrobami. Wówczas jednak, podobnie

zresztą jak w większości rejonów eksploacyjnych, będąca do dyspozycji różnica ciśnień w śluzach regulacyjnych jest zwykle znacznie (wielokrotnie) mniejsza od wspomnianych 15 hPa. Wtedy też zakres przeciwdziałania niekorzystnym zmianom ciśnienia atmosferycznego odpowiada tej mniejszej dyspozycyjnej różnicy ciśnień w śluzach. Sposób ten – ze względów oczywistych można stosować tylko wtedy, gdy w danym rejonie wydobywczym istnieje nadmiar powietrza uzasadniający stosowanie tam regulacyjnych. W takim przypadku również dla kolejnych ścian w określonym polu eksploacyjnym, zwłaszcza przy ich przewietrzaniu na „U” po caliznie, często można przeciwdziałać niekorzystnym wpływom zmian ciśnienia atmosferycznego. Wtedy zaś, jak to jeszcze pokażemy na przykładzie, istotny jest odpowiedni dobór lokalizacji tam (śluz) regulacyjnych.

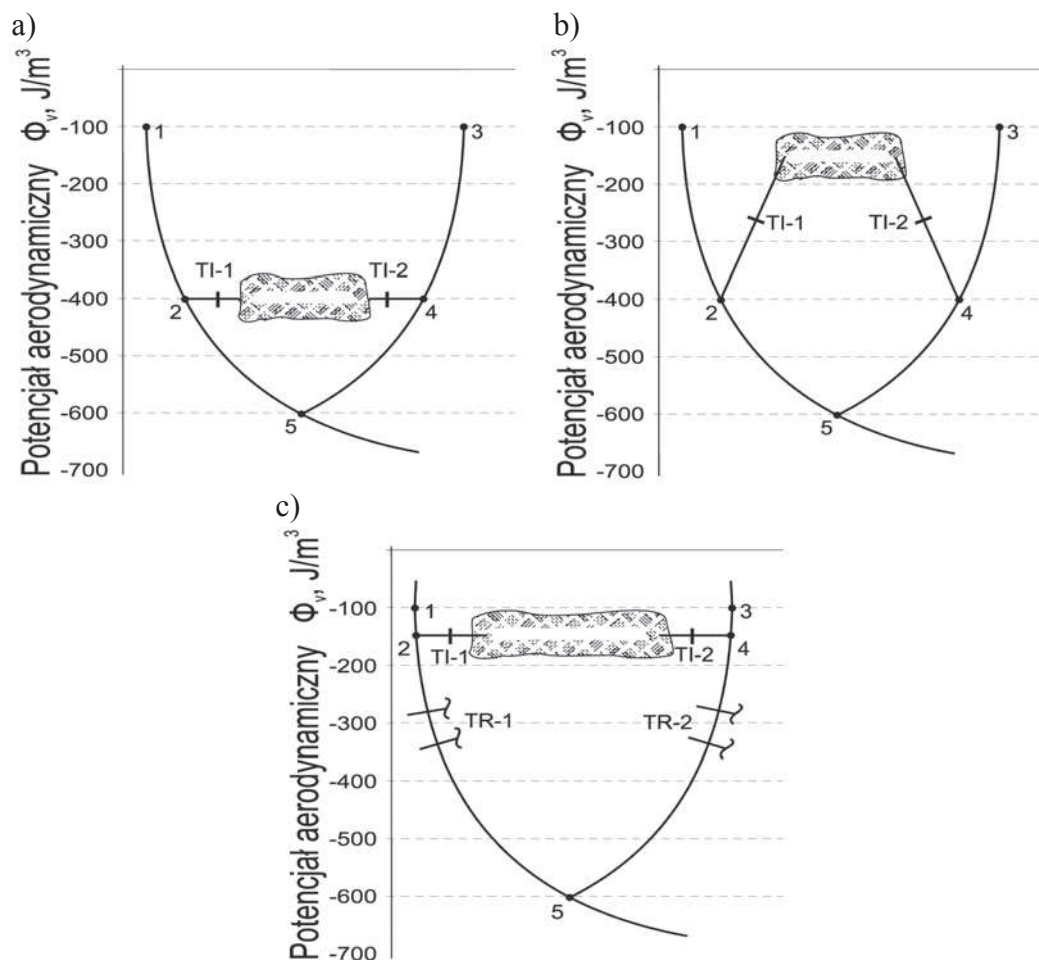
Namiastkę opisanego sposobu niejednokrotnie realizowano w praktyce górniczej dla przeciwdziałania wypływowi produktów samozagrzewania węgla w późnej fazie tego procesu. Przyjęło się wówczas pojęcie tzw. tam naporowych, przy czym ich stosowanie nie zostało związane ze zmianami ciśnienia atmosferycznego. Stosowanie takich tam na wylocie rejonu lub samego środowiska ściany, dawało oczywiście efekt zwyżki ciśnienia barometrycznego oddziaływującej na zroby ścianowe.

### 3.3. Przypadek przestrzeni otamowanych (obejmujących całe, niejednokrotnie rozległe kompleksy wyrobisko-zrobowe), wokół których wyrównany jest potencjał aerodynamiczny

Wskutek zmian ciśnienia atmosferycznego pojawiają się różnice ciśnień  $\Delta p$  w tamach izolujących tę przestrzeń, powodujące wypływ gazów zrobowych podczas zniżki ciśnienia atmosferycznego lub dopływ powietrza do zrobów podczas zwyżki tego ciśnienia, wynikające w ogólności z zależności (1). Wartości tych różnic zależą oczywiście m.in. od zmian ciśnienia atmosferycznego w czasie, czyli od szybkości tych zmian i czasu ich trwania, od szczelności (oporu aerodynamicznego) poszczególnych tam izolacyjnych i ich liczby oraz rozkładu oporów wewnątrz przestrzeni otamowanej. Wymienione różnice ciśnień  $\Delta p$  można wyznaczyć, np. za pomocą manometrów wodnych (U – rurek) podłączonych do rurek próbobiorczych w tamach izolacyjnych. Znając te różnice oraz dysponując danymi określającymi pole potencjału aerodynamicznego, w wielu przypadkach można dokonać zmiany tego pola, prowadzącej do zmniejszenia różnic ciśnień w tamach izolacyjnych lub też do całkowitej niwelacji tych różnic. Sposób postępowania wynika tu w ogólności z analizy rozkładu potencjału aerodynamicznego, analogicznej jak przy doborze środków prowadzących do wyrównania potencjału aerodynamicznego [13].

Wydaje się, że najprościej możliwość zniwelowania wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego na przestrzeń otamowaną można przedstawić dla zrobów zlokalizowanych przekątnie w sieci wentylacyjnej. Na schemacie potencjalnym (rys. 2) pokazano, że przy ustabilizowanym ciśnieniu atmosferycznym zdyssypowana energia (różnica ciśnień) w tamach izolacyjnych TI-1 i TI-2 wynosi zero.

Wskutek hipotetycznej nagłej zniżki ciśnienia atmosferycznego, tamy TI-1 i TI-2 stały się tamami wydechowymi (rys. 2 b). Chcąc w tych tamach uzyskać spadki potencjału (zdyssypowane energie, różnice ciśnień) równe zero, należałoby w bocznicach 2-5 i 4-5 (rys. 2 b) zastosować tamy regulacyjne i wywołać w nich spadek potencjału w przybliżeniu równy spadkom potencjału zachodzącym w tamach izolacyjnych TI-1 i TI-2 (rys. 2 c).



Rys. 2 Schemat potencjalny – a) ustabilizowane ciśnienie atmosferyczne – b) przy niższym ciśnieniu atmosferycznym – stan po regulacji – c) przy niższym ciśnieniu atmosferycznym - stan po regulacji

Fig. 2. Scheme of potentials/stabilized atmospheric pressure

Fig. 2a Situation of atmospheric pressure's decrease

Fig. 2b Situation of atmospheric pressure's decrease – state after the regulation

Tamy regulacyjne TR-1 i TR-2 wpływają na ograniczenie ilości powietrza płynącego w bocznicach 1-2 i 3-4. Stąd też w nowym układzie spadki potencjału w tych bocznicach ulegną zmniejszeniu. Nowe zaś ilości powietrza mogą być niewystarczające dla osiągnięcia założonych celów przewietrzania. Dlatego też, jak również z uwagi na możliwe do uzyskania spadki potencjału aerodynamicznego w tamach TR-1 i TR-2, opisany sposób może być nie dość skuteczny dla wyeliminowania wpływu gazów zrobowych do wyrobisk górniczych. Niezależnie od tego, należy podkreślić, że proces wyrównywania się ciśnień między środowiskami przed i za tamą izolacyjną jest procesem zachodzącym w czasie. Dlatego też w zależności od szybkości wyrównywania się tych ciśnień, w praktyce może zachodzić potrzeba sukcesywnego zmniejszenia spadków potencjału aerodynamicznego w tamach TR-1 i TR-2 (w miarę ustępowania niżki barometrycznej).

Podkreślić należy, że przy konstrukcji rysunków 2a, 2b i 2c założono, iż wewnątrz zrobów nie występują znaczące dyssypacje energii lub ciągi naturalne (depresje naturalne). Dlatego też na rysunkach tych zroby znajdują się na jednej płaszczyźnie równego potencjału. W rzeczywistości kopalnianej podane zjawiska dotyczące zrobów zwykle występują, a ich parametry są trudne do wyznaczenia. W każdym jednak przypadku, zerowanie się różnic ciśnień w tamach izolacyjnych świadczy o prawidłowości podjętych środków dla wyeliminowania niekorzystnych skutków zmian ciśnienia atmosferycznego na bezpieczeństwo załogi dołowej.

Tamy izolujące określoną przestrzeń nie mają jednakowych oporów aerodynamicznych. Jeśli jednak w tamach (jak na rys. 2b) zachodzą jednakowe różnice ciśnień, to przez tamy te muszą przepływać różne ilości gazów. Fakt ten można wykorzystać dla świadomej regulacji prędkości migracji gazów do jednej z tam poprzez odpowiednią zmianę jej oporu. Zagadnienie to objaśnimy później na jednym z przykładów z praktyki górniczej.

Nadmienić należy, że podobnie jak przy wyrównywaniu potencjału wokół zrobów lub pól pożarowych, dla zachowania właściwych parametrów powietrza kopalnianego wystarczające może być niepełne eliminowanie wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego.

Koncepcja opisanego sposobu eliminowania wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego może naturalnie zostać zastosowana także podczas zwężki ciśnienia atmosferycznego, dla uniemożliwienia lub co najmniej utrudnienia przenikania powietrza do przestrzeni otamowanych. W takiej, odwrotnej sytuacji niż to ilustrują 2b i 2c, trzeba podjąć działania dla zmniejszenia potencjału aerodynamicznego (a tym samym także ciśnienia) przy tzw. kontaktach wyrobisk czynnych z otamowanymi, tzn. w węzłach 2 i 4 przy tamach izolacyjnych TI-1 i TI-2. Wówczas, oczywiście tamy regulacyjne TR-1 i TR-2 należałoby zastosować w bocznicach 1-2 i 3-4.

Sposoby kształtowania rozkładu potencjału aerodynamicznego w odniesieniu do wyrównywania potencjału wokół pól pożarowych czy zrobów są znane z wielu publikacji,

w tym m.in. z [12], [13] i [14]. Sposoby te można oczywiście stosować także do odpowiedniego kształtowania pola potencjału celem niwelowania niekorzystnego oddziaływania zmian ciśnienia barometrycznego, a to także dla znacznie bardziej niż na rysunku 2 skomplikowanych sytuacji z jakimi spotykamy się w praktyce.

### 3.4. W rejonach eksploatacyjnych

Zwykle dąży się do niedopuszczenia do wypływu gazów zrobowych do przestrzeni roboczej ściany. Wówczas w wielu przypadkach nie ma możliwości zmian potencjału aerodynamicznego, a tym samym ciśnienia powietrza w tej przestrzeni. Można jednak na ogół zintensyfikować pożądaną tendencję kierunku migracji gazów przez zmniejszenie lub zwiększenie spadku potencjału aerodynamicznego między przestrzenią roboczą a wyrobiskami z powietrzem zużytym. I tak, zwiększenie spadku potencjału aerodynamicznego utrudni wypływ gazów zrobowych do przestrzeni roboczej podczas niżki ciśnienia barometrycznego, zaś zmniejszenie tego spadku (lub nawet odwrócenie jego kierunku) przeciwdziała dopływowi powietrza do zrobów z pola roboczego.

W pierwszym z tych przypadków wzrośnie spadek potencjału aerodynamicznego w tamach izolacyjnych wydechowych. W drugim natomiast spadek ten się zmniejsza, przy czym dla uzyskania pożądanego efektu może zająć potrzeba odwrócenia kierunku tendencji migracji gazów zrobowych. W kolejnym rozdziale podamy przykłady takiego postępowania.

### 3.5. Wewnątrz otamowanej przestrzeni

W czasie niżki ciśnienia atmosferycznego powstają warunki jak podczas występowania wewnętrznego źródła masy, co ma miejsce, np. podczas podawania gazów inertnych do tej przestrzeni. Odpowiednie kształtowanie pola potencjału aerodynamicznego może utrudnić niepożądany wypływ gazu obojętnego (inertnego) lub też ograniczyć potrzebną intensywność jego stosowania, a to zarówno przy niżce, jak i zwykle ciśnienia atmosferycznego. Możliwe często bywa także stworzenie rozkładów spadku potencjału aerodynamicznego, ułatwiających kierowanie gazu inertnego do miejsca samozagrzewania węgla lub ogniska pożaru. Dlatego też w każdym przypadku inertyzacji atmosfery w przestrzeni otamowanej, jak najbardziej celowe jest przeprowadzenie szczegółowej analizy pola potencjału aerodynamicznego, ujmującej m.in. wybór miejsca zadawania gazu inertnego oraz stworzenie warunków migracji tego gazu w pożądanym kierunku, przy równoczesnej minimalizacji strat tego gazu i w ogóle minimalizacji jego zużycia w procesie inertyzacyjnym. Zagadnienie to jest zatem szczególnie ważne dla kopalń, zarówno z uwagi na skuteczność zapobiegania pożarom endogenicznym, jak i z uwagi na koszt tegoż procesu, a przy tym obydwa te czynniki z oczywistych względów są ze sobą powiązane.

## 4. Przykłady kształtowania rozkładu spadków potencjału aerodynamicznego dla przeciwdziałania zagrożeniom wentylacyjno-pożarowym związanym ze zmianami ciśnienia atmosferycznego

### 4.1. W polu zachodnim byłej KWK „Wesoła”

W KWK „Mysłowice-Wesoła” (Ruch „Wesoła”) istniała ściana 912a w pokładzie 501 przewietrzana na „U” po całej długości węglowej (rys. 3). Charakterystyczny dla tej ściany był brak połączeń zrobowych z jakimkolwiek pokładem, w

tym z pokładem 501. Zrobiły ściany 912a stanowiły zatem zbiornik, który można traktować analogicznie jak ślepe, nieotamowane wyrobisko. Powietrze świeże do ściany doprowadzane było chodnikiem IV, pochylnią III, chodnikiem VIII, pochylnią IV, chodnikiem Xd, pochylnią V, rozciągniętą ścianą 11 i przecinką ściany 12. Powietrze zużyte zaś odprowadzane było chodnikiem Xc do chodnika X zachodniego i dalej w kierunku szybu „Wacław”. W chodniku IV istniał szeregowy układ tam regulacyjnych, które przejmowały znaczny spadek potencjału aerodynamicznego – około 130 mm sł. H<sub>2</sub>O = 12,7 hPa. Wewnątrz rejonu ściany (w rejonowych drogach powietrza świeżego i zużytego) nie stosowano tam regulacyjnych. Gdyby jednak, np. w chodniku X zachodnim istniał układ otwartych tam regulacyjnych gotowy do zamknięcia, to przez otwarcie tam regulacyjnych w chodniku IV i zamknięcie tam w chodniku X zachodnim (zachowując przy tym pierwotną ilość powietrza w rejonie), można by przeciwdziałać zmianom ciśnienia atmosferycznego o amplitudzie do ok. 12,7 hPa. Ewentualne zaś zmniejszenie ilości powietrza w rejonie ściany 912a przez zwiększenie wówczas oporu tam regulacyjnych w chodniku X zachodnim, umożliwiłoby przeciwdziałanie zmianom ciśnienia atmosferycznego przekraczającym wymienione 12,7 hPa (do około 14,2 hPa) – rys. 3.

Nadmienić warto, że pożądaną rozkład potencjału aerodynamicznego (przed otamowaniem rejonu ściany 912a tamami TP-1 i TP-2), można by także uzyskać tamami regulacyjnymi zlokalizowanymi w chodnikach Xd i Xc. Utrzymywanie tak dużych spadków potencjału w tamach regulacyjnych wewnątrz rejonu stwarza jednak określone trudności techniczne i na ogół ogranicza możliwości (zakres) przeciwdziałania niekorzystnemu wpływowi zmian ciśnienia barometrycznego.

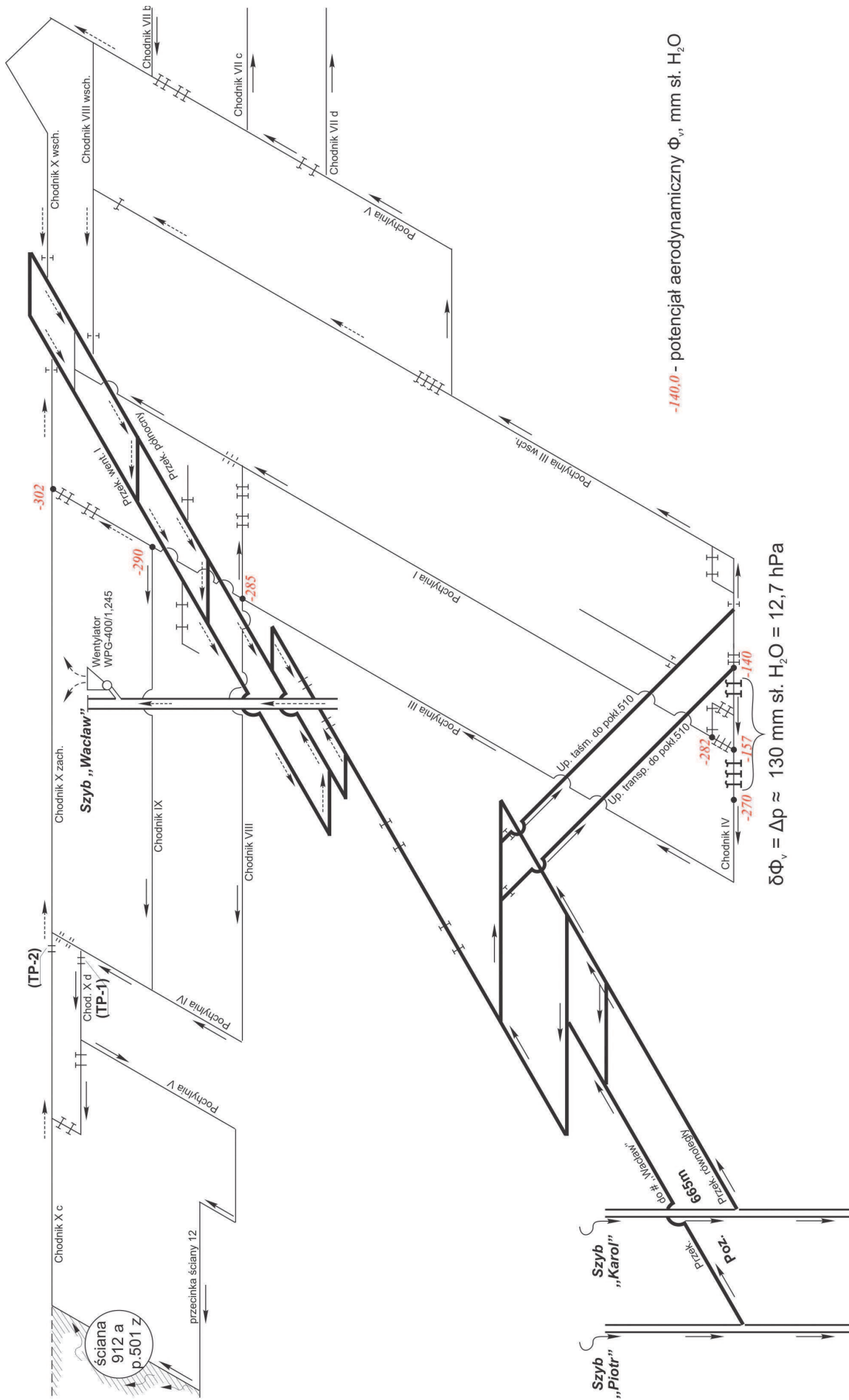
W opisanym przykładzie możliwości skutecznego niwelowania wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego wynikają ze stosowania tam regulacyjnych potrzebnych dla ograniczania ilości powietrza w rejonie ściany 912a, czyli z nadmiaru powietrza sprzyjającego często powstawaniu pożarów endogenicznych w zrobach.

### 4.2. W byłym ZG „Bytom” III

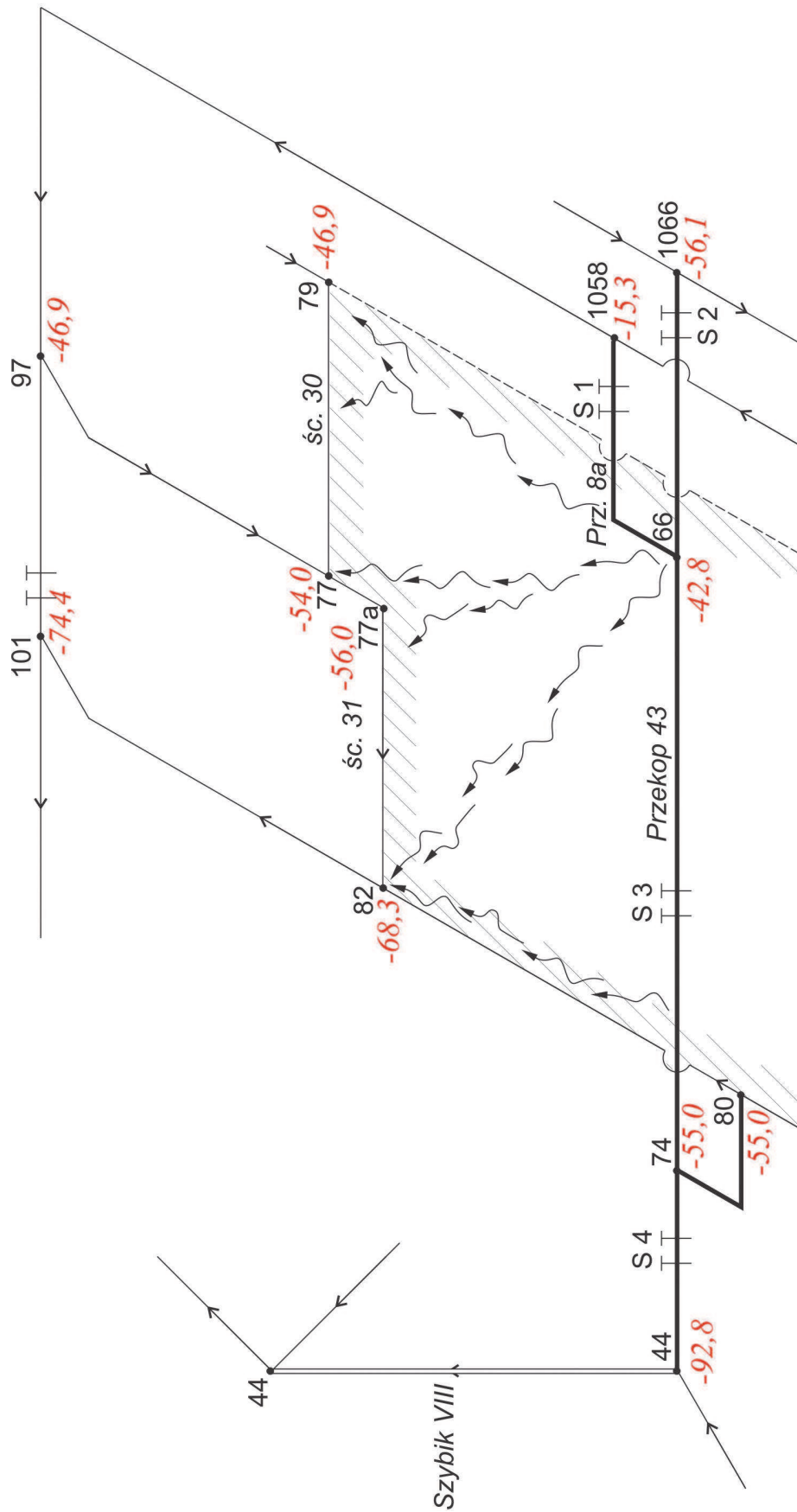
W byłym ZG „Bytom” III, obecnie KWK „Bobrek-Centrum”, wybierane były ściany 30 i 31 w pokładzie 510. Ich prowadzenie odbywało się w czterech fazach, przy czym każdorazowo dążono do stosowania rozprowadzenia powietrza typu „U” po całej długości. Dla uzyskania takiego sposobu przewietrzania w fazie III przewidziano najpierw równoległe przewietrzanie ścian. Jednak ze względów klimatycznych zmieniono ów sposób i zrealizowano szeregowie przewietrzanie ścian 30 i 31 z doświeżaniem ściany 31. Umożliwiło to istotne zwiększenie intensywności przewietrzania obu ścian, przy zachowaniu systemu „U”, co ilustruje poniższy schemat (rys.4).

Około 22m poniżej spągu pokładu 510 pod parcelami ścian 30 i 31 znajdował się przekop 43 nadebrany eksploatacją dwóch warstw pokładu 509 i jednej pokładu 510. W rejonie tym bowiem prowadzono dalszą eksploatację, obejmującą drugą (przyspągową) warstwę pokładu 510 i dwie warstwy pokładu 509. Istniejące uwarunkowania górnicze i tapaniowe w rejonie doprowadziły do rozszczelnienia górotworu między przekopem 43 a pokładem 510, potwierdzonego m.in. wpływem wody ze stropu do tegoż przekopu. Istniała zatem również możliwość migracji gazów między środowiskami ścian 30 i 31 a przekopem 43.

W jednym ze stanów regulacji rozplywu powietrza w rejonie ścian 30 i 31 ustalił się w przybliżeniu rozkład potencjału aerodynamicznego ujęty na rysunku 4. W stanie tym istniała tendencja migracji gazów od przekopu 43 do przestrzeni ro-



Rys. 3. Schemat przestrzenny rejonu pokładu 501/B na poz. 665 m w byłej KWK „Wesola”  
 Fig. 3. Spatial scheme of the area of seam 501/B on the 665 m level in the former KWK “Wesola”



-56,1 - potencjał aerodynamiczny  $\Phi_v$ , mm st. H<sub>2</sub>O

Rys. 4. Schemat przestrzenny rejonu ścian 30 i 31 w pokładzie 510 w byłym ZG „Bytom III”  
 Fig. 4. Spatial scheme of the area of longwalls 30 and 31 in the 510 seam in the former ZG Bytom III



boczej ścian 30 i 31, wyrażająca się następującymi różnicami potencjału:

- parcela zrobowa ściany 30  
od 4,1 mm sł.  $H_2O$  między węzłami 66 i 79  
do 13,2 mm sł.  $H_2O$  między węzłami 66 i 77a,
- parcela zrobowa ściany 31  
od 13,2 mm sł.  $H_2O$  między węzłami 66-77a  
do 25,5 mm sł.  $H_2O$  między węzłami 66-82, przy  $\delta\Phi_{V_{74-82}} \approx 13,3$  mm sł.  $H_2O$ .

Tendencja ta utrudniała dopływ powietrza ze ścian do przyfrontowej przestrzeni zrobowej. W przypadku zatem hipotetycznego wzrostu ciśnienia powietrza o 40 Pa = 4,1 mm sł.  $H_2O$ , wzdłuż całego frontu ścian nadal praktycznie nie będzie istniało wnikanie powietrza ze ścian do zrobów. Natomiast przy dalszym wzroście ciśnienia atmosferycznego, począwszy od węzła 79 (wlot do ściany 30), zaczęłyby się migracja powietrza do zrobów. Po wzroście tego ciśnienia o 130 Pa  $\approx$  13,2 mm sł.  $H_2O$ , powietrze wnikałoby na całej długości ściany 30 do jej zrobów, z tendencją malejącą na drodze wzdłuż całego frontu wybierkowego 79-77-77a (rys. 4). Zaś po jego wzroście o ok. 250 Pa  $\approx$  25,5 mm sł.  $H_2O$ , przenikałoby ono do zrobów z tendencją malejącą na drodze od węzła 79 do 82.

Opisanemu zjawisku – występującemu w czasie zwyżek ciśnienia barometrycznego można było przeciwdziałać otwierając tamy słuzowe S1 i S3. Wtedy bowiem potencjał aerodynamiczny w przekopie 43, na odcinku między węzłami 66 i 74, wyniósłby ok. -15,3 mm sł.  $H_2O$ , a to przy różnicy potencjałów między tym przekopem a przestrzenią roboczą ścian 30 i 31 wynoszącej od ok. 31,6 mm sł.  $H_2O$  = 310 Pa do ok. 53,0 mm sł.  $H_2O$  = 520 Pa. W tym zatem przypadku można było zapobiegać wnikaniu powietrza do przystropowej części zrobów wzdłuż całej długości ścian 30 i 31, przy wzroście ciśnienia atmosferycznego o ok. 310 Pa (3,1 hPa). Opisane działanie jest celowe z uwagi na prewencję pożarów endogenicznych. W praktyce ruchowej często jednak dąży się do tego, by podczas zniżki ciśnienia atmosferycznego gazy zrobowe nie wypłynęły do przestrzeni roboczej. W rozpatrywanym przypadku takim wypływowi też można było przeciwdziałać, a to przez otwarcie tam słuzowych S3 i S4 (przy zamkniętych tamach S1 i S2). Zabieg taki powodował zmniejszenie potencjału aerodynamicznego w przekopie 43 w przybliżeniu do -92,8 mm sł.  $H_2O$  = 910 Pa i wywołanie spadku potencjału między frontem ścian 30 i 31 a przekopem 43 o pożądanym kierunku do przekopu 43 i to o znacznej wartości ok. 45,9 mm sł.  $H_2O$  = 450 Pa, między węzłem 79 i przekopem 43 oraz 24,5 mm sł.  $H_2O$  = 240 Pa, między węzłem 82 a tym przekopem. Wynika stąd, że przy spadku ciśnienia atmosferycznego nie większym niż 240 Pa, (2,4 hPa) w żadnym miejscu ścian 30 i 31 nie wypływałyby wtedy gazy zrobowe. Zaś przy większym spadku ciśnienia atmosferycznego zaczęłyby pojawiać się migracje gazów zrobowych, najpierw do sąsiedztwa węzła 82 oraz środowiska ściany 31, obejmując cały obszar obu ścian, przy spadku tego ciśnienia przekraczającym 450 Pa (4,5 hPa).

W przypadku ścian 30 i 31 można było przeciwdziałać niekorzystnemu wpływowi zmian ciśnienia atmosferycznego przy praktycznie niezmiennym rozkładzie potencjału aerodynamicznego w rejonie – środowisku tych ścian. Skuteczność omówionych działań zależała od możliwego do osiągnięcia zakresu zmian potencjału aerodynamicznego w przekopie 43. Zmiany te w opisanej sytuacji są mniejsze od maksymalnie spotykanych zmian ciśnienia atmosferycznego. Niemniej jako celowe należy uznać zastosowanie podanych środków nawet przy zmianach ciśnienia atmosferycznego, uniemożliwiających w pełni wyeliminowanie niekorzystnych skutków tych zmian, gdyż wówczas ulegają osłabieniu niepożądane migracje gazów zrobowych w kierunku miejsc pracy załogi dołowej.

### 4.3. W partii „L” byłej KWK „Śląsk”

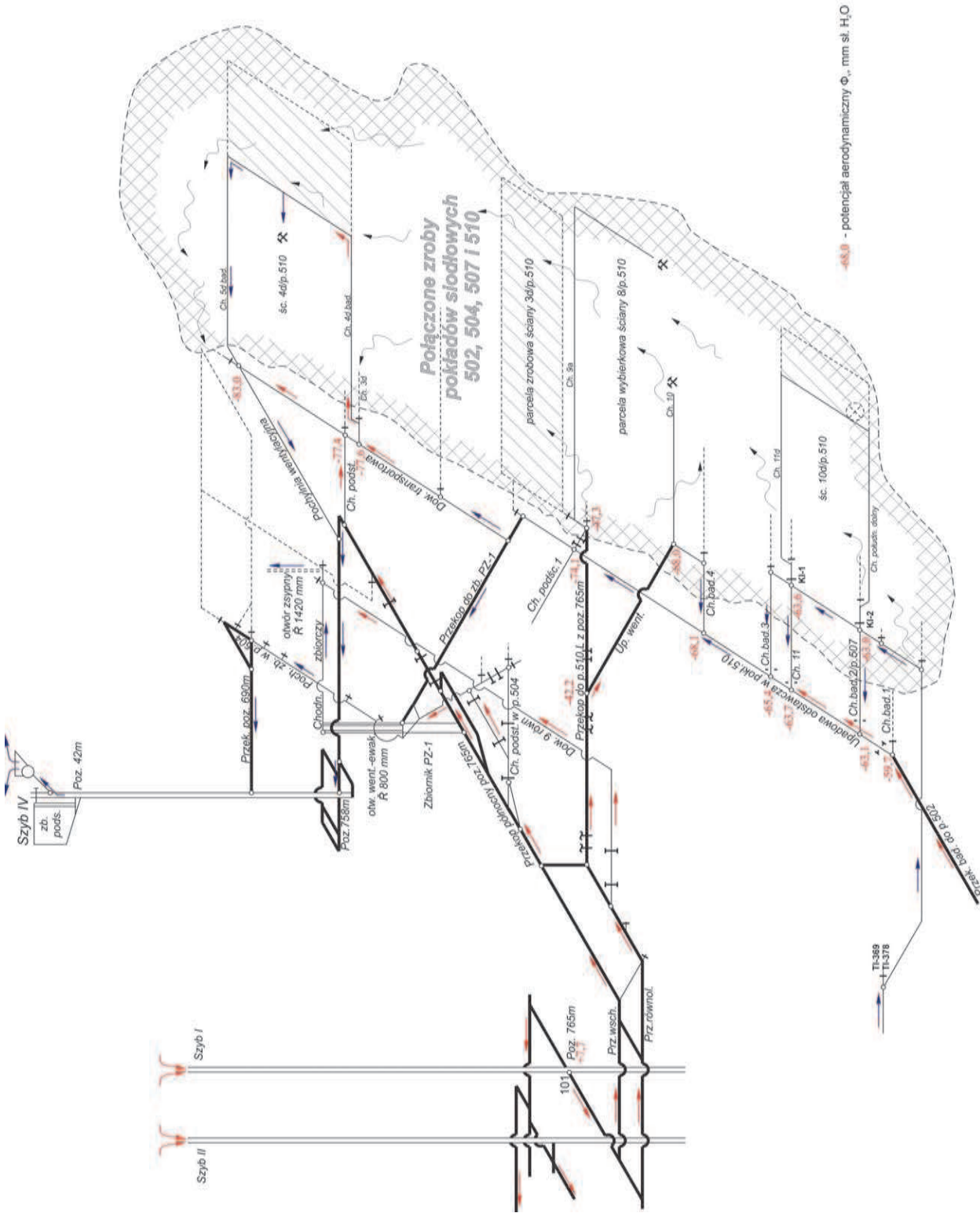
W (obecnie) Ruch „Śląsk” KWK „Wujek” w rejonie ściany 10d wybieranej na zawał w metanowym pokładzie na skrzyżowaniu chodnika południowego dolnego z tą ścianą powstał pożar [15], który w dniach od 21 do 26.07.2004 r. odizolowano tamami (korkami) przeciwwybuchowymi KI-1 i KI-2 (rys. 5). Odizolowanie to stanowił praktycznie szczelny korek wodny KI-1 wykonany w chodniku 11 oraz korek KI-2 usytuowany w chodniku badawczym 2 w pokładzie 507.

Górotwór w otoczeniu pokładu 510, a szczególnie w rejonie ściany 10d jest silnie spękany, przy czym zroby tego pokładu są połączone ze zrobami wcześniej wybranych na zawał kilku innych pokładów siodłowych. Istniejąca w partii „L” połączona przestrzeń wyrobiskowo-zrobowa jest ogromna. Jej oszacowana, tzw. wolna (czynna) objętość początkowa wynosi około 5 mln  $m^3$ , a wobec istnienia połączeń tej przestrzeni ze zrobami byłej KWK „Katowice-Kleofas”, ta czynna objętość może wynosić nawet 7÷8 mln  $m^3$ . Tak duża objętość kompleksu zrobowego już w czasie ruchu ściany 10d powodowała, że środowisko tej ściany było szczególnie narażone na wypływy gazów zrobowych w czasie spadku ciśnienia atmosferycznego, co wymagało okresowego zwiększenia ilości powietrza w ścianie. Stwierdzony wzrost intensywności tych wypływów był w znacznej mierze spowodowany przeprowadzonym, potrzebnym skądinąd bardzo, dobrym odizolowywaniem środowisk wcześniej wybieranych ścian w pokładach siodłowych partii „L” od czynnych wyrobisk. Istniejący stan był wielce niekorzystny, także z uwagi na zapobieganie pożarom endogenicznym w rejonie ściany 10d. Sprzyjał on bowiem podczas zwyżek ciśnienia barometrycznego głębokiemu wnikaniu powietrza (tlenu) do połączonej przestrzeni zrobowej, głównie od strony środowiska ściany 10d, będącej wówczas jedyną czynną ścianą w partii „L”.

Po odizolowaniu rejonu ściany 10d podjęto szeroko zakrojony zakres prac profilaktycznych związanych m.in. z wyrównaniem potencjałów aerodynamicznych, wtłaczaniem dwutlenku węgla do przestrzeni wyrobiskowo-zrobowej i chłodzeniem gazów zrobowych.

Do czasu wznowienia przewietrzania ściany 10d (luty 2005 r.), zmianom ciśnienia barometrycznego towarzyszyły bardzo duże zmiany różnicy ciśnień powietrza obserwowane na izolacyjnym korku wdechowym KI-2 (od ok. + 40 mm sł.  $H_2O$  w czasie zniżek ciśnienia atmosferycznego do ok. - 60 mm sł.  $H_2O$  podczas zwyżek ciśnienia atmosferycznego). Toteż podczas określonych zwyżek tego ciśnienia dochodziło kilkakrotnie do znaczących wzrostów stężenia tlenu w środowisku miejsca pożaru (skrzyżowanie ściany 10d z chodnikiem podścianowym), dochodzących do około 14%. Oczywiście nie sprzyjało to procesowi gaszenia pożaru (stygnięcia ogniska pożarowego). Wobec tych niekorzystnych zjawisk, celem uniknięcia reaktywacji pożaru z lipca 2004 r., ponownie otamowano (zaizolowano) w kwietniu 2005 r. rejon ściany 10d „otwarty” w lutym 2005r. Po tej powtórnej izolacji ustalił się w partii „L” rozkład potencjału aerodynamicznego. Z rys.5 wynika, że wówczas w ogólności istniała dość duża tendencja migracji gazów ze środowiska otamowanej ściany 10d (oraz z drążonego chodnika 10 i przecinki ściany 8) ku górze w kierunku wyrobisk w rejonie czynnej wtedy ściany 4 ( $\delta\Phi_{V_{max}} \approx 30$  mm sł.  $H_2O$ ), przy czym tendencja ta była niewątpliwie wzmacniana znaczącym ciągiem naturalnym, generowanym w połączonych zrobach pokładów 507, 509 i 510 partii „L”.

Począwszy od ponownego zaizolowania ściany 10d (06.04.2005 r.), na bieżąco mierzono ciśnienie atmosferyczne



Rys. 5. Schemat przestrzenny rejonu pokładu 510 w partii „L” KWK „Wujek” Ruch „Słask”  
Fig. 5. Spatial scheme of seam 510 in the area of “L” KWK “Wujek” Ruch “Słask”

$p_0$  i różnice ciśnień  $\Delta p$  przejmowane przez korek KI-2 oraz wykonywano analizy gazów pobieranych ze środowiska ściany 10d. Istotne ich wyniki przedstawiono graficznie na rys. 6, uzyskując przebieg zmian  $p_0$  i  $\Delta p$  oraz kształtowanie się stężenia tlenu w środowisku ściany 10d w kwietniu i maju 2005 r.

Zgodnie z rys. 6, w kwietniu 2005 r. zmianom ciśnienia barometrycznego towarzyszyły bardzo duże zmiany różnicy ciśnień  $\Delta p$  przejmowanej przez korek izolacyjny KI-2, a amplituda tych zmian osiągała 200 mm sł.  $H_2O$ . Była ona zatem w przybliżeniu dwukrotnie większa niż w początkowym okresie po otamowaniu pożaru z dnia 20.07.2004 r. Znaczący wzrost tej wielkości był spowodowany zwiększeniem szczelności otamowania rejonu ściany 10d, jak i istotnym doszczelnieniem likwidowanego rejonu pokładu 510 w byłej kopalni „Katowice – Kleofas” (mającego połączenia zrobowe z partią „L” Ruchu „Śląsk”).

Bardzo duże różnice ciśnień  $\Delta p$  na korku KI-2, oczywiście skutkowały także większą intensywnością wnikania powietrza m.in. przez ten korek w kierunku ogniska pożaru, w środowisku ściany 10d, co potwierdza kształtowanie się stężenia tlenu w tym środowisku (rys. 6). Dla przeciwdziałania temu zjawisku, autorzy pracy proponowali już w czasie pierwotnego otamowania rejonu ściany 10d, by w wybranym przekroju wypływowym połączonych zrobów pokładów 507, 509 i 510 partii „L”, częściowo rozszczelnić te zroby. W takim stanie – zgodnie zresztą z jakościowym opisem (rozdz. 2) – znacząco większe ilości gazów migrować będą do lub z otamowanej przestrzeni przez przekrój o istotnie mniejszym oporze niż opór korka KI-2. Proponowany zabieg („upust”) utrudniałby lub wręcz uniemożliwił dopływ powietrza (tlenu) do wymienionego ogniska pożaru. Częściowe lokalne rozszczelnienie zrobów (poprzez tzw. upust), praktycznie nie ma wpływu na zmianę rozkładu potencjału aerodynamicznego wokół przestrzeni otamowanej, powoduje jednak pożądaną zmianę tego rozkładu między przestrzenią otamowaną a wyrobiskami czynnymi (nieotamowanymi).

W warunkach partii „L” w czasie pierwotnego otamowania rejonu ściany 10d z różnych względów nie skorzystano z wymienionej propozycji. Natomiast prowadzone roboty przygotowawcze dla ściany 8 w warstwie przystropowej pokładu 510/L, na początku maja 2005 r. niejako samoczynnie spowodowały realizację tejże propozycji. Pożądanym i oczekiwany efekt profilaktyczny, uzyskany w wyniku rozszczelnienia zrobów pokładu 510 w partii „L” tymi robotami był ewidentny, co pokazały bezpośrednio przebiegi zmian ciśnienia atmosferycznego i różnicy ciśnień na korku KI-2 oraz kształtowania się stężenia tlenu w pobliżu miejsca pożaru w miesiącach kwietniu i maju 2005 r. – rys. 6. Począwszy bowiem od maja 2005 r. amplituda zmian ciśnienia w tym korku wywoływana zmianami ciśnienia atmosferycznego nie przekracza 10 mm sł.  $H_2O$  (przed rozszczelnieniem zrobów nawet 200 mm sł.  $H_2O$ ). W efekcie, w środowisku z zagrzany węglem praktycznie nie dochodzi już wtedy do wzrostów zawartości  $O_2$  powyżej 6% (rys. 6). Można zatem uznać, że od maja 2005 r. był zapewniony niezakłócony proces naturalnego stygnięcia miejsca pożaru endogenicznego z dnia 20.07.2004 r. zaistniałego w środowisku ściany 10d.

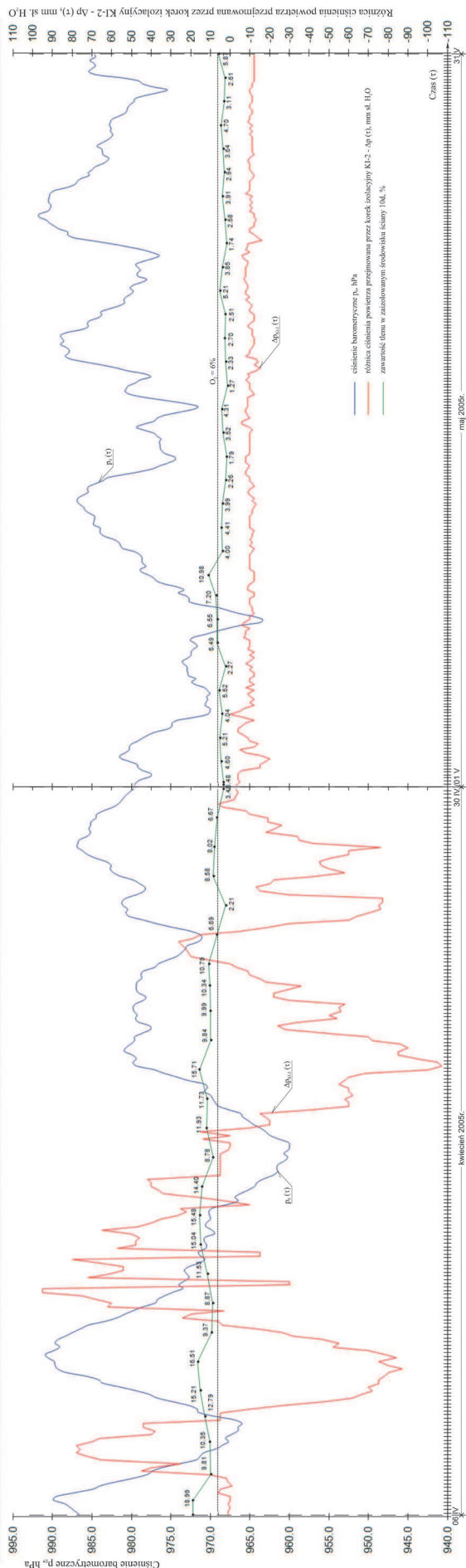
Dodać należy, iż idea proponowanego wcześniej sposobu zmniejszania możliwości przenikania powietrza (tlenu) do określonych stref zrobowych o dużym zagrożeniu pożarem endogenicznym, oparta na tzw. upuście, została efektywnie wykorzystana w późniejszym okresie do minimalizacji zagrożenia pożarem endogenicznym w środowisku likwidowanej ściany 9d w pokł.510/L [16].

## 5. Podsumowanie i uwagi dodatkowe

W pracy przedstawiono i oceniono stosowane dotychczas w podziemnym górnictwie węgla kamiennego sposoby eliminowania niepożądanego w kopalniach zjawiska nazywanego oddychaniem zrobów, wywołwanego zmianami ciśnienia atmosferycznego. Wskazano na celowość dążenia do wyeliminowania (ograniczenia) wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego na to zjawisko, powodujące określone zagrożenia, zwłaszcza pożarowe i gazowe (metanowe) od zrobów. Celowość ta wynika z obserwowanej obecnie większej intensywności zjawiska „oddychania zrobów”, co jest skutkiem prowadzenia robót górniczych coraz częściej w sąsiedztwie dużych otamowanych przestrzeni zrobowych (całe kompleksy zrobowe obejmujące niejednokrotnie kilka wybranych wcześniej pokładów). Podano też przydatny dla praktyki opis oddziaływania zmian ciśnienia atmosferycznego na tendencje migracji gazów przez przestrzenie otamowane – wnikanie powietrza kopalnianego do otamowanych przestrzeni zrobowych podczas zwyżek oraz przenikanie gazów zrobowych z takich przestrzeni do środowiska czynnych wyrobisk górniczych pod wpływem niżek ciśnienia atmosferycznego. Opis ten w niezbędnym zakresie powiązано jakościowo ze stanem pola potencjału aerodynamicznego, istniejącym w otoczeniu przestrzeni otamowanej. Z kolei przedstawiono praktyczne możliwości przeciwdziałania wymienionym zagrożeniom powodowanym zmianami ciśnienia atmosferycznego, oczywiście poprzez odpowiednie kształtowanie pola potencjału aerodynamicznego w określonych charakterystycznych rejonach robót, sąsiadujących z otamowanymi przestrzeniami zrobowymi, wyrobiskowymi lub całymi kompleksami wyrobiskowo-zrobowymi. Wskazano przy tym na konieczność odpowiedniego kształtowania rozkładu potencjału aerodynamicznego wokół określonych przestrzeni zrobowych, celem zapewnienia w nich szybkiej, skutecznej i racjonalnej ekonomicznie inertyzacji atmosfery dla prewencji zagrożenia pożarem endogenicznym.

Zaproponowana w pracy koncepcja – bazująca na odpowiednim kształtowaniu pola potencjału aerodynamicznego w określonych częściach kopalnianej sieci wentylacyjnej, dla przeciwdziałania zagrożeniom pożarowym i gazowym (metanowym), wywołwanym zmianami ciśnienia powietrza atmosferycznego – została wdrożona w kilku kopalniach węgla, zwłaszcza Katowickiego Holdingu Węglowego S.A. Przedstawiono charakterystyczne trzy przykłady zastosowania przedmiotowej koncepcji, przy czym wykorzystano ją także dla celów prewencji zagrożenia pożarowego i gazowego od zrobów w rejonie ściany 8b-S w pokł.510 w polu S KWK „Murcki-Staszic” Ruch „Staszic” i zagrożenia pożarem endogenicznym podczas likwidacji ściany 9d w pokł.510 w partii „L” KWK „Wujek” Ruch „Śląsk”.

Obecnie w kopalniach KHW S.A. coraz częściej zachodzi potrzeba prowadzenia robót przygotowawczych i eksploatacyjnych w sąsiedztwie rozległych otamowanych kompleksów wyrobiskowo-zrobowych obejmujących na ogół zroby zawalowe pokł.510 (jego warstwy przystropowej) lub też połączone zroby kilku innych pokładów siódłowych. Należy sądzić, iż analogiczna sytuacja dotyczy także znacznej liczby pozostałych polskich kopalń węgla kamiennego. W związku z tym można się spodziewać, że nasilać się w nich będą zagrożenia aerologiczne od zrobów, powodowane zmianami ciśnienia atmosferycznego. Zważywszy na postępujący wzrost głębokości prowadzonych robót górniczych, dla rejonów tych robót winno być każdorazowo wyznaczane, aktualizowane i właściwie kształtowane pole potencjału aerodynamicznego, oczywiście z uwzględnieniem przestrzeni zrobowych istniejących w danym rejonie. Dla umożliwienia ujednolicającego,



**Rys. 6. Zmiany w czasie  $\tau$  ciśnienia atmosferycznego  $p_0$  i różnicy ciśnienia  $\Delta p$  przyjmowanej przez korek izolacyjny K1-2 w Chodniku badawczym 2/pokł.507 związanym ze środowiskiem zaizolowanej ściany 10d w pokł.510 partii „L” KWK „Wujek” Ruch „Śląsk”**  
**Fig. 6. Changes over time  $\tau$  of atmospheric pressure  $p_0$  and the difference of pressures  $\Delta p$  taken over by isolating blockage K1-2 in the Exploratory Drift 2/seam 507 associated with environment of isolated longwall 10d in 510 seam of the area „L” in KWK „Wujek” Ruch „Śląsk”**

systemowego i racjonalnego działania w tym zakresie w aspekcie prewencji spodziewanych zagrożeń aerologicznych, wskazane jest opracowanie odpowiednich wytycznych (instrukcji). W wytycznych takich można by także przedstawić zasady przeprowadzania przybliżonej oceny ilościowej tzw. retencyjnego działania zrobów, mogącego powodować okresowo dodatkowe znaczące dopływy metanu ze zrobów do środowiska ścianowego, a to pod wpływem spadku ciśnienia atmosferycznego lub zmian potencjału aerodynamicznego w kopalnianej sieci wentylacyjnej. Czynniki te bowiem nie są praktycznie uwzględniane w wykonywanych prognozach metanowości projektowanych wyrobisk, co może prowadzić do błędnych ocen pod kątem zgodności prognozy z późniejszym faktycznym wydzielaniem metanu.

Podany zakres zagadnień obejmujący w ogólności właściwe wyznaczenie i racjonalne kształtowanie w podziemnych kopalniach węgla rozkładu spadków potencjału aerodynamicznego w rejonach prowadzonych robót górniczych i innych (np. likwidacyjnych lub związanych ze spustem wody z zatopionych zrobów), zdaniem autorów, powinien zostać odpowiednio uwzględniony w nowelizowanych obecnie przepisach górniczych – Rozporządzeniu Ministra Gospodarki w sprawie prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych.

**Literatura**

1. *Budryk W.*: Wentylacja kopalń, cz. 1, Przewietrzanie wyrobisk, PWT, Katowice 1951.
2. *Budryk W.*: Pożary i wybuchy w kopalniach, cz. 1. Pożary podziemne, Górnictwo, Tom XI, WGH, Katowice 1956.
3. *Bystron H.*: Methode de rendre une mine impedante des oscillations de la pression d' air, Konferencja Dyrektorów Kopalń Doświadczalnych, Verneulen Halatte, październik 1958.
4. *Bystron H.*: Metody manometryczna i barometryczna pomiaru ciśnienia statycznego powietrza wentylacyjnego w wyrobiskach górniczych, „Przeгляд Górnicy” 2000, nr 12.
5. *Bystron H., Raczynski A.*: Próba opracowania urządzenia do automatycznego usuwania zmian ciśnienia barometrycznego w polu pożarowym, prace GIG – KD Barbara 1954.
6. *Francart W.J., Beiter D.A.*: Barometric pressure influence in mine fire sealing, VI Międzynarodowy Kongres Wentylacji Kopalń, Pittsburgh, Maj 1997.
7. *Fritzsche C.H.*: Lehrbuch der Bergbaukunde mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaus, t.I, wydanie X. Springer Verlag, Berlin/Gottingen/Heidelberg, 1961.
8. *Kajdasz Z., Markefka P., Stefanowicz T.*: Zagrożenia aerologiczne wywoławcze w kopalniach głębinowych zmianami ciśnienia barometrycznego – sposób eliminowania, „Ratownictwo Górnicy” 2002, nr 2.
9. *Markefka P., Musiol D., Skwarek H., Stefanowicz T., Sulkowski J.*: Ocena działań podjętych przez Kopalnię w rejonie ściany 10d w pokładzie 510/partia L oraz zbadanie pod względem wentylacyjno-pożarowym możliwości dalszej, bezpiecznej eksploatacji pokładu 510 w partii L KWK „Wujek”, dokumentacja SITG, Oddz. Gliwiczko-Zabrzeński, sierpień 2005.
10. *Markefka P., Wojtyczka A.*: Wentylacyjne sposoby likwidacji pól pożarowych w kopalniach węgla, SITG Zarząd Oddziału w Katowicach, materiały szkoleniowe, 1984.
11. *Poradnik Górnika*, t. 3, Dz.I: Przewietrzanie kopalń, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1974.
12. *Przepisy technicznej eksploatacji kopalń węgla*, Ministerstwo Górnictwa, Katowice 1951.
13. *Przystolik A., Stefanowicz T.* i inni: Analiza uwarunkowań wentylacyjno-górnicych w aspekcie prewencji zagrożeń wentylacyjno-

- pożarowego i metanowego w czasie eksploatacji pokładu 510 projektowaną ścianą 8b-S w polu S KWK „Murcki-Staszic” Ruch „Staszic”, ZG SITG, Katowice, sierpień 2011 .
14. Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, Dz.U. Nr 139 poz.1169, czerwiec 2002 r.
  15. *Stefanowicz T.*: Schematy potencjalne rejonu pokładu 510 w partii „L” KWK „Wujek” Ruch „Śląsk” i wyniki ich analizy w aspekcie likwidacji ścian 8d i 9d w tym pokładzie, opracowanie Ośrodka Badawczo-Usługowego Wentylacji przy KHW S.A. KWK „Wujek” (OB UW), Katowice, sierpień 2011.
  16. *Strumiński A., Madeja-Strumińska B.*: Zagrożenie gazowo-termiczne związane z wymianą atmosfery zrobowej z czynnymi wyrobiskami górniczymi, XXXI Dni Techniki ROP’ 2005, XXII Seminarium, Zwalczenie Zagrożenia Ciepłego w Kopalniach – Teoria i Praktyka.
- 
-