

*Przewietrzanie naturalne  
Wentylacja naturalna  
Wyrobiska podziemne*

Franciszek ROSIEK \*  
Marek SIKORA  
Jacek URBAŃSKI  
Katarzyna WÓJTOWICZ

## **MOŻLIWOŚCI NATURALNEGO PRZEWIETRZANIA PODZIEMNEJ TRASY TURYSTYCZNEJ W KOPALNI „ŚW. JANA” W KROBICY**

Przeanalizowano możliwości naturalnego przewietrzania wyrobisk podziemnej trasy turystycznej w Krobicy. Wykazano, że w wyrobiskach należy się liczyć z zagrożeniem radonowym oraz wzrostem stężenia dwutlenku węgla i ubytkiem tlenu w przypadku zatrzymania przewietrzania tych wyrobisk. W związku z tym wyznaczono czas bezpiecznego przebywania w sztolniach z uwagi na wzrost stężeń CO<sub>2</sub>, dla przypadku całkowitego zaniku przewietrzania oraz określono minimalną prędkość powietrza w sztolniach, przy której stan atmosfery w sztolniach będzie zgodny z przepisami górnictwymi i to zarówno pod względem składu, jak i radiologicznym. Obliczono, że przez 8 miesięcy w roku intensywność przewietrzania, wywołana czynnikami naturalnymi, będzie wystarczająca dla likwidacji zagrożeń gazowych i radiologicznych. W miesiącach wiosennych (kwiecień–maj) i jesiennych (wrzesień–październik) mogą wystąpić dni, w których intensywność przewietrzania może być za mała. Dla zapewnienia w tych okresach odpowiedniej intensywności przewietrzania zaproponowano zainstalowanie w szybiku niskodepresyjnego wentylatora osiowego.

### **1. WSTĘP**

Wyrobiska górnicze (sztolnie Św. Leopolda i Św. Jana) w rejonie Krobicy leżą w zachodniej części Sudetów, którą stanowi metamorfik izerski [5–7]. W pracy [4] sugeruje się, że z racji takiego położenia w wyrobiskach podziemnych można spodziewać się występowania przede wszystkim dwóch gazów, istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy, tj. radioaktywnego radonu, a zwłaszcza jego izotopu <sup>222</sup>Rn, oraz dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>). Radon <sup>222</sup>Rn jest produktem przemian jądrowych

---

\* Politechnika Wrocławska, Instytut Górnictwa.

w naturalnym szeregu promieniotwórczym uranowo-radowym, a CO<sub>2</sub> stanowi przejaw schyłkowego etapu trzeciorzędowego magmatyzmu. O ile CO<sub>2</sub> migruje z głębokich warstw skorupy ziemskiej [8], to radon jest produkowany i uwalniany ze struktur minerałów przede wszystkim w najpłytszych horyzontach skorupy ziemskiej, rzędu kilkudziesięciu m p.p.t. [9]. Gazy te przemieszczają się ku powierzchni wykorzystując szczeliny i spękania, które towarzyszą przede wszystkim strefom kruchych dyslokacji tektonicznych [4]. Nadmienić także należy, że oba wymienione gazy są także bardzo dobrze rozpuszczalne w wodzie, co w przypadku ich uwolnienia, może być dodatkowym źródłem tych gazów w wyrobiskach podziemnych i to także poza strefami okruszczenia minerałami uranonośnymi, jak i strefami kruchych deformacji tektonicznych.

Dla określenia stanu atmosfery w wyrobiskach górniczych w rejonie Krobcicy autorzy pracy [4] przeprowadzili kilkukrotne pomiary. Pierwsze pomiary przeprowadzono w sztolni Św. Leopolda przed jej udroźnieniem, kiedy była jeszcze wyrobiskiem ślepy, przewietrzonym, co najwyżej, przez dyfuzję. Pozostałe wyrobiska (sztolnia Św. Jana i szybik) nie były w tym czasie drożne. Zmierzony skład atmosfery był następujący: tlen – 20,56%, dwutlenek węgla – 0,53%, azot – 77,98%, argon – 0,93%. Stwierdzono obecność radonu, natomiast nie zaobserwowano obecności metanu, ani też siarkowodoru. Z przytoczonych wyżej badań [4] przeprowadzonych w sztolni Św. Leopolda wynika, że zawartość CO<sub>2</sub> wzrosła o 0,50%, przy zmniejszonej zawartości tlenu o 0,41% w stosunku do jego zawartości w powietrzu atmosferycznym. Z uwagi na brak wymiany powietrza w sztolni i stosunkowo małą objętość wyrobiska, w którym dokonywano pomiarów, autorzy tego opracowania sugerują, że wzrost zawartości CO<sub>2</sub>, w stosunku do jego zawartości w powietrzu atmosferycznym, jest wynikiem procesu oddychania osób wykonujących pomiary (pomiar wykonano po około 1,5 h od wejścia pomiarowców do sztolni), bo jednocześnie maleje stężenie tlenu o podobną wartość. Mając to na uwadze w pracy [4] stwierdzono, że w chwili obecnej dwutlenek węgla nie jest doprowadzany do sztolni na skutek jakichkolwiek procesów geogenicznych. Z uwagi na to, że zgodnie z przepisami górniczymi [1] zawartość CO<sub>2</sub> w powietrzu kopalnianym nie może być większa od 1%, a zawartość tlenu nie mniejsza niż 19%, to przy zapewnieniu stosunkowo niewielkiej wymiany powietrza nie powinno dochodzić do przekroczeń powyższych dopuszczalnych stężeń CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub>.

Zmierzone, w trakcie tych pomiarów, stężenie aktywności <sup>222</sup>Rn w powietrzu sztolni wyniosło średnio 20 500 Bq/m<sup>3</sup>, zmieniając się w ciągu 1,5 godziny pomiaru w 10-minutowych przedziałach czasu od 17 800 do 22 900 Bq/m<sup>3</sup> [4]. Wyznaczona **dawka efektywna** promieniowania jonizującego, na które mogą być narażeni ludzie przebywający lub pracujący w sztolni, wynosiła  **$E = 0,0677$  mSv/h**.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami [10] roczna dawka graniczna promieniowania jonizującego dla pracowników nie powinna przekraczać **20 mSv**, co przy wyznaczonej dawce efektywnej świadczy, że po 295 godzinach pracy, czyli po 37 dniach roboczych, mogłaby zostać przekroczona, jeśli utrzymane byłyby dotychczasowe wa-

runki przewietrzania. Chcąc zmniejszyć narażenie na promieniowanie jonizujące osób przebywających lub pracujących w sztolni Św. Leopolda należy zapewnić w niej odpowiednio intensywną wymianę powietrza.

Następne dwie serie pomiarów przeprowadzono, gdy sztolnie były częściowo drożne i następnie w pełni udostępnione. Wykonano tylko pomiary stężenia aktywności radonu, które wynosiły średnio:  $1000 \text{ Bq/m}^3$  - przy częściowo udrożnionych sztolniach i  $135 \text{ Bq/m}^3$ , gdy sztolnie były w pełni udrożnione.

Z przeprowadzonych do tej pory pomiarów wynika, że w miarę zwiększania intensywności przewietrzania maleje zagrożenie radonowe. Oprócz radonu, który może stanowić problem dla bezpiecznego przebywania ludzi w obiektach trasy turystycznej w Krobicy, trzeba zwrócić także uwagę na stężenia dwutlenku węgla, mogące wystąpić w powietrzu w trakcie zwiedzania, gdy przewietrzanie naturalne w pewnych porach roku nie będzie zapewniać odpowiednio intensywnego przewietrzania tych obiektów.

## 2. WYZNACZENIE NIEZBĘDNEJ WYMIANY POWIETRZA W SZTOLNIACH ZAPEWNIAJĄCEJ BEZPIECZEŃSTWO PRZEBYWAJĄCYCH W NICH LUDZIOM

Przy rozpatrywaniu zagadnień wentylacyjnych zazwyczaj przyjmuje się, że powietrze atmosferyczne składa się z powietrza suchego o składzie standardowym i zmiennej zawartości pary wodnej. Skład powietrza suchego jest znany, a dwa gazy (tlen i azot) stanowią w nim ponad 99%, natomiast zawartość pary wodnej należy każdorazowo, przy ocenie stanu powietrza, wyznaczyć, np. metodami psychrometrycznymi. Powietrze wypełniające wyrobiska górnicze może mieć inny skład z uwagi na procesy zachodzące w górotworze i w samych wyrobiskach.

Zgodnie z aktualnie obowiązującymi przepisami górniczymi [1] ilość powietrza doprowadzana do wyrobisk powinna zapewniać utrzymanie w tych wyrobiskach wymaganego składu powietrza i temperatury. Wszystkie dostępne wyrobiska i pomieszczenia powinny być przewietrzane w taki sposób, aby zawartość tlenu w powietrzu nie była mniejsza niż 19% (objętościowo), a najwyższe dopuszczalne stężenia gazów w powietrzu nie przekraczały wartości określonych w tabeli 1.

Tab. 1. Dopuszczalne stężenia gazów w powietrzu kopalnianym [1]  
Tab. 1. Permissible concentration of gases in mine air [1]

Rodzaj gazu		Dwutlenek węgla	Tlenek węgla	Tlenek azotu	Dwutlenek siarki	Siarkowodór
NDS	%	1	0,0026	0,00026	0,000075	0,0007
NDSCh	%	1	0,015	0,00052	0,00019	0,0014

przy czym **NDS** oznacza najwyższe dopuszczalne stężenie średnio ważone w okresie 8 godzin, natomiast **NDSCh** - najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe w czasie nie dłuższym niż 30 min. w okresie zmiany roboczej.

W sztolniach Św. Leopolda i Św. Jana w Krobicy, jak to wynika z rozdziału 1, nie należy się liczyć ze zmianami składu powietrza, ponieważ najprawdopodobniej nie będzie wypływów gazów z górotworu oraz nie będzie się prowadzić żadnych procesów górniczych mogących zmieniać skład atmosfery. Jedynymi realnymi czynnikami, które mogą wpływać na skład powietrza w sztolniach są procesy oddychania ludzi przebywających w sztolniach i powstający w nich radon. Zaburzenia składu powietrza wywołane oddychaniem ludzi mogą zaistnieć w przypadku braku wymiany powietrza w sztolniach. Z uwagi na małą pojemność sztolni zasadnym wydaje się sprawdzenie, do jakiego czasu skład atmosfery w sztolniach będzie zgodny z przepisami.

Biorąc pod uwagę planowany sposób wykorzystania sztolni do celów turystycznych założono, że mogą w nich przebywać jednocześnie dwie grupy składające się z 10 osób i przewodnika, czyli łącznie 22 osoby. Przyjęto ponadto, że z uwagi na małe wymiary geometryczne sztolni, w każdej z nich może przebywać jednocześnie tylko jedna grupa.

Założono także, że przeciętny skład powietrza wdychany i wydychany przez człowieka jest zgodny z tabelą 2.

Tab. 2. Przeciętny skład powietrza wdychanego i wydychanego przez człowieka  
Tab. 2. Average composition of the air inhaled and exhaled by a human

Składniki powietrza	Skład powietrza	
	Powietrze wdychane	Powietrze wydychane
	%	%
Azot	78	78
Tlen	20,97	17
Dwutlenek węgla	0,03	4
Inne gazy	1	1
Suma	100	100

Z tabeli 2 wynika, że w procesie oddychania w powietrzu ubywa tlenu, a przyrasta zawartość dwutlenku węgla. Mając to na uwadze wyznaczono przybliżony czas bezpiecznego przebywania w sztolniach z uwagi na te dwa składniki powietrza. Obliczenia bilansowe dotyczące ubytku tlenu i przyrostu dwutlenku węgla zestawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Obliczenia czasu bezpiecznego przebywania w sztolniach z uwagi na ubytek tlenu i przyrost CO<sub>2</sub>  
 Table 3. Calculation of safe residence time in tunnels in the case of oxygen loss and CO<sub>2</sub> content increase

Bezpieczny czas przebywania w sztolniach z uwagi na wymaganą zawartość tlenu i dwutlenku węgla			
Parametr	Jedn.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
Objętość wdychanego powietrza	l	4,5	4,5
Liczba oddechów	1/min	16	16
Ilość zużytego powietrza	l/min	72	72
Ilość zużytego powietrza	m <sup>3</sup> /h	4,32	4,32
Ilość O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> w powietrzu atmosferycznym	m <sup>3</sup> /h	0,91	0,0013
Stężenie O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> w powietrzu wydychanym	%	17	4
Ilość O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> w powietrzu wydychanym przez człowieka	m <sup>3</sup> /h	0,73	0,17
Zużycie O <sub>2</sub> (wytworzenie CO <sub>2</sub> ) przez człowieka	m <sup>3</sup> /h	0,17	0,17
Sztolnia Św. Leopolda			
Liczba osób w sztolni Św. Leopolda		11	11
Pole przekroju poprzecznego sztolni Św. Leopolda	m <sup>2</sup>	1,48	1,48
Długość sztolni	m	183,41	183,41
Pojemność sztolni Św. Leopolda	m <sup>3</sup>	271,45	271,45
Ilość O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> w sztolni max. (min.)	m <sup>3</sup>	56,92	0,08
Dopuszczalne stężenie O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub>	%	19	1
Ilość O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> w sztolni min. (max.)	m <sup>3</sup>	51,57	2,71
Możliwa do zużycia max. ilość O <sub>2</sub> /max.do wytworzenia ilość CO <sub>2</sub>	m <sup>3</sup>	5,35	2,63
Zużycie O <sub>2</sub> (wytworzenie CO <sub>2</sub> ) w sztolni przez grupę	m <sup>3</sup> /h	1,89	1,89
Czas bezpiecznego przebywania w sztolni	h	2,83	1,40
Sztolnia Św. Jana			
Liczba osób w sztolni Św. Jan		11	11
Pole przekroju poprzecznego sztolni Św. Jan	m <sup>2</sup>	1,63	1,63
Długość sztolni	m	103,44	103,44
Pojemność sztolni Św. Jan	m <sup>3</sup>	168,61	168,61
Ilość O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> w sztolni max. (min.)	m <sup>3</sup>	35,36	0,05
Dopuszczalne stężenie O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub>	%	19	1
Ilość tlenu O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> w sztolni min. (max.)	m <sup>3</sup>	32,04	1,69
Możliwa do zużycia max. ilość O <sub>2</sub> /max.do wytworzenia ilość CO <sub>2</sub>	m <sup>3</sup>	3,32	1,64
Zużycie O <sub>2</sub> (wytworzenie CO <sub>2</sub> ) w sztolni przez grupę	m <sup>3</sup> /h	1,89	1,89
Czas bezpiecznego przebywania w sztolni	h	1,76	0,87

Analizując wyniki obliczeń widać, że czas bezpiecznego przebywania w sztolniach uzależniony będzie głównie od wzrostu zawartości dwutlenku węgla, przy czym dla sztolni Św. Leopolda wynosi on 1,4 h (1h 24 min), natomiast dla sztolni Św. Jana będzie mniejszy i wyniesie 0,87 h (52 min).

Uzyskane czasy należy traktować orientacyjnie, z uwagi na bilansowe potraktowanie procesu oddychania, niemniej jednak dają wstępną odpowiedź, w jakim czasie, przy braku przewietrzania, skład atmosfery w sztolni będzie niezgodny z przepisami.

Zupełny bezruch powietrza w sztolniach ze względu na ich położenie w terenie górzystym jest mało prawdopodobny. Dla określenia, jaki powinien być wymagany przepływ powietrza przez sztolnie, zastosowano metody stosowane w przewietrzaniu kopalń, oparte na wskaźniku ilości powietrza z uwagi na załogę, wymaganą krotność wymiany powietrza w wyrobiskach oraz dopuszczalne stężenie aktywności radonu.

W przewietrzaniu kopalń przyjmuje się, że wydatek powietrza w przeliczeniu na jednostkę najliczniejszej zmiany nie powinien być mniejszy niż  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $6 \text{ m}^3/\text{min}$ ) i można go wyznaczyć z zależności [2]

$$\dot{V} = a N_z \quad (1)$$

gdzie:  $V$  – wymagany wydatek powietrza z uwagi na załogę,  $\text{m}^3/\text{min}$

$a$  – wydatek powietrza przypadający na 1 człowieka,  $\text{m}^3/\text{min}$

$N_z$  – liczba ludzi na najliczniej obłożonej zmianie.

Zgodnie z normą PN-63/G-05162, dla kopalń istniejących o głębokości do 120 m można dopuścić jednostkowy wydatek  $a$  równy  $5 \text{ m}^3/\text{min}$ .

Zaznaczyć jednak należy, że w pracy [3], powołując się na obowiązujące wtedy przepisy, zaleca się dla kopalń niemietanowych przyjmować ten wydatek równy  $2 \text{ m}^3/\text{min}$ .

Dla przewietrzania pomieszczeń podziemnych (komór) zaleca się zapewnienie przynajmniej pięciokrotnej wymiany powietrza w ciągu godziny [2]

$$\dot{V} = \frac{5}{60} V_K \quad (2)$$

gdzie:  $V$  – wymagany wydatek powietrza z uwagi na załogę,  $\text{m}^3/\text{min}$

$V_K$  – objętość komory (pomieszczenia),  $\text{m}^3/\text{min}$ .

Chcąc określić niezbędne strumienie objętości powietrza w sztolniach przyjęto, że w każdej z nich przebywać będzie jednocześnie nie więcej niż 11 osób. W oparciu o zależność (1) wyznaczono wymagane w każdej ze sztolni strumienie objętości powietrza oraz odpowiadające tym strumieniom prędkości powietrza, a ich wartości zestawiono w tabeli 4.

Tab. 4. Niezbędne ilości powietrza i odpowiadające im prędkości powietrza w wyrobiskach trasy turystycznej w Krobicy

Tab. 4. The required amounts of air and the corresponding air velocities in the excavations of the tourist route in Krobica

Wyrobisko	Liczba osób, $N_z$	Pole przekroju poprzecznego $A$	Niezbędny strumień objętości (prędkość) powietrza, $V$ , m <sup>3</sup> /min, ( $w$ ) (m/s).	
		m <sup>2</sup>	dla $a = 5$ m <sup>3</sup> /min/os	dla $a = 2$ m <sup>3</sup> /min/os
Sztolnia Św. Leopolda	11	1,48	55 (0,62)	22 (0,25)
Sztolnia Św. Jana	11	1,63	55 (0,56)	22 (0,22)
Szybik		1,13	110 (1,62)	44 (0,65)

Wyznaczone prędkości powietrza, przy przyjęciu  $a = 5$  m<sup>3</sup>/min/os, są stosunkowo wysokie i należałoby się zastanowić, czy nie wystarczyłoby przyjąć, jako wystarczających prędkości powietrza wyznaczonych np. dla  $a = 2$  m<sup>3</sup>/min/os. Nadmienić tutaj należy, że minimalne prędkości powietrza, zgodnie z aktualnie obowiązującymi przepisami z 2002 roku [1], powinny w wyrobiskach górniczych (prowadzonych w polach metanowych) wynosić co najmniej 0,3 m/s, a jeszcze do 2002 roku obowiązywał przepis, że w wyrobiskach niemetalowych minimalna prędkość powietrza nie powinna być mniejsza od 0,15 m/s. Wątpliwości wynikają głównie z faktu, że sztolnie w Krobicy mają bardzo małe przekroje poprzeczne, a typowe wyrobiska górnicze, do których odnoszą się powyższe informacje, mają przekroje co najmniej kilkakrotnie większe, oraz że osoby przebywające w sztolni nie będą wykonywać żadnych prac związanych z działalnością górniczą.

Dla zweryfikowania powyższych obliczeń przyjęto, że każda ze sztolni stanowi pomieszczenie podziemne, w którym należy zapewnić, co najmniej pięciokrotną wymianę powietrza w ciągu godziny. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 5.

Tab. 5. Niezbędne ilości powietrza z uwagi na pięciokrotną wymianę powietrza w ciągu godziny

Tab. 5. The necessary amounts of air due to the fivefold air exchange per hour

Wyrobisko	Długość komory, $L$ , m	Pole przekroju poprzecznego, $A$ , m <sup>2</sup>	Objętość komory, $V$ , m <sup>3</sup>	Niezbędna ilość powietrza, $V$ , m <sup>3</sup> /min (m <sup>3</sup> /s).
Sztolnia Św. Leopolda	183,41	1,48	271,4	22,6 (0,38)
Sztolnia Św. Jana	103,44	1,63	168,6	14 (0,23)

Analizując otrzymane wyniki strumieni powietrza widzimy, że są one zbliżone do uzyskanych z uwagi na założę, gdy weźmie się pod uwagę jednostkowe zapotrzebowanie powietrza równe  $a = 2 \text{ m}^3/\text{min}/\text{os}$ .

Wyznaczenie wymaganej intensywności przewietrzania z uwagi na zagrożenie radonowe jest na tym etapie badań problematyczne, ponieważ dysponujemy tylko kilkoma wynikami pomiarów stężeń aktywności radonu. Badania w tym zakresie trwają i powinny być kontynuowane także po udostępnieniu sztolni zwiedzającym, co najmniej jeden pełny rok, by można było precyzyjnie określić wielkość zagrożenia radonowego.

Niemniej, dla potrzeb niniejszej pracy, opierając się na dotychczas wykonanych pomiarach, dokonano próby oszacowania zależności stężenia aktywności radonu od intensywności przewietrzania sztolni. Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 6 oraz pokazano na wykresie (rys. 1).

Wyniki obliczeń, pokazane w tab. 6, wykonano zgodnie z zależnością ustaloną na podstawie wyników pomiarów:

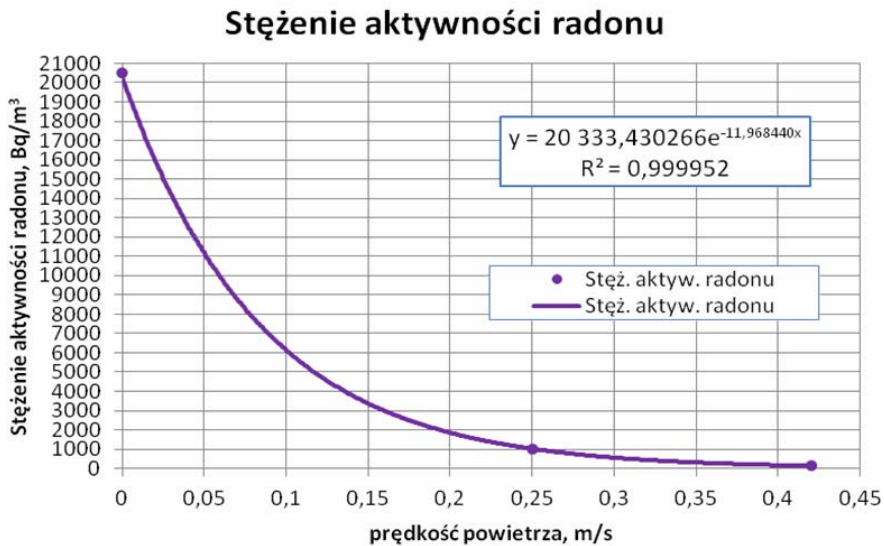
$$y = 20333,430266 e^{-11,96844 x} \quad (3)$$

gdzie:  $y$  – stężenie aktywności radonu,  $\text{Bq}/\text{m}^3$ ,  
 $x$  – prędkość powietrza,  $\text{m}/\text{s}$ .

Tab. 6. Wyniki pomiarów i obliczeń stężenia aktywności radonu  
 Table 6. The results of measurements and calculations of concentration of activity of radon

Nr pomiaru	Prędkość powietrza	Stężenie aktywności radonu
	m/s	$\text{Bq}/\text{m}^3$
Wyniki pomiarów		
1	0	20500
2	0,25	1000
3	0,42	135
Obliczenia		
1	0,1	6144
2	0,2	1856
3	0,3	561
4	0,4	169
5	0,5	51
6	0,6	15,5
7	0,31	500
8	0,25	1000
9	0,22	1500





Rys. 1. Zależność stężenia aktywności radonu od intensywności przewietrzania sztolni  
 Fig. 1. Dependence of concentration of activity of radon on the intensity of the adit ventilation

Pod względem ochrony przed promieniowaniem jonizującym w obiektach podziemnych istnieją przepisy zawarte w ustawie Prawo atomowe [14], jednak do chwili obecnej (od roku 2000) nie ukazały się przepisy wykonawcze do tej ustawy [13]. Do oceny zagrożenia radonowego w sztolniach można skorzystać z wytycznych międzynarodowych. Według zaleceń Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej IAEA [15] w miejscach pracy średnie roczne stężenie aktywności  $^{222}\text{Rn}$  nie powinno przekraczać  $1000\text{ Bq/m}^3$ , a według zaleceń Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej ICRP [12] nie powinno ono przekraczać poziomu z zakresu od  $500$  do  $1500\text{ Bq/m}^3$  [13]. Jeżeli zmierzona wartość stężenia aktywności  $^{222}\text{Rn}$  przekracza ustaloną wartość przyjętego poziomu działania (z zakresu  $500\text{--}1500\text{ Bq/m}^3$ ), powinny zostać podjęte działania zmierzające do obniżenia koncentracji radonu poprzez poprawienie wentylacji takiego obiektu i/lub powinien zostać skrócony czas pracy w celu zmniejszenia dawki od promieniowania jonizującego, którego źródłem jest radon i jego pochodne [13]. Przede wszystkim jednak w takich obiektach powinien być wprowadzony monitoring stężenia radonu.

Analizując wyniki obliczeń, zamieszczonych w tabeli 6, dla przytoczonych powyżej granicznych wartości stężeń aktywności radonu widzimy, że przy prędkościach powietrza, większych od  $0,31\text{ m/s}$ , zagrożenie radonowe będzie akceptowalne dla ludzi najbardziej narażonych, czyli pracujących na stałe w sztolniach (np. przewodnicy).

Biorąc pod uwagę wyniki przeprowadzonych w sztolniach pomiarów widać (patrz tab. 7), że każdorazowo mierzone prędkości powietrza w sztolniach były większe od  $0,31\text{ m/s}$ . Nadmienić tutaj należy, że pomiary były przeprowadzane w okresach, kiedy

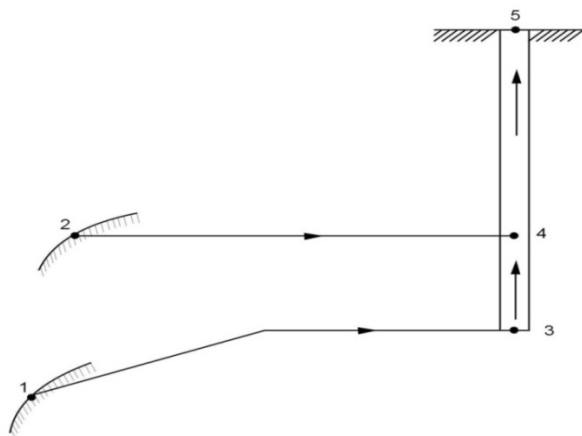
intensywność przewietrzania naturalnego nie była największa. Największa jest bowiem w środkach okresów zimowego i letniego. Wnosić stąd należy, że średnioroczna prędkość powietrza będzie wyższa od 0,31 m/s, a tym samym średnie roczne stężenie aktywności radonu będzie niższe od 500 Bq/m<sup>3</sup>.

Z uwagi jednak na małą liczbę badań stężenia aktywności radonu należy powyższe obliczenia zweryfikować, prowadząc ciągły monitoring przez pierwszy rok użytkowania sztolni. Monitoring powinien dotyczyć równoczesnych pomiarów stężenia aktywności radonu i prędkości powietrza. Ponadto w okresach o najmniejszej intensywności przewietrzania powinno się monitorować zawartości dwutlenku węgla w powietrzu.

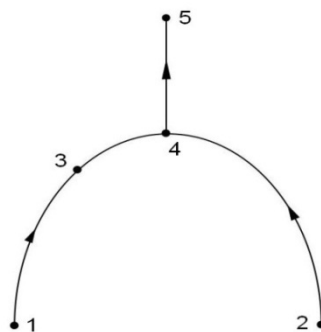
### 3. WYZNACZENIE STRUMIENI OBJĘTOŚCI POWIETRZA DLA RÓŻNYCH PÓR ROKU W WYROBISKACH TRASY TURYSTYCZNEJ KOPALNI ŚW. JANA W KROBICY

W skład wyrobisk trasy turystycznej w Krobicy wchodzi sztolnie Św. Jana i Św. Leopolda oraz szybik łączący sztolnie z powierzchnią. Schemat przestrzenny tych wyrobisk pokazano na rys. 2, a ich schemat kanoniczny na rys. 3.

Dla określenia parametrów niezbędnych do budowy modelu cyfrowego sieci wentylacyjnej [16], [17] kopalni Św. Jana w Krobicy przeprowadzono pomiary parametrów powietrza i wymiarów geometrycznych wyrobisk. Przykładowe wyniki pomiarów z miesiąca marca 2012r. oraz wyznaczone w oparciu o nie parametry dla bocznej tej sieci zamieszczono w tab. 7



Rys. 2. Schemat przestrzenny sieci wyrobisk  
1–3 – sztolnia Św. Leopolda; 2–4 – sztolnia Św. Jana  
Figure 2. Spatial diagram of excavations  
1–3 – Mineshaft St. Leopold, 2–4 - Mineshaft St. John



Rys. 3. Schemat kanoniczny  
sieci wyrobisk  
Figure 3. Canonical diagram  
of excavations

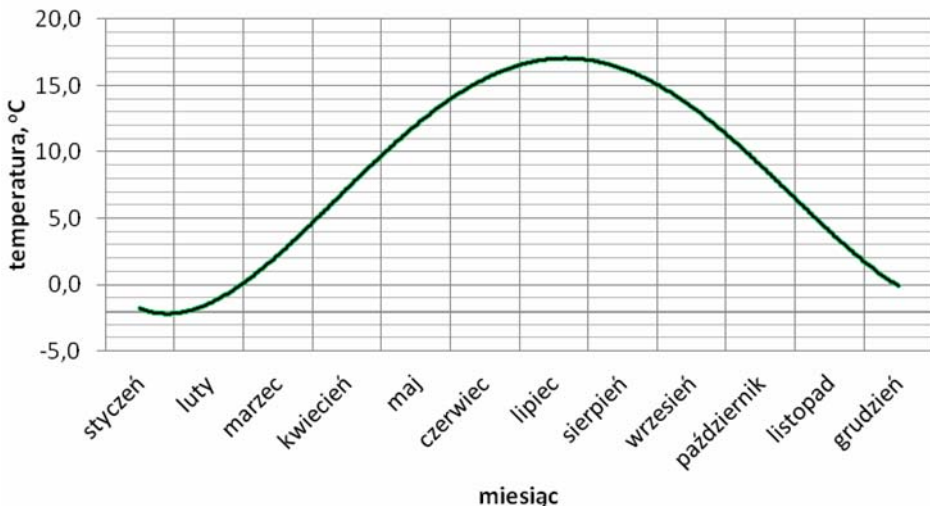
Tab. 7. Wyniki pomiarów i obliczeń dla sieci wyrobisk trasy turystycznej (marzec 2012)  
 Tab. 7. The results of measurements and calculations for the network of excavations  
 of the tourist route (March 2012)

Bocznica			1–3		2–4		3–4		4–5	
Parametr	Symbol	Jednostka	Dopływ	Wypływ	Dopływ	Wypływ	Dopływ	Wypływ	Dopływ	Wypływ
Wyniki pomiarów (marzec 2012)										
Temperatura sucha	$t_s$	°C	7,20	9,10	7,30	7,30	9,10	9,00	8,40	9,00
Temperatura wilgotna	$t_w$	°C	6,60	8,80	7,00	7,10	8,80	8,80	8,10	8,70
Ciśnienie powietrza	$p$	Pa	97680	97650	97570	97560	97650	97560	97560	97340
Prędkość powietrza	$w$	m/s	0,43	0,43	0,40	0,40	0,56	0,56	1,15	1,15
Pole przekroju poprzecznego	$A$	m <sup>2</sup>	1,48	1,48	1,63	1,63	1,13	1,13	1,13	1,13
Wysokość niwelacyjna	$z$	m	441,52	444,06	450,88	451,91	444,06	451,91	451,91	467,97
Długość wyrobiska	$L$	m	183,41		103,44		7,85		16,06	
Średnica szybika	$D$	m					1,2		1,2	
Obliczenia										
Strumień objętości powietrza	$V$	m <sup>3</sup> /s	0,636	0,636	0,652	0,652	0,633	0,633	1,300	1,300
Strumień objętości powietrza	$V$	m <sup>3</sup> /min	38,18	38,18	39,12	39,12	37,97	37,97	77,97	77,97
Stopień zawilżenia	$x$	kg/kg	0,0060	0,0072	0,0063	0,0064	0,0072	0,0072	0,0068	0,0071
Gęstość powietrza	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	1,2095	1,2001	1,2075	1,2073	1,2001	1,1994	1,2023	1,1968
Obwód	$B$	m	4,87	4,87	5,13	5,13	3,77	3,77	3,77	3,77
Opór bocznicy	$R_f$	kg/m <sup>7</sup>	4,7115		2,5976		0,0379		0,0775	

Chcąc zbadać jak wpływają będą zmiany parametrów atmosfery na przewietrzanie sztolni konieczna jest znajomość zmian temperatur powietrza w ciągu całego roku. W tab. 8 zestawiono dla Kotliny Mirska, opracowane przez IMGW, średniomiesięczne temperatury za lata 2003–2010, a na rysunku 4 przebieg ich zmian w ciągu roku.

Tab. 8. Średnie wartości miesięczne temperatury powietrza dla rejonu Kotliny Mirska [°C] (wg IMGW)  
 Tab. 8. Average monthly values of air temperature in the area of Mirsk Valley [°C] (by IMGW)

Miesiąc	Średnie miesięczne temperatury powietrza dla rejonu Kotliny Mirska [°C]								Średnio z lat 2003–2010
	Lata								
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Styczeń	–	– 4,0	0,0	–7,0	4,0	2,5	–4,0	–6,5	–2,1
Luty	–	–1,5	–3,5	–4,0	1,5	3,0	0,0	–2,0	–0,9
Marzec	–	3,0	0,5	–3,5	4,0	3,0	4,0	3,0	2,0
Kwiecień	–	7,0	8,0	8,0	9,0	7,5	9,5	8,0	8,1
Maj	–	10,0	11,5	9,0	11,0	12,5	11,0	–	10,8
Czerwiec	–	12,5	14,0	16,0	17,0	16,0	13,5	–	14,8
Lipiec	–	15,0	17,5	21,0	18,0	17,0	17,0	–	17,6
Sierpień	–	17,5	18,5	15,0	17,0	17,5	18,0	–	17,3
Wrzesień	13,0	12,0	14,0	15,5	12,0	12,5	14,5	–	13,4
Październik	5,0	9,5	9,0	10,0	6,0	8,0	6,5	–	8,2
Listopad	5,5	3,0	3,0	5,5	1,5	5,0	6,0	–	4,0
Grudzień	0,0	0,5	–1,0	2,5	–2,0	2,0	–1,5	–	0,1



Rys. 4. Przebieg zmian średniomiesięcznych temperatur powietrza w ciągu roku dla Kotliny Mirska  
 Figure 4. Changes of monthly average air temperatures over one year period in the Mirsk Valley

Obliczanie rozplywu powietrza w dowolnie złożonej sieci wentylacyjnej sprowadza się do rozwiązania układu równań liniowych (węzłowych) i nieliniowych (oczkowych), przy czym ilość równań w tym układzie jest równa ilości bocznic w sieci wentylacyjnej. W przypadku sieci wentylacyjnej kopalni Św. Jana (rys. 2 i 3) układ równań będzie złożony z 3 równań (dwóch oczkowych i jednego węzłowego) i przyjmie postać:

$$R_{fn1-4} \dot{V}_{n1-4}^2 + R_{fn4-5} \dot{V}_{n4-5}^2 = l_{n1-5}$$

$$R_{fn2-4} \dot{V}_{n2-4}^2 + R_{fn4-5} \dot{V}_{n4-5}^2 = l_{n2-5} \tag{10}$$

$$\dot{V}_{n1-4} + \dot{V}_{n2-4} - \dot{V}_{n4-5} = 0$$

gdzie:  $\dot{V}_n$  – strumień objętości powietrza sprowadzony do warunków normalnych, m<sup>3</sup>/s, przy czym

$$\dot{V}_n = \frac{\rho}{\rho_n} \dot{V} \tag{11}$$

$\dot{V}$  – strumień objętości powietrza (rzeczywisty), uzyskiwany najczęściej w wyniku pomiarów wentylacyjnych, m<sup>3</sup>/s.

$R_{fn}$  – opór normalny wyrobiska, kg/m<sup>7</sup>, przy czym

$$R_{fn} = \frac{\rho_n}{\rho_m} R_f \quad (12)$$

$\rho_m$  – gęstość średnia powietrza w bocznicach,  $\text{kg/m}^3$

$\rho_n$  – gęstość powietrza dla warunków normalnych, równa  $\rho_n = 1,20 \text{ kg/m}^3$

$R_f$  – opór właściwy wyrobiska,  $\text{kg/m}^7$ , którego wartości, dla poszczególnych bocznic, wyznaczono w oparciu o przeprowadzone pomiary, a ich wartości zamieszczono w tab. 7

$l_{n1-5}$  – algebraiczna suma depresji naturalnych w oczku 1–3–4–5, wyznaczona na podstawie wartości depresji naturalnych (lokalnych) wyznaczonych na podstawie teorii potencjału aerodynamicznego [11]

$l_{n2-5}$  – algebraiczna suma depresji naturalnych w oczku 2–4–5, wyznaczona na podstawie wartości depresji naturalnych (lokalnych).

Rozwiązując powyższy układ równań (10) można otrzymać szukane strumienie objętości powietrza we wszystkich bocznicach tej sieci wentylacyjnej.

Chcąc wyznaczyć rozpyływ powietrza dla różnych pór roku, zamiast każdorazowo rozwiązywać powyższy układ równań, wykorzystano system AutoWENT [18]. W oparciu o schematy sieci wentylacyjnej (rys. 2 i 3) oraz dane zawarte w tabelach 7 i 8 sporządzono modele cyfrowe tej sieci wentylacyjnej dla różnych pór roku. Wykorzystując stworzone modele obliczeniowe przeprowadzono obliczenia rozpyływu powietrza, a uzyskane wyniki zamieszczono w tabeli 9.

Tab.9. Wyniki obliczeń rozpyływu powietrza w sieci wentylacyjnej kopalni Św. Jana w Krobicy dla różnych pór roku

Tab.9. The results of calculations of air propagation in the ventilation network of St. John Mine in Krobica in different seasons and temperature distribution inside a gallery

Pora roku	Strumienie objętości i prędkości powietrza w sztolniach			
	Św. Leopolda		Św. Jana	
	$V$	$w$	$V$	$w$
	$\text{m}^3/\text{min}$	$\text{m/s}$	$\text{m}^3/\text{min}$	$\text{m/s}$
Wiosna	32	0,36	36	0,37
Lato	-56	-0,63	-48	-0,49
Jesień	36	0,41	40	0,41
Zima	89	1,00	95	0,97

Analizując ilościowo otrzymane strumienie objętości powietrza widzimy, że w okresie zimowym wyznaczone strumienie są prawie 2,5-krotnie większe niż uzyskane dla okresów wiosenno-jesiennych. W okresie letnim następuje zmiana kierunku

przewietrzania i wyznaczony dla niego strumień objętości powietrza będzie prawie 1,5-krotnie większy niż dla okresów jesienno-wiosennych.

Tak więc w okresach zimowym i letnim nie powinno być problemów z naturalnym przewietrzaniem sieci wentylacyjnej kopalni Św. Jana. Problem może się natomiast pojawić w okresach, kiedy temperatury powietrza zewnętrznego (atmosferycznego) zrównają się z temperaturami panującymi w sztolniach. Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że w okresach wiosenno-jesiennych w sztolniach panują zazwyczaj temperatury powietrza z zakresu 8–12 °C. Przenosząc te temperatury na wykres, pokazany na rys. 4, widzimy, że najmniejszej intensywności przewietrzania naturalnego należy się spodziewać w miesiącach kwiecień–maj i wrzesień–październik.

#### 4. OCENA SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA PRZEWIETRZANIA NATURALNEGO

Na podstawie przeprowadzonych w sztolniach pomiarów oraz wykonanych w oparciu o nie obliczeń wynika, że w przypadku braku wymiany powietrza (braku przewietrzania naturalnego) czas bezpiecznego przebywania limituje stężenie CO<sub>2</sub> w powietrzu. Dla sztolni Św. Leopolda czas ten wynosi 1,4 h, a dla sztolni Św. Jana jest mniejszy i ma wartość 0,87 h. Po tym czasie stężenie CO<sub>2</sub> może przekroczyć wymaganą przepisami górniczymi wartość 1 %. Jeżeli występuje ruch powietrza w sztolni, to z uwagi na zapewnienie zgodnego z przepisami górniczymi składu powietrza powinna mieć miejsce, co najmniej 5-krotna jego wymiana w ciągu godziny. Taka wymiana powietrza będzie mieć miejsce, jeśli zapewnimy w sztolni Św. Leopolda prędkość powietrza powyżej 0,26 m/s, a dla sztolni Św. Jana przynajmniej 0,14 m/s.

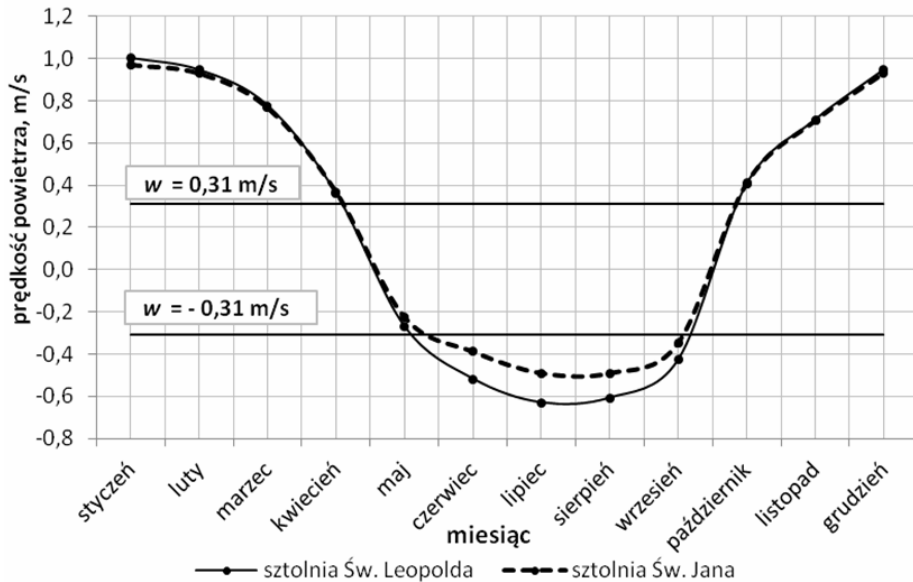
Z uwagi na zagrożenie radonowe w sztolniach (szczególnie w sztolni Św. Leopolda) powinna być zapewniona prędkość powietrza większa od 0,31 m/s.

Przyjmując jako punkt odniesienia aktualny stan wiedzy na temat istniejących zagrożeń stanu atmosfery w sztolniach Św. Leopolda i Św. Jana widzimy, że zapewnienie w tych sztolniach prędkości powietrza co najmniej 0,31 m/s pozwala zapewnić zgodny z przepisami stan atmosfery zarówno pod względem składu, jak i radiologicznym.

Dlatego też należy postawić pytanie, czy przewietrzanie naturalne jest w stanie zapewnić przez cały rok co najmniej taką prędkość powietrza. Chcąc odpowiedzieć na tak sformułowane pytanie przeprowadzono dalsze obliczenia rozptyłu powietrza za pomocą systemu AutoWENT, biorąc pod uwagę średniomiesięczne temperatury powietrza atmosferycznego (tab. 8). Wyniki obliczeń przeliczone na prędkości powietrza w sztolniach, pokazano na rys. 5.

Otrzymane rozkłady prędkości powietrza w ciągu roku dla obu sztolni są do siebie zbliżone. Z rysunku 5 możemy odczytać okresy, w których prędkości powietrza będą większe lub mniejsze od minimalnej ( $w = 0,31$  m/s), niezbędnej z uwagi na zagrożenie radonowe. Widzimy więc, że przez 8 miesięcy w roku intensywność przewietrzania,

wywołana czynnikami naturalnymi, będzie wystarczająca dla likwidacji zagrożeń gazowych i radiologicznych w sztolniach.



Rys. 5. Zmiany prędkości powietrza w ciągu roku w sztolniach sieci wentylacyjnej kopalni Św. Jana w Krobicy

Figure 5. Changes in air velocity over a year in the adits of the ventilation network St. John Mine in Krobica

W miesiącach wiosennych (kwiecień–maj) i jesiennych (wrzesień–październik) mogą wystąpić dni, w których intensywność przewietrzania może być za mała. Wyznaczone okresy, kiedy przewietrzanie naturalne może być nieskuteczne, są na razie stosunkowo długie, ale najprawdopodobniej, po przeprowadzeniu dalszych badań stanu atmosfery w sztolniach, można będzie je znacząco skrócić.

Chcąc eksploatować turystycznie sztolnie w okresach, kiedy intensywność przewietrzania naturalnego jest niewystarczająca, należy w pierwszej kolejności wyposażyć przewodników w indykatory  $\text{CO}_2$  i promieniowania jonizującego (ewentualnie prędkości powietrza) i zobowiązać ich do sprawdzania stanu atmosfery w sztolniach przed wprowadzeniem do nich grup turystów oraz w trakcie zwiedzania, kiedy są wątpliwości, co do intensywności przewietrzania sztolni. Jeśli stężenie  $\text{CO}_2$  osiągnie 1% lub stężenie aktywności radonu przekroczy  $500 \text{ Bq/m}^3$  należy przerwać zwiedzanie i wyprowadzić turystów ze sztolni.

Jeśli się okaże, w wyniku dalszych badań, że okresy wiosenno-jesienne, w których mogą być problemy z przewietrzaniem naturalnym, nie da się znacząco skrócić, to należy rozważyć intensyfikację przewietrzania przez zastosowanie wentylatora osio-

wego, umieszczonego w górnej części szybika, przy czym wentylator powinien mieć możliwość zmiany kierunku przewietrzania, a jego parametry powinny być równe:

wydajność wentylatora  $V = 1-1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,

spiętrzenie wentylatora  $\Delta p_c = 2-5 \text{ Pa}$ .

W trakcie obliczeń niezbędnych parametrów wentylatora nie wzięto pod uwagę wpływu wiatru na intensywność przewietrzania sztolni. Zakłada się bowiem, że kierunek działania wentylatora będzie skorelowany z kierunkiem przepływu powietrza wywoływany działaniem wiatru.

Nadmienić także należy, że w miesiącach zimowych intensywność przewietrzania naturalnego może być za duża, w stosunku do potrzeb i przy dużych temperaturach ujemnych może prowadzić do oblodzenia wlotów sztolni. Chcąc temu przeciwdziałać należy ewentualnie przewidzieć zastosowanie przesłony segmentowej w szybiku, co pozwoliłoby na ograniczenie strumienia powietrza przewietrzającego sztolnie w okresie dużych mrozów.

## 5. PODSUMOWANIE

Z dotychczasowych badań przewietrzania kopalni Św. Jana w Krobicy wynika, że zagrożeniami w sztolniach, które mogą zakłócać stan atmosfery, mogą być wzrost stężenia dwutlenku węgla powstały w wyniku procesów oddychania oraz zagrożenie nadmiernym stężeniem aktywności radonu. W związku z tym wyznaczono czas bezpiecznego przebywania w sztolniach z uwagi na wzrost stężeń  $\text{CO}_2$ , dla przypadku całkowitego zaniku przewietrzania oraz określono minimalną prędkość powietrza w sztolniach, przy której stan atmosfery w sztolniach będzie zgodny z przepisami górnictwymi i to zarówno pod względem składu, jak i radiologicznym.

Z przeprowadzonych dla tej sieci obliczeń widać, że przez 8 miesięcy w roku przewietrzanie naturalne będzie wystarczające dla zapewnienia właściwego stanu atmosfery w sztolniach. W pozostałych 4 mogą wystąpić krótkie okresy, kiedy intensywność przewietrzania będzie niewystarczająca i chcąc eksploatować obiekt turystycznie trzeba spełnić wymogi, które podano wyżej.

Chcąc mieć pewność, że intensywność przewietrzania będzie wystarczająca, z uwagi na sygnalizowane zagrożenia, przez cały rok można zainstalować wentylator o wydajności  $1-1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  i spiętrzeniu rzędu  $2-5 \text{ Pa}$ , który będzie włączany w okresach, kiedy będą panować niesprzyjające warunki dla przewietrzania naturalnego.

Przeprowadzone w pracy badania wykazały konieczność prowadzenia dalszych pomiarów i analiz, po udostępnieniu sztolni, dla jednoznacznego określenia możliwości bezpiecznego przebywania w nich ludzi z uwagi na skład powietrza i zagrożenie radiologiczne. Dotyczy to szczególnie pomiarów zagrożenia radonowego, ponieważ zostało ono wyznaczone na podstawie zaledwie kilku pomiarów i powinno być weryfikowane w miarę wykonywania dalszych badań w tym zakresie.



## BIBLIOGRAFIA

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, Dziennik Ustaw z 2 września 2002 r.
- Pawiński J., Roszkowski J., Strzeмиński J., *Przewietrzanie kopalń*. Wyd. ŚWT, Katowice, 1995.
- Litwiniszyn J.: *Przewietrzanie kopalń*, Wyd. „Czytelnik”, Łódź 1950.
- Przylibski T., Żak S.: *Określenie poziomu stężenia aktywności  $^{222}\text{Rn}$  i jego zmienności oraz podstawowych parametrów mikroklimatu zespołu sztolni „Leopold” i „Rungenschen” w Krobicy*, Raport PWR Ser. SPR. I-11/Ś32/2010.
- Żelaźniewicz A., 1997, *The Sudetes as a Palaeozoic orogen in central Europe*. Geological Magazine, Vol. 134, No. 5, pp. 691–702.
- Żelaźniewicz A., 2005, *Przeszłość geologiczna*. [w:] Fabiszewski J. (red.), *Przyroda Dolnego Śląska*. Polska Akademia Nauk, Oddział we Wrocławiu, Wrocław, ss. 61-134.
- Aleksandrowski P., Mazur S., 2002, *Collage tectonics in the northeasternmost part of the Variscan Belt: the Sudetes, Bohemian Massif*. [in:] Winchester J.A., Pharaoh T.C., Verniers J., *Palaeozoic Amalgamation of Central Europe*. Geological Society, London, Special Publications, Vol. 201, pp. 237–277.
- Dowgiałło J., 1978, *Pochodzenie dwutlenku węgla w szczawach Karpat i Sudetów na obszarze Polski*. Biuletyn Instytutu Geologicznego nr 312, Z badań hydrogeologicznych w Polsce, t. IV, ss. 191–217.
- Przylibski T.A., 2005, *Radon. Składnik swoisty wód leczniczych Sudetów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego. Dz. U. Nr 20, poz. 168.
- Bystróż H.: *Stacjonarne pola potencjalne w kopalnianej sieci wentylacyjnej*. Przegląd Górniczy nr 10/1974
- ICRP, Protection against Radon-222 at home and at work. International Commission on Radiation Protection, Publication No. 65, Pergamon Press, Oxford. 1993.
- Przylibski T.: *Radon i promieniowanie jonizujące w obiektach podziemnych w czasie prac eksploatacyjnych, dokumentacyjnych i udostępniających*, Dzieje górnictwa - element europejskiego dziedzictwa kultury, 3, Wrocław 2010
- Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe. Dz.U. z 2004 r. Nr 161, poz. 1689 i Nr 173, poz. 1808, z 2005 r. Nr 163, poz. 1362 oraz z 2006 r. Nr 52, poz. 378, Nr 104, poz. 708 i Nr 133, poz. 935.
- IAEA, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, International Atomic Energy Agency, Vienna. 1996.
- Rosiek F., Sikora M., Urbański J., Wach J., *Tworzenie modelu cyfrowego i wyznaczenie rozptyłu powietrza w sieciach wentylacyjnych*. XI Seminarium SITG, Wodzisław Śl., 1994.
- Rosiek F., Tchórzewski J., Urbański J., *Tworzenie modelu cyfrowego sieci wentylacyjnej na podstawie pomiarów kopalnianych*, Cuprum, 1989.
- Rosiek F., Sikora M., Urbański J., Wach J., *Odwzorowanie graficzne i modelowanie rozptyłu powietrza w sieciach wentylacyjnych z wykorzystaniem systemu AutoWENT*, <http://apin.bg.pwr.wroc.pl/aleph-test/szczegolyrekordu.aspx?000094483&010552&0095&58&1>Kierunki rozwoju komputeryzacji w górnictwie, Konferencja naukowa, Gliwice, 1994.

POSSIBILITY OF NATURAL VENTILATION OF THE UNDERGROUND  
TOURIST ROUTE AT THE MINE "ST. JOHN" IN KROBICA

The possibility of natural ventilation of underground excavations of the tourist route in Krobica has been analyzed. It was shown that radon threat and an increase in carbon dioxide content as well as oxygen content depletion may occur in excavations in the case of airing discontinuation. Therefore, the safe residence time in adits with increased CO<sub>2</sub> concentrations has been determined assuming total discontinuation of airing, and also the minimum ventilation air velocity, at which the state of the atmosphere in adits will comply with the mining regulations both in terms of composition, and radiology has been calculated. It was determined that natural aeration intensity will be sufficient to eliminate gas and radiological threats in 8 months per year. In the Spring months (April-May) and in Autumn (September-October) there may be days in which the intensity of natural aeration is too small. To ensure the appropriate airing intensity in these periods it was proposed to install an axial-flow fan in a small shaft.