



## Zasady klimatyzacji wyrobisk górniczych kopalń węgla kamiennego w skrajnie trudnych warunkach geotermicznych

### Ventilation of excavations in hard coal mines in critical geothermic conditions

Dr Józef Knechtel<sup>\*</sup>

**Treść:** Zaproponowano metodykę zapewniającą zgodnie z przepisami parametry powietrza kopalnianego w wyrobiskach o dużej koncentracji wydobywania, w których panują skrajnie trudne warunki geotermiczne. Przedstawiono zintegrowany system prognozowania, zwalczania i monitorowania zagrożenia klimatycznego dla sieci wyrobisk w głębokiej kopalni węgla kamiennego. Rozważania przeprowadzono w odniesieniu do poziomów, na których temperatura pierwotna skał jest nie tylko wyższa od 40° C, ale również poziomów, na których temperatura ta dochodzi do 50° C. Wymieniony system składa się z kilku modułów, a mianowicie: komputerowej bazy danych dotyczącej badanego obiektu (kopalni, poziomu, partii), zintegrowanej metody prognozowania warunków klimatycznych dla sieci wentylacyjnej w wyrobiskach z opływowymi prądami powietrza oraz w drażonych wyrobiskach z wentylacją odrębną, schematu temperaturowego rozpatrywanej sieci wentylacyjnej. Metodyka obejmuje sposoby efektywnej i ekonomicznej klimatyzacji głębokiego poziomu wydobywczego, przy wykorzystaniu schematu temperaturowego kopalnianej sieci wentylacyjnej, oraz rozwiązania klimatyzacyjne dla wyrobisk z wentylacją odrębną drażonych w skałach o temperaturze pierwotnej dużo wyższej od 40° C, kontrolę skuteczności podjętych środków prewencji zagrożenia klimatycznego oraz wprowadzenie ewentualnej korekty. Przy takim podejściu do problemu możliwe jest zapewnienie prawidłowych warunków klimatycznych w wyrobiskach górniczych o temperaturze pierwotnej skał zbliżonej do 50° C.

**Abstract:** This paper presents a methodology which determines the parameters of mining air in highly productive excavations with critical geothermic conditions. An integrated system of forecasting, combating and controlling the climate hazard for excavation network in a deep hard coal mine was presented. The considerations included levels at which the original temperature is higher than 40° C and those whose original temperature comes up to 50° C. The mentioned system consists of the following modules: an electronic database for the tested object (mine, level, lot); an integrated method of forecasting climate conditions for ventilation network which includes excavations with streamlined air currents and excavations with separate ventilation; a temperature scheme of the considered ventilation network; a methodology including an effective and economic ventilation system of the deep output levels by the use of the temperature scheme of the ventilation network; ventilation solutions for excavations with separate ventilation driven in rocks with the original temperature significantly higher than 40° C; the inspection of efficiency of the taken measures for protection from the climate hazard as well as the application of potential corrections. Such an approach may ensure proper climate conditions in mining excavations with the original temperature of rocks approaching 50° C.

#### Słowa kluczowe:

cieplne warunki pracy, klimatyzacja, przepływ ciepła i masy

#### Key words:

thermal work conditions, ventilation, flow of heat and mass

## 1. Wprowadzenie

Celem pracy jest stworzenie metodyki zapewniającej zgodnie z przepisami parametry powietrza kopalnianego w wyrobiskach o dużej koncentracji wydobywania, w których panują skrajnie trudne warunki geotermiczne oraz współwystępują zagrożenia skojarzone (metanowe, pożarowe, klimatyczne). Przedstawiono zintegrowany system prognozowania, zwalczania i monitorowania zagrożenia klimatycznego dla sieci wyrobisk w głębokiej kopalni węgla kamiennego. W syste-

mie tym chodzi o to, aby parametry mikroklimatu, zgodnie z obowiązującymi przepisami, były zapewnione we wszystkich wyrobiskach danego poziomu. Rozważania prowadzi się w odniesieniu do poziomu (lub poziomów), na których temperatura pierwotna skał otaczających jest dużo wyższa od 40°C (jednak nie wyższa od 50°C). Wymieniony system składa się z kilku modułów, a mianowicie:

- komputerowa baza danych dotycząca badanego obiektu (kopalni, poziomu, partii),
- zintegrowana metoda prognozowania warunków klimatycznych dla sieci wentylacyjnej obejmującej wyrobiska z opływowymi prądami powietrza oraz drażonych wy-

<sup>\*</sup>) Główny Instytut Górnictwa w Katowicach.

- robisk z wentylacją odrębną (ssącą wentylacją lutniową i tłoczącą wentylacją lutniową),
- schemat temperaturowy rozpatrywanej sieci wentylacyjnej opracowany na podstawie danych zawartych w module pierwszym oraz wyników prognoz klimatycznych,
  - sposoby efektywnej i ekonomicznej klimatyzacji głębokiego poziomu wydobywczego przy wykorzystaniu schematu temperaturowego kopalnianej sieci wentylacyjnej,
  - rozwiązania klimatyzacyjne dla wyrobisk z wentylacją odrębną drażonych w skałach o temperaturze pierwotnej dużo wyższej od 40°C,
  - kontrola skuteczności podjętych środków prewencji zagrożenia klimatycznego oraz wprowadzenie ewentualnej korekty.

Przy takim podejściu do problemu jest możliwe zapewnienie prawidłowych warunków klimatycznych w wyrobiskach górniczych, w których temperatura pierwotna skał jest zbliżona do 50°C.

## 2. Komputerowa baza danych

Przedstawiona tutaj baza danych dotyczy warunków polskich kopalń węgla kamiennego (całej kopalni, poziomu, partii). Może ona być wykorzystana w odniesieniu do innych obiektów (np. kopalń miedzi lub innych kopalń głębiny wydobywających kopaliny użyteczne). Zawiera schemat przestrzenny badanego obiektu (kopalni, poziomu, partii), mapy izolinii temperatury pierwotnej skał (kopalń GOP, LZW), dane dotyczące własności fizyko-termicznych skał, dane dotyczące geometrii wyrobisk wchodzących w skład badanej sieci wyrobisk oraz ich wyposażenia, dane dotyczące transportu urobku, posiadanego potencjału chłodniczego, a dla wyrobisk z wentylacją odrębną również dane dotyczące instalacji lutniowej.

Sposób tworzenia bazy danych pokazano na przykładzie „wirtualnej” kopalni węgla kamiennego, prowadzącej eksploatację z trzech głębokich poziomów (rys. 1). Tablice 1, 2 i 3 zawierają dane dotyczące wyrobisk z opływowym prądem powietrza, zaś tablica 4 zawiera dane dotyczące drażonych wyrobisk z wentylacją odrębną.

W tablicach 1, 2 i 3, w poszczególnych kolumnach zestawiono: numer bocznicy (wyrobiska), nazwę bocznicy, pole powierzchni przekroju poprzecznego  $A$ , strumień objętości powietrza płynącego bocznica  $V$ , współczynnik określający, jaka część obwodu wyrobiska jest odsłonięta przez węgiel  $k_w$ , wysokości geodezyjne przekroju wlotu powietrza do bocznicy  $z_w$  i jego wypływu  $z_w$ , długość bocznicy  $L$ , rodzaj wyrobiska (RW). Przyjęto, że dla wyrobisk kamiennych RW = 1, dla wyrobisk węglowych RW = 2, dla chodników podścianowych i nadścianowych RW = 3 oraz dla ścian eksploatacyjnych RW = 4. W kolejnych kolumnach podano: temperaturę pierwotną skał  $t_{pg}$ , czas przewietrzania bocznicy  $\tau$ , moce zainstalowane urządzeń elektrycznych  $N$  oraz masę transportowanego urobku  $m_w$ .

W tablicy 4 w poszczególnych wierszach zestawiono: temperaturę powietrza świeżego mierzonego termometrem suchym  $t_0$  i wilgotnym  $t_{\phi 0}$ , ciśnienie barometryczne  $p_0$ , jednostkowy opór aerodynamiczny lutniociągu  $r_0$ , funkcję intensywności uszkodzeń lutni  $\lambda$ , średnicę lutniociągu  $D_p$ , przewidywany strumień objętości powietrza w strefie przodkowej  $V_k$ , współczynnik szczelności lutniociągu  $k$ , długość bocznicy  $L$ , pole powierzchni przekroju poprzecznego bocznicy  $A$ , współczynnik przewodnictwa cieplnego skał  $\lambda_g$ , współczynnik wyrównywania temperatury skał  $a_g$ , kąt nachylenia wyrobiska  $\gamma$ , stopień geotermiczny  $\Gamma$ , grubość ścianki lutniociągu  $\delta_p$ , procentowe przysłonięcie wolnego dla

przepływu powietrza przekroju poprzecznego wyrobiska  $G$ , temperaturę pierwotną skał na początku wyrobiska ( $t_{pg}$ ), postępek wyrobiska  $P$ , średnicę rurociągu wodnego  $D_{rw}$  i sprężonego powietrza  $D_{sp}$ , masę transportowanego urobku  $m_w$ , łączną moc zainstalowaną urządzeń elektrycznych  $\Sigma N_w$ , długość obwodu wyrobiska odsłoniętą przez węgiel  $B_w$ , łączną moc przenoszoną przez kable elektryczne  $\Sigma N_k$ .

Parametry powietrza świeżego, dopływającego do wyrobiska ( $t_0$  oraz  $t_{\phi 0}$ ) przyjmuje się jako wynik prognozy klimatycznej dla wyrobiska, którym to powietrze zostało doprowadzone. Temperaturę pierwotną skał przyjmuje się na podstawie map izolinii [6, 7, 15]. Wielkości charakteryzujące jakość lutniociągu ( $r_0$ ,  $k$ ,  $\lambda$ ) przyjmuje się na podstawie literatury [1, 2, 25, 26], własności fizyko-termiczne skał ( $\lambda_g$ ,  $a_g$ ) również przyjmuje się na podstawie literatury [3]. Pozostałe wielkości należy przyjąć na podstawie analizy map pokładowych, planu ruchu i harmonogramu wydobycia.

W tablicach 1 do 4 przyjęto alternatywnie dwie wartości strumienia objętości powietrza –  $V$ .

W tablicy 5, dotyczącej posiadanego przez kopalnię potencjału chłodniczego w poszczególnych kolumnach podano: typ ziębiarki (wraz z producentem), jej moc chłodniczą oraz liczbę sztuk danego typu.

Do wymienionej bazy danych należy dołączyć mapy izolinii temperatury pierwotnej skał. Można tutaj skorzystać z atlasu map podanego w pracach [6, 15].

## 3. Zintegrowana metoda prognozowania warunków klimatycznych dla sieci wyrobisk

Zintegrowana metoda prognozowania warunków klimatycznych składa się z trzech modułów [4, 20]. Pierwszy z nich dotyczy prognozowania parametrów mikroklimatu w wyrobiskach z opływowym prądem powietrza. Został on opracowany w oparciu o metodę opisaną w pracy [5]. Drugi moduł dotyczy prognozowania warunków klimatycznych w drażonych wyrobiskach z wentylacją odrębną. Został on opracowany na podstawie metod prognozowania opisanych w pracach [8, 9, 10, 11]. Trzeci moduł dotyczy określenia parametrów powietrza za ziębiarką. W zależności od rodzaju wyrobiska do obliczeń wybieramy jeden z dwóch pierwszych modułów. Przykłady praktycznego korzystania z tej metody podano w pracy [20].

## 4. Schemat temperaturowy kopalnianej sieci wentylacyjnej

Jednym z narzędzi, pozwalającym ocenić stopień zagrożenia klimatycznego dla grupy wyrobisk, partii, poziomu lub całej sieci wentylacyjnej, jest schemat temperaturowy tej sieci [17]. Jego analiza pozwala nie tylko ocenić stan zagrożenia klimatycznego, jego przyczyny, ale również zasugerować środki poprawy [19]. Schemat temperaturowy przypomina schemat potencjalny kopalnianej sieci wentylacyjnej. Jednak w odróżnieniu od schematu potencjalnego zawiera on więcej informacji o bocznicach sieci (wyrobiskach górniczych). Między innymi, rodzaj linii łączących punkty o określonych wartościach temperatury (potencjału ruchu ciepła) jest związany z zakresem długości odpowiadających im wyrobisk. Na trasie wyrobiska zlokalizowane są źródła ciepła (znaki koloru czerwonego) i zimna (znaki koloru niebieskiego). Kształty znaków dotyczących źródeł ciepła i zimna oznaczają zakres mocy danego źródła. Każda linia ma kolor przypisany określonemu zakresowi strumienia objętości przepływającego powietrza. Zasadniczy wpływ na temperaturę powietrza na

Tablica 1. Baza danych do obliczeń prognostycznych parametrów mikroklimatu powietrza kopalnianego dla poziomu 760 m  
 Table 1. Database for calculations of probable parameters of mining air microclimate for the level of 760 m  
 Parametry powietrza w przekroju dopływu do ciągu wyrobisk:  $t_d = 22,4^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{od}} = 17,4^{\circ}\text{C}$ ;  $\phi_d = 60,23\%$ ;  $X_d = 0,00932$ ;  $z_0 = +250$  m  
 Air parameters in the cross-section of the access to excavations flow:  $t_d = 22,40^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{od}} = 17,4^{\circ}\text{C}$ ;  $\phi_d = 60,23\%$ ;  $X_d = 0,00932$ ;  $z_0 = +250$  m

Lp.	Bocznicza	Nazwa boczniczy (wyrobiska)	A m <sup>2</sup>	V		$k_w$	$z_d$ m	$z_w$ m	L m	RW	$t_{\text{og}}$ °C	$\tau$ dni	$N_m$ kW	$m_w$ t/d
				m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /s									
1	1÷2	Objazd szybu I na poz. 760 m	21,8	3600/4200	60,0/70	0,00	-510,0	-510,0	50	1	35,2	4000	-	8200
2	2÷3	Przekop S na poz. 760 m	21,8	3000/3600	50,0/60	0,00	-510,0	-516,7	1500	1	35,2	2000	90	8200
3	3÷4	Pochylnia S1 w pokł. 502	17,8	1500/1800	25,0/30	0,53	-516,7	-494,2	300	2	35,8	800	220	4000
4	4÷5	Chodnik podścianowy ściana A1	15,5	1200/1590	20,0/26,5	0,57	-494,2	-493,8	800	3	34,6	300	850	4000
5	5÷6	Ściana A1 w pokł. 502	11,5	1200/1590	20,0/26,5	0,50	-493,8	-478,8	200	4	34,6	0,25	1500	4000
6	6÷7	Chodnik nadścianowy ściana A1	15,5	1200/1590	20,0/26,5	0,57	-478,8	-478,4	800	3	34,0	300	-	-
7	4÷7	Pochylnia S1 w pokł. 502 (ciąg dalszy)	17,8	300/210	5,0/3,5	0,53	-494,2	-478,4	200	2	34,6	800	-	-
8	7÷14	Pochylnia S1 w pokł. 502 (ciąg dalszy)	17,8	1500/1800	25,0/30	0,53	-478,4	-455,8	300	2	34,0	800	-	-
9	3÷8	Przekop S na poz. 760 m (ciąg dalszy)	21,8	1500/1800	25,0/30	0,00	-516,7	-512,2	1200	1	35,4	1600	10	4200
10	8÷9	Pochylnia S2 w pokł. 502	17,8	1500/1800	25,0/30	0,53	-512,2	-489,7	300	2	35,3	600	220	4200
11	9÷10	Chodnik podścianowy ściana A2	15,0	1200/1590	20,0/26,5	0,58	-489,7	-491,4	1200	3	34,4	250	1200	4200
12	10÷11	Ściana A2 w pokł. 502	11,5	1200/1590	20,0/26,5	0,50	-491,4	-476,4	200	4	34,5	0,25	1500	4200
13	11÷12	Chodnik nadścianowy ściana A2	15,0	1200/1590	20,0/26,5	0,58	-476,4	-481,6	1200	3	34,0	250	-	-
14	9÷12	Pochylnia S2 w pokł. 502 (ciąg dalszy)	17,8	300/210	5,0/3,5	0,53	-489,7	-481,6	200	2	34,4	600	-	-
15	12÷13	Pochylnia S2 w pokł. 502 (ciąg dalszy)	17,8	1500/1800	25,0/30	0,53	-481,6	-457,2	300	2	34,1	600	-	-
16	13÷14	Przekop S na poz. 700 m	21,8	1500/1800	25,0/30	0,00	-457,2	-452,7	800	1	33,2	2000	-	-
17	14÷65	Przekop N na poz. 700 m (ciąg dalszy)	21,8	3000/3600	50,0/60	0,00	-452,7	-450,0	1200	1	33,1	3000	-	-
18	65÷66	Objazd szybu II na poz. 700 m	21,8	300/300	5,0/5,0	0,00	-450,0	-450,0	200	1	33,1	3000	-	-
19	65÷66	Przekop N na poz. 700 m	21,8	2700/3300	45,0/55	0,00	-450,0	-450,0	100	1	33,1	3000	-	-
<b>Partia B</b>														
20	1÷15	Przekop N na poz. 760 m	21,8	2400/3000	40,0/50,0	0,00	-510,0	-510,0	50	1	35,2	4000	-	8000
21	2÷15	Objazd szybu I na poz. 760 m	21,8	600/600	10,0/10,0	0,00	-510,0	-510,0	200	1	35,2	4000	-	-
22	15÷16	Przekop N na poz. 760 m (ciąg dalszy)	21,8	3000/3600	50,0/60,0	0,00	-510,0	-512,3	1000	1	35,2	2000	40	8000
23	16÷17	Pochylnia N1 w pokł. 502	18,1	1500/1800	25,0/30,0	0,53	-512,3	-497,3	200	2	35,3	900	660	4000
24	17÷18	Chodnik podścianowy ściana B1	14,8	1200/1590	20,0/26,5	0,58	-497,3	-501,2	600	3	34,7	400	600	4000
25	18÷19	Ściana B1 w pokł. 502	11,0	1200/1590	20,0/26,5	0,50	-501,2	-516,2	200	4	34,9	0,25	1500	4000
26	19÷20	Chodnik nadścianowy ściana B1	14,8	1200/1590	20,0/26,5	0,58	-516,2	-513,1	600	3	35,4	400	-	-
27	17÷20	Pochylnia N1 w pokł. 502 (ciąg dalszy)	18,1	300/210	5,0/3,5	0,53	-501,2	-513,1	200	2	34,7	900	-	-
28	20÷27	Pochylnia N1 w pokł. 502 (ciąg dalszy)	18,1	1500/1800	25,0/30,0	0,53	-513,1	-468,1	600	2	35,3	900	-	-
29	16÷21	Przekop N na poz. 760 m (ciąg dalszy)	21,8	1500/1800	25,0/30,0	0,00	-512,3	-507,4	800	1	35,3	1600	15	4000
30	21÷22	Pochylnia N2 w pokł. 502	18,1	1500/1800	25,0/30,0	0,53	-507,4	-492,4	200	2	35,1	700	440	4000
31	22÷23	Chodnik podścianowy ściana B2	14,8	1200/1590	20,0/26,5	0,58	-492,4	-489,7	800	3	34,6	350	800	4000
32	23÷24	Ściana B2 w pokł. 502	11,2	1200/1590	20,0/26,5	0,50	-489,7	-474,7	200	4	34,4	0,25	1500	4000
33	24÷25	Chodnik nadścianowy ściana B2	14,8	1200/1590	20,0/26,5	0,58	-474,7	-476,8	800	3	33,9	350	-	-
34	22÷25	Pochylnia N2 w pokł. 502 (ciąg dalszy)	18,1	300/210	5,0/3,5	0,53	-492,4	-476,8	200	2	34,6	700	-	-
35	25÷26	Pochylnia N2 w pokł. 502 (ciąg dalszy)	18,1	1500/1800	25,0/30,0	0,53	-476,8	-437,5	600	2	34,0	700	-	-
36	26÷27	Przekop N na poz. 700 m	21,8	1500/1800	25,0/30,0	0,00	-437,5	-448,9	1200	1	32,5	2000	-	-
37	27÷66	Przekop N na poz. 700 m (ciąg dalszy)	21,8	3000/3600	50,0/60,0	0,00	-448,9	-450,0	900	1	32,9	3000	-	-

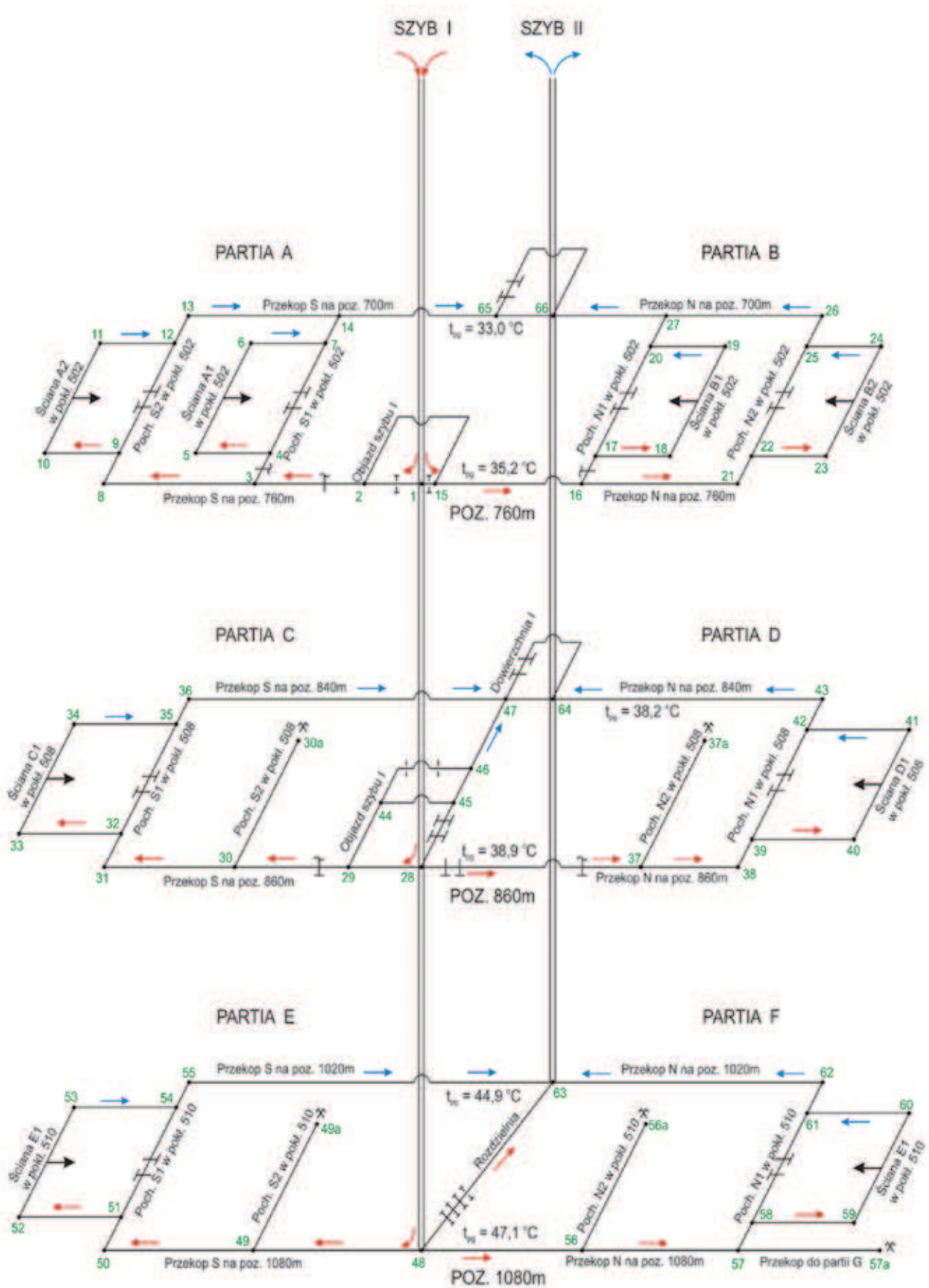
Tablica 2. Baza danych do obliczeń prognostycznych parametrów mikroklimatu powietrza kopalnianego dla poziomu 860 m  
 Table 2. Database for calculations of probable parameters of mining air microclimate for the level of 860 m  
 Parametry powietrza w przekroju dopływu do ciągu wyrobisk:  $t_d = 23,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{pod} = 18,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\phi_d = 61,38\%$ ;  $X_d = 0,00975$ ;  $z_0 = +250\text{ m}$   
 Air parameters in the cross-section of the access to excavations flow:  $t_d = 23,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{pod} = 18,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\phi_d = 61,38\%$ ;  $X_d = 0,00975$ ;  $z_0 = +250\text{ m}$

Lp.	Bocznica	Nazwa bocznicy (wyrobiska)	A m <sup>2</sup>	V		k <sub>w</sub>	z <sub>d</sub> m	z <sub>w</sub> m	L m	RW	t <sub>pk</sub> °C	τ dni	N <sub>m</sub> kW	m <sub>w</sub> t/d
				m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /s									
1	28÷29	Objazd szybu I na poz. 860 m	21,4	2520/3600	42,0/60,0	0,00	-610,0	-610,0	50	1	38,9	3200	-	-
2	29÷30	Przekop S na poz. 860 m	21,4	1740/2400	29,0/40,0	0,00	-610,0	-607,3	700	1	38,9	1800	10	3770
3	30÷30a	Pochylnia S2 w pokł. 508	17,8	420/560	6,9/9,3	0,57	-607,3	-595,0	600	2	38,8	80	545	270
4	30÷31	Przekop S na poz. 860 m (ciąg dalszy)	21,4	1740/2400	29,0/40,0	0,00	-607,3	-602,7	1200	1	38,8	1400	25	3500
5	31÷32	Pochylnia S1 w pokł. 508	17,8	1740/2400	29,0/40,0	0,57	-602,7	-595,2	300	2	38,6	500	220	3500
6	32÷33	Chodnik podścianowy ściany C1	14,8	1500/1800	25,0/30,0	0,62	-595,2	-593,7	800	3	38,4	200	800	3500
7	33÷34	Ściana C1 w pokł. 508	11,4	1500/1800	25,0/30,0	0,50	-593,7	-589,2	180	4	38,3	0,25	1300	3500
8	34÷35	Chodnik nadścianowy ściany C1	14,8	1500/1800	25,0/30,0	0,62	-589,2	-587,5	800	3	38,1	200	-	-
9	32÷35	Pochylnia S1 w pokł. 508 (ciąg dalszy)	17,8	240/600	4,0/10,0	0,57	-595,2	-587,5	180	2	38,4	500	-	-
10	35÷36	Pochylnia S1 w pokł. 508 (ciąg dalszy)	17,8	1740/2400	29,0/40,0	0,57	-587,5	-590,0	320	2	38,1	500	-	-
11	36÷47	Przekop S na poz. 840 m	21,4	1740/2400	29,0/40,0	0,00	-590,0	-591,3	1800	1	38,2	2000	-	-
12	29÷44	Objazd szybu I na poz. 860 m (c. d.)	21,4	780/1200	13,0/20,0	0,00	-610,0	-608,8	50	1	38,9	3200	-	-
13	44÷45	Objazd szybu I na poz. 860 m (c. d.)	21,4	300/300	5,0/5,0	0,00	-608,8	-608,3	150	1	38,9	3200	-	-
14	44÷46	Rozdzielnia na poz. 860 m	21,4	480/900	8,0/15,0	0,00	-608,8	-607,1	200	1	38,9	3000	600	-
15	45÷46	Dowierzchnia I	18,0	300/300	5,0/5,0	0,00	-608,3	-607,1	100	1	38,8	3000	-	-
16	46÷47	Dowierzchnia I (ciąg dalszy)	18,0	780/1200	13,0/20,0	0,00	-607,1	-591,3	700	1	38,8	3000	-	-
17	47÷64	Przekop S na poz. 840 m (ciąg dalszy)	21,4	2100/3300	35,0/55,0	0,00	-591,3	-590,7	100	1	38,2	3600	-	-
18	47÷64	Objazd szybu II na poz. 840 m	21,4	420/300	7,0/5,0	0,00	-591,3	-590,7	200	1	38,2	3600	-	-
<b>Partia C</b>														
19	28÷37	Przekop N na poz. 860 m	21,4	1800/2400	30,0/40,0	0,00	-610,0	-609,3	600	1	38,9	1800	10	3670
20	37÷37a	Pochylnia N2 w pokł. 508	17,8	404/539	6,7/9,0	0,57	-609,3	-598,1	450	2	38,9	60	490	270
21	37÷38	Przekop N na poz. 860 m (ciąg dalszy)	21,4	1800/2400	30,0/40,0	0,00	-609,3	-611,1	800	1	38,9	1800	10	3400
22	38÷39	Pochylnia N1 w pokł. 508	17,8	1800/2400	30,0/40,0	0,57	-611,1	-602,6	340	2	38,9	550	220	3400
23	39÷40	Chodnik podścianowy ściany D1	14,8	1500/1800	25,0/30,0	0,62	-602,6	-600,7	780	3	38,6	240	400	3400
24	40÷41	Ściana D1 w pokł. 508	11,2	1500/1800	25,0/30,0	0,50	-600,7	-596,2	180	4	38,6	0,25	1300	3400
25	41÷42	Chodnik nadścianowy ściany D1	14,8	1500/1800	25,0/30,0	0,62	-596,2	-598,1	760	3	38,4	240	-	-
26	39÷42	Pochylnia N1 w pokł. 508 (ciąg dalszy)	17,8	300/600	5,0/10,0	0,57	-602,6	-598,1	180	2	38,6	550	-	-
27	42÷43	Pochylnia N1 w pokł. 508 (ciąg dalszy)	17,8	1800/2400	30,0/40,0	0,57	-598,1	-589,7	280	2	38,5	550	-	-
28	43÷64	Przekop N na poz. 840 m	21,4	1800/2400	30,0/40,0	0,00	-589,7	-590,7	1300	1	38,1	3500	-	-
<b>Partia D</b>														

Tablica 3. Baza danych do obliczeń prognostycznych parametrów mikroklimatu powietrza kopalnianego dla poziomu 1080 m  
 Table 3. Database for calculations of probable parameters of mining air microclimate for the level of 1080 m  
 Parametry powietrza w przekroju dopływu do ciągu wyrobisk:  $t_d = 23,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{out} = 18,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi_d = 61,65\%$ ;  $X_d = 0,00992$ ;  $z_0 = +250\text{ m}$   
 Air parameters in the cross-section of the access to excavations flow:  $t_d = 23,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{out} = 18,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi_d = 61,65\%$ ;  $X_d = 0,00992$ ;  $z_0 = +250\text{ m}$

Lp.	Bocznica	Nazwa boczniczy (wyrobiska)	A m <sup>2</sup>	V		k <sub>w</sub>	z <sub>d</sub> m	z <sub>w</sub> m	L m	RW	t <sub>og</sub> °C	τ dni	N <sub>m</sub> kW	m <sub>w</sub> t/d
				m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /s									
<b>Partia E</b>														
1	48÷49	Przekop S na poz. 1080 m	21,4	2400/3000	40,0/50,0	0,00	-830,0	-832,0	600	1	47,1	1200	10	3300
2	49÷49a	Pochylnia S2 w pokł. 510	16,0	420/559	7,0/9,3	0,57	-832,0	-787,0	600	2	47,2	80	545	300
3	49÷50	Przekop S na poz. 1080 m (ciąg dalszy)	21,4	2400/3000	40,0/50,0	0,00	-832,0	-834,1	800	1	47,2	1200	10	3000
4	50÷51	Pochylnia S1 w pokł. 510	15,8	2400/3000	40,0/50,0	0,58	-834,1	-810,1	320	2	47,3	400	220	3000
5	51÷52	Chodnik podścianowy ściany E1	13,5	1800/1800	30,0/30,0	0,62	-810,1	-806,3	1200	3	46,4	180	1200	3000
6	52÷53	Ściana E1 w pokł. 510	9,5	1800/1800	30,0/30,0	0,50	-806,3	-794,3	160	4	46,2	0,25	1200	3000
7	53÷54	Chodnik nadścianowy ściany E1	13,5	1800/1800	30,0/30,0	0,62	-794,3	-791,4	1200	3	45,8	180	-	-
8	51÷54	Pochylnia S1 w pokł. 510 (ciąg dalszy)	15,8	600/1200	10,0/20,0	0,58	-810,1	-791,4	160	2	46,4	400	-	-
9	54÷55	Pochylnia S1 w pokł. 510 (ciąg dalszy)	15,8	2400/3000	40,0/50,0	0,58	-791,4	-768,5	320	2	45,7	400	-	-
10	55÷63	Przekop S na poz. 1020 m	21,4	2400/3000	40,0/50,0	0,00	-768,5	-770,3	1000	1	44,8	1400	-	-
<b>Partia F</b>														
11	48÷56	Przekop N na poz. 1080 m	21,4	2400/3000	40,0/50,0	0,00	-830,0	-829,0	600	1	47,1	1200	10	3300
12	56÷56a	Pochylnia N2 w pokł. 510	16,0	399/532	6,6/8,9	0,57	-829,0	-799,3	400	2	47,1	50	435	300
13	56÷57	Przekop N na poz. 1080 m (ciąg dalszy)	21,4	2400/3000	40,0/50,0	0,00	-829,0	-827,7	600	1	47,1	1200	10	3000
14	57÷57a	Przekop N do partii G	21,4	437/583	7,3/9,7	0,00	-827,7	-831,1	1300	1	47,0	700	1040	100
15	57÷58	Pochylnia N1 w pokł. 510	15,8	2400/3000	40,0/50,0	0,58	-827,7	-806,7	280	2	47,0	400	165	3000
16	58÷59	Chodnik podścianowy ściany F1	13,5	1800/1800	30,0/30,0	0,62	-806,7	-805,3	500	3	46,2	190	600	3000
17	59÷60	Ściana F1 w pokł. 510	9,6	1800/1800	30,0/30,0	0,50	-805,3	-793,3	160	4	46,2	0,25	1200	3000
18	60÷61	Chodnik nadścianowy ściany F1	13,5	1800/1800	30,0/30,0	0,62	-793,3	-790,7	500	3	45,7	190	-	-
19	58÷61	Pochylnia N1 w pokł. 510 (ciąg dalszy)	15,8	600/1200	10,0/20,0	0,58	-806,7	-790,7	160	2	46,2	400	-	-
20	61÷62	Pochylnia N1 w pokł. 510 (ciąg dalszy)	15,8	2400/3000	40,0/50,0	0,58	-790,7	-770,7	360	2	45,6	400	-	-
21	62÷63	Przekop N na poz. 1020 m	21,4	2400/3000	40,0/50,0	0,00	-770,7	-770,3	900	1	44,9	1400	-	-
22	48÷63	Dowierzeźnia II	17,8	1200/1800	20,0/30,0	0,00	-830,0	-770,3	800	1	47,1	1000	600	-





Rys. 1. Schemat przestrzenny przewietrzania wirtualnej kopalni węgla kamiennego  
 Fig. 1. Spatial scheme of ventilation of a virtual hard coal mine

**Tablica 4. Baza danych dotyczących drążonych wyrobisk z wentylacją odrębną**  
**Table 4. Database for excavations with separate ventilation system**

Symbol wielkości	Pochylnia S2 w pokł. 508	Pochylnia N2 w pokł. 508	Pochylnia S2 w pokł. 510	Pochylnia N2 w pokł. 510	Przekop N do partii G
$t_p$ , °C	jako wynik prognozy klimatycznej dla wyrobisk z opływowymi prądami powietrza				
$t_{p0}$ , °C	jako wynik prognozy klimatycznej dla wyrobisk z opływowymi prądami powietrza				
$P_p$ , Pa	108613	108637	111309	111273	111257
$r_p$ , kg/m <sup>3</sup>	0,036	0,036	0,036	0,036	0,007
$\lambda$ , %	10	10	10	10	10
$D_p$ , m	0,8	0,8	0,8	0,8	1,2
$V_{kz}$ , m <sup>3</sup> /s	6,0/8,0	6,0/8,0	6,0/8,0	6,0/8,0	6,0/8,0
$k$ , m <sup>2.5</sup> /kg <sup>0.5</sup>	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
$L$ , m	600	450	600	400	1300
$A$ , m <sup>2</sup>	17,8	17,8	16,0	16,0	21,4
$\lambda_q$	1,244	1,244	1,244	1,244	2,370
$a_q$	$0,651 \cdot 10^{-6}$	$0,651 \cdot 10^{-6}$	$0,651 \cdot 10^{-6}$	$0,651 \cdot 10^{-6}$	$1,050 \cdot 10^{-6}$
$\gamma$ , rad	-0,0205	-0,0249	-0,0750	-0,0743	0,00262
$\Gamma$ , m/K	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
$\delta_p$ , m	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
$G$ , %	8	8	10	10	5
$t_{pg}$ , °C	38,8	38,9	47,2	47,1	47,0
$P$ , m/d	8	8	8	8	2
$D_{rw}$ , m	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$D_{sp}$ , m	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
$m_w$ , kg/s	3,125	3,125	3,472	3,472	1,157
$\Sigma N_{m^2}$ , kW	556 +215	555 +215	556 +215	554 +215	800 +240
$B_w$ , m	11,0	11,0	9,4	9,4	0,0
$\Sigma N_k$ , kW	545	490	545	435	1040

**Tablica 5. Baza danych dotycząca posiadanego przez kopalnię potencjału chłodniczego**  
**Table 5. Database for cooling capabilities of the mine**

Lp.	Typ ziębiarki/producent	Moc chłodnicza, kW	Liczba sztuk
1	CP-300 TERMOSPEC	300	22
2	DV-200 WAT	200	3
3	DV-150 WAT	155	1
4	SPK-50 WAT	95,6	4
5	SCP-40 TERMOSPEC	40	50

końcu bocznicy, oprócz temperatury powietrza wpływającego do tej bocznicy mają: intensywność przewietrzania bocznicy (wyrobiska), długość bocznicy, temperatura pierwotna skał otaczających, źródła ciepła pochodzące od urządzeń technologicznych, urządzenia chłodnicze.

Opis schematu temperaturowego kopalnianej sieci wentylacyjnej i sposób jego zastosowania podano w pracy [17]. Natomiast w pracy [18] podano sposób analizy wymienionego schematu oraz klasyfikację bocznicy (wyrobisk) pod względem przyrostu zagrożenia klimatycznego.

##### 5. Zwalczanie zagrożenia klimatycznego w wyrobiskach z opływowym prądem powietrza

Zwalczanie zagrożenia klimatycznego w kopalniach głębokich polega na ograniczeniu nadmiernego nawilżania i nagrzewania powietrza. W celu ograniczenia nadmiernego nawilżania i nagrzewania powietrza kopalnianego stosuje się znane przedsięwzięcia [13, 21, 24, 27]. Dla danej kopalni, poziomu, rejonu dobór środków prewencji zagrożenia klimatycznego musi być dostosowany do konkretnych warunków górniczo-technicznych. Zastosowanie tych środków powinno

być poparte wynikami prognoz klimatycznych. Prognozy te należy wykonać wariantowo: dla różnych rozplywów powietrza, z zastosowaniem klimatyzacji klasycznej, a także dla wariantu, w którym klimatyzacja klasyczna będzie wspomagana innymi środkami prewencji (chłodnice ścianowe, lutniociąg z chłodnym powietrzem).

Sposób zwalczania zagrożenia klimatycznego pokazano na przykładzie „wirtualnej” kopalni, której schemat przewietrzania przedstawia rysunek 1. Kopalnia posiada trzy poziomy wydobywcze:

- poziom 760 m, na którym temperatura pierwotna skał  $t_{pg1} = 35,2$  °C,
- poziom 860 m, na którym temperatura pierwotna skał  $t_{pg2} = 38,9$  °C,
- poziom 1080 m, na którym temperatura pierwotna skał  $t_{pg3} = 47,1$  °C.

Korzystając z zintegrowanej metody prognozowania warunków klimatycznych dokonano oceny zagrożenia cieplnego. Prognozowana temperatura powietrza w przekrojach jego wypływu ze ścian jest bardzo wysoka. Na poziomie 760 m jest ona wyższa od 34 °C, na poziomie 860 m wyższa od 36 °C, a na poziomie 1080 m wynosi nawet 40 °C. Zwiększenie intensywności przewietrzania kopalni pozwoli na obniżenie

temperatury powietrza na poziomie 760 m poniżej 33 °C, ale na poziomach głębszych temperatura ta w dalszym ciągu jest dużo wyższa od 33 °C. Konieczne jest zatem zastosowanie klimatyzacji.

Na poziomie 760 m temperaturę powietrza nie wyższą od 33 °C można zapewnić za pomocą intensywnej wentylacji. Dla uzyskania temperatury powietrza nie wyższej od 28 °C należy zastosować ziębiarki o łącznej mocy chłodniczej równej 2420 kW (rys. 2). Rozkład mocy chłodniczej na poziomie 760 m powinien być następujący: w chodniku podścianowym ściany A1 – 300 kW, w ścianie A1 – 6 chłodziw o mocy 40 kW każda, w chodniku podścianowym ściany A2 – 600 kW, w ścianie A2 – 4 chłodziw o mocy 40 kW każda, w chodniku podścianowym ściany B1 – 300 kW, w ścianie B1 – 6 chłodziw po 40 kW, w chodniku podścianowym ściany B2 – 300 kW, a wzdłuż frontu ściany B2 – 7 chłodziw po 40 kW. Z analizy rysunku 2 wynika, że przy takim potencjale chłodniczym można we wszystkich wyrobiskach z prądem powietrza świeżego zapewnić temperaturę powietrza nie wyższą od 28 °C.

Na poziomie 860 m, dla zapewnienia w prądach powietrza świeżego temperatury nie wyższej od 33 °C, oprócz intensywnej wentylacji, w chodnikach podścianowych ścian C1 i D1 należy zabudować chłodziw powietrza o mocy chłodniczej 300 kW każda. Natomiast dla zapewnienia temperatury powietrza nie wyższej od 28 °C, potrzebny potencjał chłodniczy jest wyższy i wynosi on 2400 kW (rys. 3). Ziębiarki należy zabudować w: pochylni S1 – 300 kW, chodniku podścianowym ściany C1 – 2 · 300 kW, ścianie C1 – 8 · 40 kW, pochylni N1 – 300 kW, chodniku podścianowym ściany D1 – 2 · 300 kW, ścianie D1 – 7 · 40 kW.

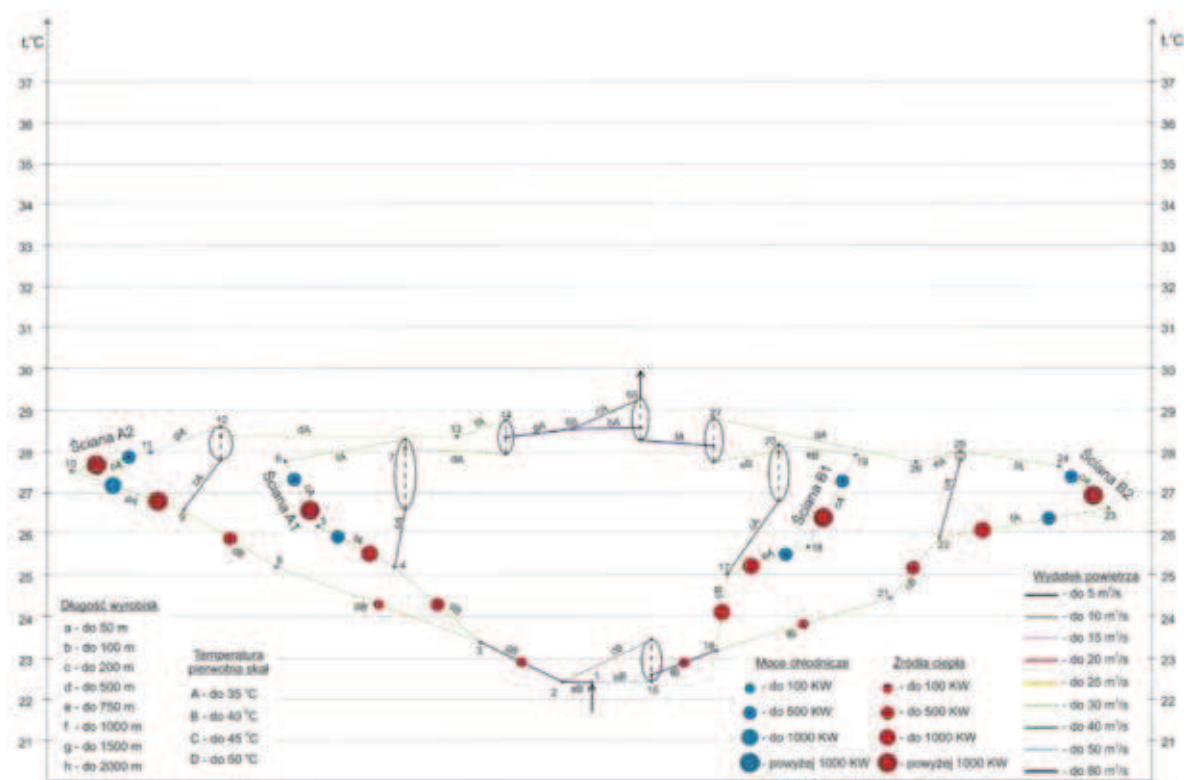
Na poziomie 1080 m (rys. 4) dla zapewnienia w prądach powietrza świeżego temperatury nie wyższej od 33 °C należy zabezpieczyć potencjał chłodniczy w wartości 2370 kW,

a mianowicie: w drażonej pochylni S2 – 200 kW, pochylni N2 – 150 kW, w przekopie do partii G – 200 kW, w chodniku podścianowym ściany E1 – 3 · 300 kW, w ścianie E1 – 5 · 40 kW, w chodniku podścianowym ściany F1 – 2 · 300 kW, w ścianie F1 – 3840 kW. Dla zapewnienia temperatury powietrza nie wyższej od 28 °C potrzebny potencjał chłodniczy wynosi 4070 kW (rys. 4), a mianowicie: w pochylni S1 – 300 kW, w chodniku podścianowym ściany E1 – 4 · 300 kW, w ścianie E1 – 16 · 40 kW, w pochylni N1 – 300 kW, w chodniku podścianowym ściany F1 – 2 · 300 kW, w ścianie F1 – 12 · 40 kW.

Łączny dla całej kopalni potencjał chłodniczy, potrzebny do zapewnienia w prądach powietrza świeżego temperatury nie wyższej od 33 °C, wynosi 2970 kW. Dla zapewnienia temperatury nie wyższej od 28 °C potencjał ten wynosi 8890 kW. W pierwszym przypadku do klimatyzacji kopalni wystarczy klimatyzacja grupowa. W drugim przypadku konieczna jest klimatyzacja centralna. Z tablicy 4 wynika, że łączny potencjał chłodniczy, będący do dyspozycji kopalni wynosi ponad 9700 kW. Jest on zatem wystarczający do zapewnienia we wszystkich prądach powietrza świeżego temperatury nie wyższej od 28 °C.

**6. Zwalczanie zagrożenia klimatycznego w wyrobiskach z wentylacją odrębną drażonych w skałach o skrajnie wysokiej temperaturze pierwotnej**

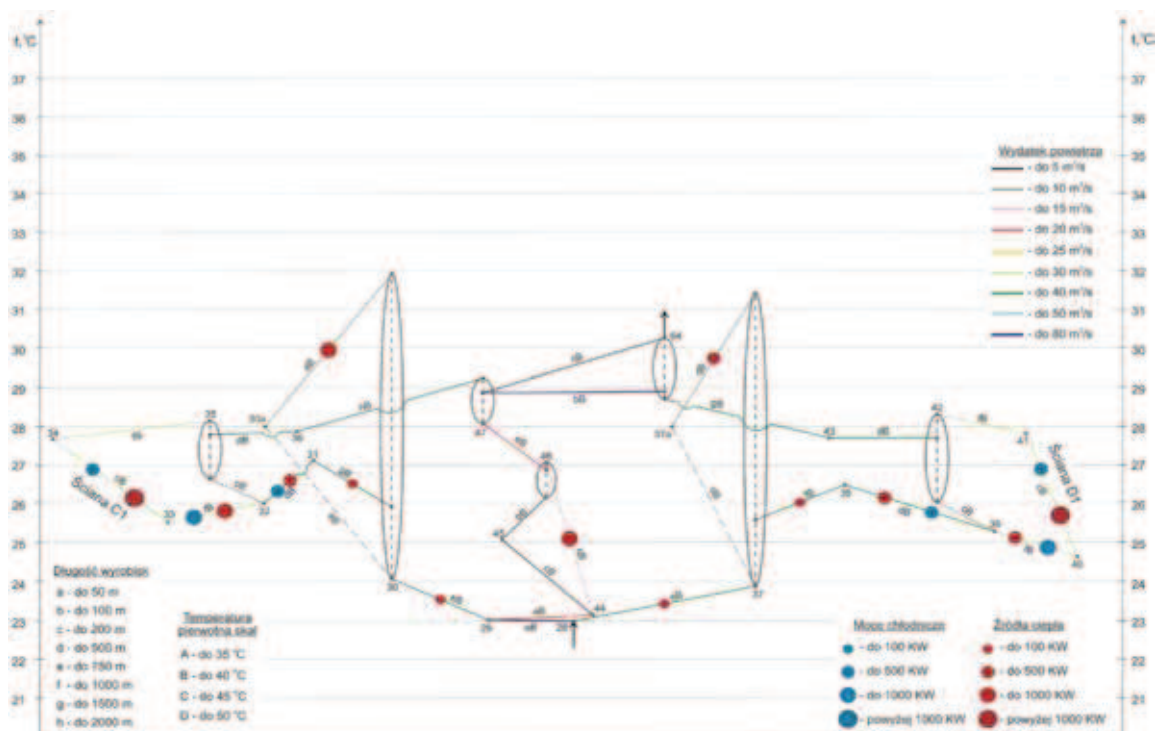
Trudności z opanowaniem wysokiej temperatury powietrza występują w pierwszej kolejności w wyrobiskach z wentylacją odrębną. Intensywność przewietrzania tych wyrobisk jest mniejsza w porównaniu z wyrobiskami przewietrzanymi opływowymi prądami powietrza. Czas przewietrzania tych wyrobisk jest



Rys. 2. Schemat temperaturowy poziomu 760 m dla wariantu z potencjałem chłodniczym pozwalającym na utrzymanie temperatury powietrza nie wyższej od 28 °C

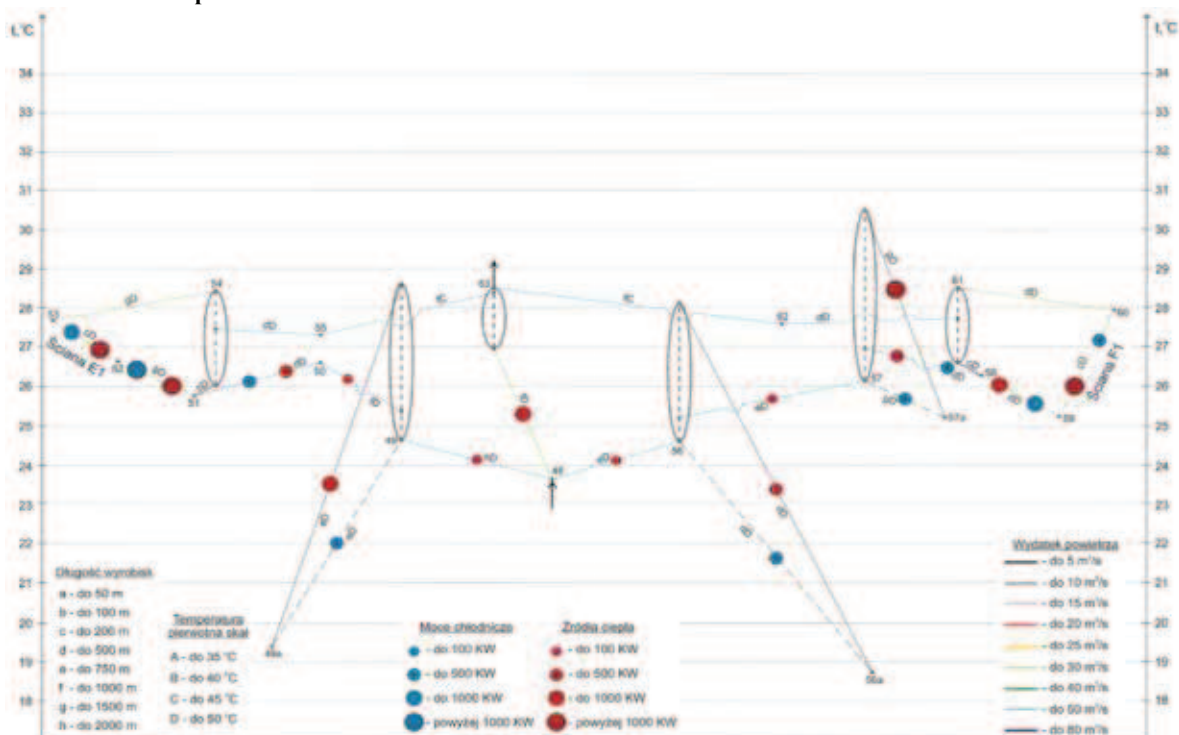
Fig. 2. Temperature scheme at the level of 760 m for the option with cooling capabilities which allow to maintain the air temperature below 28 °C





Rys. 3. Schemat temperaturowy poziomu 860 m dla wariantu z potencjałem chłodniczym pozwalającym na utrzymanie temperatury powietrza nie wyższej od 28 °C

Fig. 3. Temperature scheme at the level of 860 m for the option with cooling capabilities which allow to maintain the air temperature below 28 °C



Rys. 4. Schemat temperaturowy poziomu 1080 m dla wariantu z potencjałem chłodniczym pozwalającym na utrzymanie temperatury powietrza nie wyższej od 28 °C

Fig. 4. Temperature scheme at the level of 1080 m for the option with cooling capabilities which allow to maintain the air temperature below 28 °C

krótszy. Trudno jest zapewnić temperaturę powietrza nie wyższą od 28 °C na całej długości drążonego wyrobiska. Zazwyczaj przyjmuje się, że temperatura taka ma być zapewniona tylko w strefie przodkowej drążonego wyrobiska, natomiast wzdłuż trasy należy zapewnić temperaturę nie wyższą od 33 °C.

Dla zapewnienia możliwie dużej intensywności przewietrzania drążonego wyrobiska należy stosować lutniociąg o dużych średnicach i dobrej jakości uszczelnienia. Jeśli wymiary wyrobiska na to pozwalają, zaleca się stosowanie dwóch instalacji lutniowych. W przypadku wentylacji tłoczącej,

oprócz zwiększenia intensywności przewietrzania, uzyskuje się mniejszy przyrost temperatury powietrza płynącego przez wentylator. Należy pamiętać o tym, że ze wzrostem średnicy lutniociągu maleje jego opór jednostkowy, co ma przełożenie na mniejsze spiętrzenie wentylatora oraz mniejszy pobór mocy [25]. Ważnym zagadnieniem jest wybór rodzaju wentylacji lutniowej (tłocząca, ssąca, kombinowana, z wentylatorem na trasie, z chłodnicami powietrza w lutniociągu tłoczącym, itd.). W pracy [16] podano 17 przykładowych schematów przewietrzania wyrobisk ślepych. Praktyka kopalniana wykazała, że w przypadku długich wyrobisk dobre efekty wentylacyjne i klimatyczne można osiągnąć stosując wentylatory lutniowe na trasie, zabudowane w boczniku zasadniczego lutniociągu [13].

W warunkach, gdy temperatura pierwotna skał nie przekracza wartości 50 °C, można w drążonych wyrobiskach zapewnić warunki klimatyczne zgodne z przepisami. Musi być jednak starannie dobrana instalacja lutniowa (wraz z wentylatorem), zapewniona intensywna wentylacja drążonego wyrobiska, a temperatura powietrza w prądzie opływowym powinna być obniżona do około 20 °C. Dla zapewnienia wzdłuż trasy wyrobiska temperatury powietrza nie wyższej od 33 °C, ziębiarki należy zabudować zarówno w lutniociągu, jak i w wyrobisku (na zewnątrz przewodu lutniowego). Lepsze efekty klimatyczne uzyskuje się stosując chłodnice powietrza o mniejszej mocy chłodniczej, ale częściej. Jest to związane z tym, że głębsze schłodzenie powietrza powoduje wzrost strumienia ciepła płynącego z górotworu. Z drugiej jednak strony względy praktyczne nie pozwalają na zbyt gęstą lokalizację chłodnic powietrza. Przy doborze środków prewencji zagrożenia klimatycznego należy, oprócz zastosowania znanych metod [12, 13, 16, 22], wykonać serię alternatywnych prognoz klimatycznych i na podstawie uzyskanych wyników wybrać wariant, który spełni wymagania efektywnej i ekonomicznej klimatyzacji.

## 7. Kontrola skuteczności stosowanych środków prewencji zagrożenia klimatycznego

Dla wyrobisk projektowanych kontrolę podjętych środków skuteczności prewencji zagrożenia klimatycznego dokonujemy analizując wyniki wariantowych prognoz klimatycznych. W efekcie wybieramy takie warianty, które gwarantują zachowanie parametrów mikroklimatu powietrza zgodne z obowiązującymi przepisami. W odniesieniu do wyrobisk istniejących wspomnianą kontrolę przeprowadzamy mierząc parametry termiczne powietrza na dole kopalni i wyniki pomiarów dokumentujemy w tablicach [23]. W przypadku, gdy temperatura powietrza jest wyższa od dopuszczalnej przepisami lub intensywność chłodzenia powietrza, wyznaczona według znanych wzorów [27], jest niższa od 11 katastopni ( $\text{mcal/cm}^2\text{s}$ ) wilgotnych (tzn.  $461 \text{ W/m}^2$ ), wówczas należy podjąć odpowiednie środki poprawy warunków klimatycznych i ponownie wykonać pomiary w badanym wyrobisku.

## 8. Wnioski

Wśród zagrożeń naturalnych, towarzyszących eksploatacji węgla i rud, zagrożenie klimatyczne jest coraz bardziej znaczące. Aktualnie w pięciu polskich kopalniach węgla kamiennego (w skład których wchodzi 7 ruchów) oraz w pięciu kopalniach OKD na Morawach temperatura pierwotna skał na najgłębszym poziomie eksploacyjnym jest wyższa od 40 °C. W kilku drążonych wyrobiskach zmierzona temperatura pierwotna skał była dużo wyższa od 45 °C i dochodziła do 50 °C. W tej sytuacji zarówno intensywna wentylacja, jak

i klimatyzacja klasyczna, polegająca na stosowaniu chodnikowych chłodnic powietrza jest nie wystarczająca.

Zaproponowano system obejmujący prognozowanie, zwalczanie i kontrolę skuteczności podjętych środków prewencji zagrożenia klimatycznego. Jest to system, w którym poziom zagrożenia klimatycznego i sposoby jego zwalczania są ze sobą powiązane. Obok bazy danych oraz zintegrowanej metody prognozowania warunków klimatycznych dla sieci wyrobisk (obejmującej wyrobiska z wentylacją główną oraz wentylacją odrębną), podstawową częścią tego systemu jest schemat temperaturowy tej sieci. Daje on nie tylko informacje o zmianach temperatury powietrza i przyczynach tych zmian, ale również sugeruje środki ograniczenia zagrożenia klimatycznego. Analizując schemat temperaturowy sieci wentylacyjnej można uzyskać informacje, jak zmiana warunków przewietrzania i zastosowany sposób klimatyzacji w jednym rejonie wpływa na warunki klimatyczne w pozostałych rejonach.

Wprowadzenie klasyfikacji bocznic pod względem przyrostu zagrożenia klimatycznego [18] może być pomocne w wyodrębnieniu tych wyrobisk, w których należy spodziewać się najtrudniejszych warunków klimatycznych. Rozważania przeprowadzone w rozdziale 5, jak również rzeczywistość kopalniana wskazują na to, że największego zagrożenia klimatycznego należy spodziewać się w chodnikach przyścianowych (doprowadzających powietrze świeże do ściany) oraz w ścianach eksploatacyjnych. Analiza schematów temperaturowych wskazuje na to, że poważny udział we wzroście zagrożenia klimatycznego mają drążone wyrobiska z wentylacją odrębną.

Praca górników w skrajnie trudnych warunkach geotermicznych jest możliwa, o ile będą spełnione następujące warunki:

- będą to osoby cieszące się dobrym zdrowiem i zaaklimatyzowane do pracy w gorącym mikroklimacie,
- intensywna wentylacja jest wspomagana urządzeniami chłodniczymi,
- powietrze wpływające do ściany eksploatacyjnej jest schłodzone do temperatury dużo niższej od 28 °C, ale wyższej od 20 °C,
- stosuje się chłodzenie powietrza wzdłuż frontu ściany,
- wydobyte dobowe oraz długość frontu ściany nie powinny być za duże (wielkość wydobywania oraz długość wyrobiska ścianowego dla konkretnych warunków górniczo-technicznych powinny być poparte wynikami prognoz klimatycznych).

Skutecznym środkiem pozwalającym na zapewnienie wzdłuż frontu wyrobiska ścianowego prawidłowych warunków klimatycznych może być zabudowa w ścianie lutniociągu z chłodnym powietrzem. Symulacje [24] komputerowe wykazały, że zastosowanie takiego lutniociągu może dać pozytywny efekt nawet wtedy, gdy temperatura pierwotna skał otaczających jest zbliżona do 50 °C. Bardziej szczegółowe rozważania pokazały, że w warunkach bardzo wysokiej temperatury pierwotnej skał, średnica lutniociągu z chłodnym powietrzem nie ma zasadniczego znaczenia na temperaturę powietrza w ścianie (na zewnątrz przewodu lutniowego). Średnica ta ma natomiast duże znaczenie na temperaturę chłodnego powietrza w lutniociągu. Spostrzeżenie to daje możliwość skutecznej walki z wysoką temperaturą powietrza w wyrobiskach ścianowych o małych przekrojach.

Zaproponowano, sprawdzone w polskim górnictwie węgla kamiennego, metody prognozowania temperatury powietrza, opracowane w Zakładzie Aerologii Górniczej GIG. Przedstawiony sposób postępowania przy ocenie, zwalczaniu zagrożenia klimatycznego oraz kontroli podjętych środków prewencji jest aktualny również w przypadku zasto-

sowania metod prognozowania opracowanych przez innych autorów [27].

## Literatura

1. *Bystroń H.*: Kryteria jakości nierozgałęzionych lutniociągów kopalnianych, *Wiadomości Górnicze* nr 1/1990
2. *Bystroń H.*: Metody obliczania nie rozgałęzionych lutniociągów kopalnianych i oceny ich jakości aerodynamicznej, *Archiwum Górnictwa* 35, 3 (1990)
3. *Chmura K., Chudek M.*: Geotermomechanika górnicza, Katowice, Wydaw. „Suplement” Księgarnia Nakładowa 2000
4. *Gapiński D.*: Prognozowanie parametrów mikroklimatu w podziemnej sieci wentylacyjnej z wykorzystaniem modelowania przepływów powietrza w wyrobiskach przewietrzanych obiegowo i odrębnie. *Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko*, Wydanie specjalne nr II/2008, s. 57-64
5. *Holek S.*: Opracowanie potencjału ruchu wilgoci i opartych na nim metod prognozowania mikroklimatu wyrobisk. *Prace GIG, Seria dodatkowa*
6. *Knechtel J.*: Mapy izolinii pierwotnej temperatury skał Centralnego Okręgu Węglowego LZW dla horyzontów -700, -800 i -900 m. Dokumentacja prac GIG o symbolu 01.4.05.03.19/1, Katowice 1979
7. *Knechtel J., Markefka P., Zgryza S.*: Mapy temperatury pierwotnej skał Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego dla horyzontów -450, -550, -650 i -750 m. *Prace Naukowe GIG, Komunikat nr 719*, 1980
8. *Knechtel J.*: Metoda prognozowania parametrów mikroklimatu wyrobisk z tłoczącą wentylacją lutniową, uwzględniająca teorię potencjału ruchu wilgoci. *Prace Naukowe GIG, Komunikat nr 780*, 1993
9. *Knechtel J.*: Metoda prognozowania temperatury i wilgotności powietrza w ślepych wyrobiskach górniczych. *Przeгляд Górnicy* nr 4/1980, str. 197÷203
10. *Knechtel J.*: Metoda prognozowania temperatury i wilgotności powietrza w wyrobiskach rozgałęzionych z lutniociągami nie rozgałęzionymi, *Przeгляд Górnicy* nr 2/1984, str.47÷53
11. *Knechtel J.*: Metoda prognozowania parametrów mikroklimatu oparta na teorii potencjału ruchu wilgoci dla wyrobisk z ssącą wentylacją lutniową. Dokumentacja prac GIG o symbolu planistycznym 2501 oraz symbolu komputerowym 2501111F6, Katowice 1991
12. *Knechtel J.*: Modelowe rozwiązania klimatyzacyjne dla robót korytarzowych z uwzględnieniem wentylacyjnych środków prewencji zagrożenia klimatycznego oraz z zastosowaniem urządzeń chłodniczych. Dokumentacja prac GIG, symbol I.1.9.1; finansowana przez Komitet Badań Naukowych, Katowice 1995
13. *Knechtel J.*: Zagrożenie klimatyczne w polskich kopalniach węgla. *Prace Naukowe GIG. Komunikat nr 835* 1998
14. *Knechtel J.*: Rozwiązania obniżające koszty klimatyzacji w kopalniach. *Przeгляд Górnicy* nr 11(926)/2000, str. 1÷10
15. *Knechtel J., Gapiński D.*: Zaktualizowane mapy izolinii temperatury pierwotnej skał kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), Katowice, Wydaw. Głównego Instytutu Górnictwa 2005
16. *Knechtel J.*: Efektywna i ekonomiczna klimatyzacja rejonów eksploatacyjnych i wyrobisk przygotowawczych. Materiały na spotkanie promocyjne. Katowice. Główny Instytut Górnictwa, 2001
17. *Knechtel J.*: Opracowanie podstaw schematu temperaturowego kopalnianej sieci wentylacyjnej i jego zastosowanie do oceny i zwalczania zagrożenia klimatycznego w kopalni głębokiej. *Prace naukowe GIG Górnictwo i Środowisko* nr 1, 2005 s.17÷31
18. *Knechtel J.*: Badanie zagrożenia klimatycznego w wyrobiskach „wirtualnego” oddziały wydobywczego, w którym prowadzona jest eksploatacja podziemowa. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa* nr 10/429, EMAG-Katowice, 2006
19. *Knechtel J.*: Schemat temperaturowy jako nowy środek w profilaktyce zagrożenia klimatycznego rejonów wydobywczych, *Prace naukowe GIG Górnictwo i Środowisko*, Wydanie specjalne nr II, 2008 s. 65-79
20. *Knechtel J.*: Zintegrowany system prognozowania, bieżącej oceny i zwalczania zagrożenia klimatycznego w głębokiej kopalni węgla kamiennego. *Prace naukowe GIG Górnictwo i Środowisko*, Wydanie specjalne nr VII, 2008 s. 127÷142
21. *Knechtel J.*: The influence of thermal Insulation of Walls of Workings on Air Temperature. *Archives of Mining Sciences* Volume 43, Issue 4, page 517-533, Kraków 1998
22. *Knechtel J.*: Zwalczanie zagrożenia klimatycznego w wyrobiskach z wentylacją odrębną drażonych w skałach o skrajnie wysokiej temperaturze pierwotnej. *Kwartalnik Pol. Śl. Górnictwo i Geologia*, t4, z.3. s. 67÷73, Gliwice 2009
23. *Knechtel J.*: Wytyczne efektywnej i ekonomicznej klimatyzacji wyrobisk ślepych i oddziałów wydobywczych o dużej koncentracji wydobywania (zwłaszcza podziemnych) prowadzonych w skałach o temperaturze pierwotnej powyżej 40°C. *Prace GIG, seria Instrukcje* nr 21. 2009
24. *Knechtel J.*: Klimatyzacja ściany za pomocą lutniociągu z chłodnym powietrzem, materiały konferencyjne 3 Międzynarodowej Konferencji: VĚTRANI, DEGAZACE, KLIMATIZACE A BEZPEČNOST V HORNICTVI, Sepetna, Ostravice na Morawach 16÷17.09.2010, str. 17÷26
25. *Knechtel J.*: Jednostkowy opór aerodynamiczny lutniociągów zbudowanych z lutni elastycznych. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa* nr , EMAG-Katowice, 2011 str. 18÷27
26. *Knechtel J.*: Wyniki badań jakości uszczelnienia lutniociągów funkcjonujących w kopalniach węgla kamiennego, *Przeгляд Górnicy* nr 12/2011, str. 42÷51
27. *Wacławik J., Cygankiewicz J., Knechtel J.*: Warunki klimatyczne w kopalniach głębokich, wyd. II poprawione, Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków, PAN-Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią 1998