

*Józef Knechtel*

## **OPRACOWANIE PODSTAW SCHEMATU TEMPERATUROWEGO KOPALNIANEJ SIECI WENTYLACYJNEJ I JEGO ZASTOSOWANIE DO OCENY I ZWALCZANIA ZAGROŻENIA KLIMATYCZNEGO W KOPALNI GŁĘBOKIEJ**

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono sposób sporządzania schematu temperaturowego kopalnianej sieci wentylacyjnej. Schemat ten jest podobny do schematu potencjalnego. Jednak w odróżnieniu od schematu potencjalnego rodzaj linii łączących punkty o określonych wartościach temperatury (potencjału ruchu ciepła) zależy od długości odpowiadających im wyrobisk. Ponadto, na trasie bocznicy zaznaczono źródła ciepła (kolorem czerwonym) oraz zimna (kolorem niebieskim). Kształty znaków źródeł ciepła i zimna oznaczają zakres mocy danego źródła. Każda linia ma kolor przypisany określonemu zakresowi strumienia objętości powietrza. Analiza schematu pozwala na ustalenie przyczyn występowania wysokiej temperatury powietrza i podjęcie środków umożliwiających zmniejszenie zagrożenia klimatycznego. Tak opracowany schemat temperaturowy dotyczy zarówno istniejącego stanu sieci, jak i stanów prognozowanych.

### **Development of basis for mine ventilation net temperature layout and its use in evaluation and fighting of climatic hazards in deep mine**

#### **Abstract**

The premises of temperature diagram of mine ventilation network are discussed. The temperature diagram is basically similar to the known potential diagram of ventilation network, but here the thickness and pattern of diagram lines connecting nodes of determined values of air temperature (so called heat movement potential) are proportional to the actual lengths of workings they represent and their color is related to the quantitative range of their airflow. Along the diagram lines round symbols are placed, namely: the red ones of different size representing heat sources of adequate power acting between nodes, as well as similar blue symbols representing cooling devices. When analyzing such diagram, one can easily detect the causes of high air temperature occurrence, which can simplify selection of adequate countermeasures in relation to heat hazard. Temperature diagrams can be an useful tool both for existing as well as for planned ventilation systems.

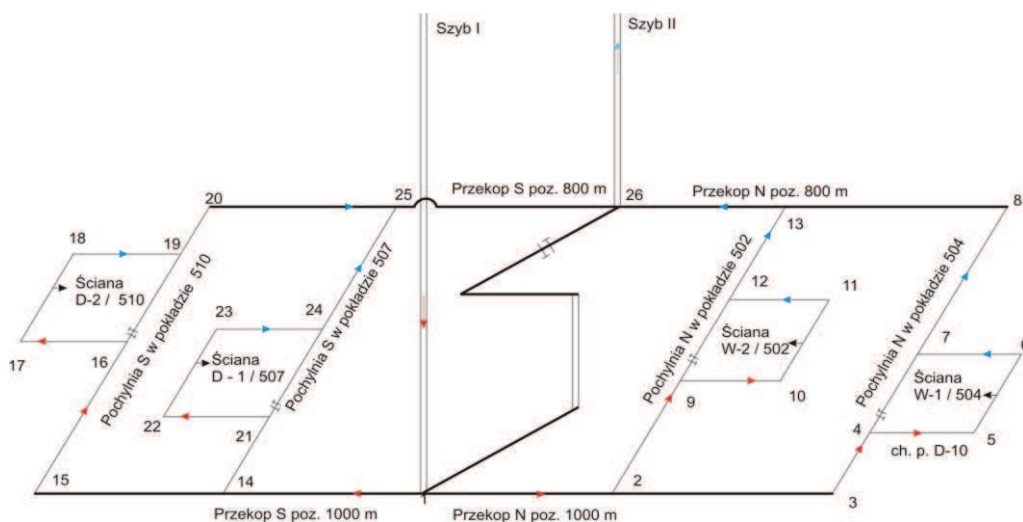
### **WPROWADZENIE**

Literatura z zakresu klimatyzacji kopalń głębinowych, zarówno krajowa, jak i światowa, jest bardzo bogata. Informacje w niej zawarte dotyczą rozpoznawania, prognozowania i zwalczania zagrożenia klimatycznego w wyrobiskach z opływowymi prądami powietrza oraz w drażonych wyrobiskach z wentylacją lutniową. Zagrożenie klimatyczne najczęściej jest rozpatrywane w odniesieniu do grupy kilku wyrobisk. Nie jest znany natomiast algorytm umożliwiający postępowanie w przypadku potraktowania sieci wentylacyjnej jako całości z uwagi na zagrożenie klimatyczne. Problem taki

powstał podczas analizy klimatycznej nowej rozcinki części kopalni „Marcel”. Okazało się bowiem, że w niektórych rejonach wydobywczych prognozowana temperatura powietrza jest stosunkowo niska (poniżej 26°C), a w innych znacznie wyższa (powyżej 30°C, a nawet więcej). Było to powodem opracowania takiego algorytmu, w którym wykorzystano będące w dyspozycji kopalni strumienie objętości powietrza i moce chłodnicze ziębiarek, tak aby uzyskać bardziej równomierny rozkład temperatury w prądach powietrza świeżego. W tym celu opracowano podstawy schematu temperaturowego kopalnianej sieci wentylacyjnej. Schemat ten jest podobny do schematu potencjalnego. Jednak w odróżnieniu od schematu potencjalnego rodzaj linii łączących punkty o określonych wartościach temperatury (potencjału ruchu ciepła) zależy od długości odpowiadających im wyrobisk. Ponadto, na trasie bocznicy (wyrobiska) zaznaczone są źródła ciepła (kolorem czerwonym) i zimna (kolorem niebieskim). Kształty znaków źródeł ciepła i zimna oznaczają zakres mocy danego źródła. Każda linia ma kolor przypisany określonemu zakresowi strumienia objętości przepływającego powietrza. Analiza tak sporządzonego schematu pozwala na ustalenie przyczyn występowania wysokiej temperatury powietrza i podjęcie środków umożliwiających zmniejszenie zagrożenia klimatycznego. Tak opracowany schemat temperaturowy dotyczy zarówno istniejącego stanu sieci (dane z pomiarów), jak i różnych prognozowanych stanów.

## 1. PODSTAWY SCHEMATU TEMPERATUROWEGO KOPALNIANEJ SIECI WENTYLACYJNEJ

Sposoby wykreślania schematu temperaturowego kopalnianej sieci wentylacyjnej objaśniono na przykładzie. Na rysunku 1 przedstawiono schemat przestrzenny przewietrzania projektowanej kopalni z czterema oddziałami wydobywczymi.



Rys. 1. Schemat przestrzenny przewietrzania kopalni z czterema oddziałami wydobywczymi

Fig. 1. Schematic of a mine having four active mining regions

W celu ustalenia, jak będzie się kształtowało zagrożenie klimatyczne w tych oddziałach, wykonano wariantowe prognozy klimatyczne dla okresu zimowego i dla okresu letniego. Do sporządzenia prognoz klimatycznych zastosowano metodę opisaną w publikacji (Holek S. 1990). Dane początkowe do obliczeń zestawiono w tablicy 1. Każda z czterech części tej tablicy dotyczy dróg powietrza dla jednego oddziału wydobywczego. W tablicy 2 natomiast zestawiono wyniki prognoz klimatycznych dla: okresu zimowego, okresu letniego bez chłodzenia, okresu zimowego ze zmienionym rozplywem powietrza, okresu letniego z chłodzeniem powietrza oraz okresu letniego ze zwiększoną mocą chłodniczą.

Ze względu na oszczędność miejsca w tablicy tej podano tylko: numer węzła, odległość od podszybia szybu wdechowego (współrzędną bieżącą) –  $x$  oraz temperaturę powietrza mierzoną termometrem suchym. Nie podano takich parametrów jak: temperatura powietrza mierzona termometrem wilgotnym, stopień zawilżenia, wilgotność względna powietrza. Na podstawie wyników zestawionych w tablicy 2 można stwierdzić, że w okresie zimowym temperatura powietrza jest wyższa od  $28^{\circ}\text{C}$  jedynie w rejonie ściany D-2, natomiast w okresie letnim we wszystkich oddziałach wydobywczych. W celu zorientowania się, jakie czynniki wpływają na wzrost temperatury powietrza na jego drodze od podszybia szybu wdechowego do jego wypływu z oddziału wydobywczego sporządzono rysunek 2. W celu ułatwienia wykonania tego rysunku opracowano tablicę 3. Rysunek 2 dotyczy okresu zimowego; rodzaj linii łączących poszczególne węzły zależy od długości wyrobiska.

Po przeanalizowaniu rysunku 2 można wywnioskować, dlaczego właśnie najwyższa temperatura powietrza występuje w rejonie ściany D-2/510, a mianowicie: droga powietrza świeżego doprowadzanego do rejonu ściany D-2 jest najdłuższa ( $L = 6600$  m). Zawiera ona trzy bocznice o długości powyżej 1000 m. Do innych oddziałów jest bliżej (np. do oddziału D-1/507 powietrze musi przebyć drogę równą 4100 m). Ponadto, na drodze do oddziału D-2/510 jest więcej źródeł ciepła o dużej mocy (trzy źródła o mocy powyżej 500 kW, podczas, gdy w innych oddziałach są dwa takie źródła albo jedno). Sumaryczna moc zainstalowana wynosi 3050 kW. Z rysunku 2 można zatem odczytać dużo informacji o przyczynach wzrostu temperatury powietrza dotyczących jednocześnie kilku oddziałów wydobywczych. Rysunek ten proponuje się nazwać schematem temperaturowym sieci wentylacyjnej.

Z rysunku 2 wynika, że w niektórych oddziałach wydobywczych temperatura powietrza jest dużo niższa od  $28^{\circ}\text{C}$  (np. rejon ściany W-2/502), podczas, gdy w innych (rejon ściany D-2/510) temperatura ta jest dużo wyższa od  $28^{\circ}\text{C}$ . Zwiększając intensywność przewietrzania oddziałów o wyższej temperaturze powietrza kosztem oddziałów chłodniejszych powinno się uzyskać poprawę warunków klimatycznych w oddziałach gorętszych.

W omawianym przykładzie postanowiono zmniejszyć strumień powietrza płynący do partii „W” z  $5400\text{ m}^3/\text{min}$  do  $5000\text{ m}^3/\text{min}$ , a zwiększyć strumień powietrza płynący do partii „D” z  $5400\text{ m}^3/\text{min}$  do  $5800\text{ m}^3/\text{min}$ . Postanowiono także zwiększyć intensywność przewietrzania ściany D-2/510 z  $2000\text{ m}^3/\text{min}$  do  $2400\text{ m}^3/\text{min}$ . Wyniki obliczeń prognostycznych zestawiono w tablicy 2 (kolumna 5) oraz przedstawiono w sposób graficzny na rysunku 3.

Tablica 1. Dane początkowe do prognozy klimatycznej

Parametry powietrza dopływającego do rejonu:

a) okres zimowy:  $t_0 = 12,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{0p} = 10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi_0 = 75,7\%$ ; b) okres letni:  $t_0 = 23,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{0p} = 18,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi_0 = 60,8\%$ wysokość geodezyjna powierzchni kopalni:  $z_0 = 280,0\text{ m}$ 

## Rejon ściany W-1 w pokładzie 504

Bocz- nica	Nazwa wyrobiska	A, m <sup>2</sup>	V, m <sup>3</sup> /min	k	z <sub>d</sub> , m	z <sub>w</sub> , m	L, m	t <sub>pg</sub> , °C	τ, dni	N <sub>m</sub> , kW	L <sub>p</sub> , m	m <sub>w</sub> , t/d
1-2	Przekop N, poziom 1000 m	16,9	5400	0,00	-720	-724	1500	37,2	4500	200	-	8000
2-3	Przekop N, poziom 100 m (c.d.)	16,9	2700	0,00	-724	-723	1000	36,9	3600	100	-	4000
3-4	Pochylnia N w pokładzie 504	13,5	2700	0,32	-723	-642	800	36,8	2000	400	800	4000
4-5	Chodnik podśc. ściany W-1/504	11,8	2000	0,28	-642	-638	800	33,7	720	400	800	4000
5-6	Ściana W-1 w pokł. 504	8,0	2000	0,50	-638	-617	200	33,5	0,25	1500	200	4000
6-7	Chodnik nadśc. ściany W-1/504	11,8	2000	0,28	-617	-620	800	32,7	720	-	-	-
7-8	Pochylnia N w pokładzie 504	13,5	2700	0,32	-620	-520	1000	32,8	2000	-	-	-
8-13	Przekop N, poziom 800 m	16,9	2700	0,00	-520	-519	1000	29,2	3600	-	-	-
13-26	Przekop N, poziom 800 m (c.d.)	16,9	5400	0,00	-519	-522	1500	29,1	4500	-	-	-

## Rejon ściany W-2 w pokładzie 502

Bocz- nica	Nazwa wyrobiska	A, m <sup>2</sup>	V, m <sup>3</sup> /min	k	z <sub>d</sub> , m	z <sub>w</sub> , m	L, m	t <sub>pg</sub> , °C	τ, dni	N <sub>m</sub> , kW	L <sub>p</sub> , m	m <sub>w</sub> , t/d
1-2	Przekop N, poziom 1000 m	16,9	5400	0,00	-720	-724	1500	37,2	4500	200	-	8000
2-9	Pochylnia N w pokładzie 502	13,5	2700	0,34	-724	-585	1400	36,9	1800	700	1400	4000
9-10	Chodnik podśc. ściany W-2/502	11,8	2000	0,29	-585	-580	750	32,0	600	400	750	4000
10-11	Ściana W-2 w pokł. 502	8,0	2000	0,50	-580	-570	200	31,7	0,25	1500	200	4000
11-12	Chodnik nadśc. ściany W-2/502	11,8	2000	0,29	-570	-550	750	31,7	600	-	-	-
12-13	Pochylnia N w pokładzie 502	13,5	2700	0,34	-550	-519	400	31,0	1800	-	-	-
13-26	Przekop N, poziom 800 m	16,9	5400	0,00	-519	-522	1500	29,1	4500	-	-	-

## Rejon ściany D-1 w pokładzie 507

Bocz- nica	Nazwa wyrobiska	A, m <sup>2</sup>	V, m <sup>3</sup> /min	k	z <sub>d</sub> , m	z <sub>w</sub> , m	L, m	t <sub>pg</sub> , °C	τ, dni	N <sub>m</sub> , kW	L <sub>p</sub> , m	m <sub>w</sub> , t/d
1-14	Przekop S, poziom 1000 m	16,9	5400	0,00	-720	-721	1700	37,2	4000	200	-	7000
14-21	Pochylnia S w pokładzie 507	13,5	2700	0,31	-721	-620	1000	38,0	1800	500	1000	3500
21-22	Chodnik podśc. ściany D-1/507	11,8	2000	0,29	-620	-624	600	34,8	600	400	600	3500
22-23	Ściana D-1 w pokł. 507	8,0	2000	0,50	-624	-613	200	35,0	0,25	1400	200	3500
23-24	Chodnik nadśc. ściany D-1/507	11,8	2000	0,29	-613	-612	600	34,6	600	-	-	-
24-25	Pochylnia S w pokładzie 507	13,5	2700	0,31	-612	-517	800	34,0	1800	-	-	-
25-26	Przekop S, poziom 800 m	16,9	5400	0,00	-517	-522	1700	30,8	4000	-	-	-

## Rejon ściany D-2 w pokładzie 510

Bocz- nica	Nazwa wyrobiska	A, m <sup>2</sup>	V, m <sup>3</sup> /min	k	z <sub>d</sub> , m	z <sub>w</sub> , m	L, m	t <sub>pg</sub> , °C	τ, dni	N <sub>m</sub> , kW	L <sub>p</sub> , m	m <sub>w</sub> , t/d
1-14	Przekop S, poziom 1000 m	16,9	5400	0,00	-720	-721	1700	37,2	4000	200	-	7000
14-15	Przekop S, poziom 100 m (c.d.)	16,9	2700	0,00	-721	-725	1500	38,0	3000	150	-	3500
15-16	Pochylnia S w pokładzie 510	13,5	2700	0,32	-725	-580	1400	38,3	1200	700	1400	3500
16-17	Chodnik podśc. ściany D-2/510	11,8	2000	0,28	-580	-582	900	34,2	600	600	900	3500
17-18	Ściana D-2 w pokł. 510	8,0	2000	0,50	-582	-571	200	34,5	0,25	1400	200	3500
18-19	Chodnik nadśc. ściany D-2/510	11,8	2000	0,28	-571	-570	900	34,1	600	-	-	-
19-20	Pochylnia S w pokładzie 510	13,5	2700	0,32	-570	-520	400	34,3	1200	-	-	-
20-25	Przekop S, poziom 800 m	16,9	2700	0,00	-520	-517	1500	31,1	3000	-	-	-
25-26	Przekop S, poziom 800 m (c.d.)	16,9	5400	0,00	-517	-522	1700	30,8	4000	-	-	-

**Oznaczenia:** A – pole powierzchni przekroju poprzecznego wyrobiska, V – strumień objętości powietrza płynącego wyrobiskiem, k – współczynnik określający, jaka część obwodu wyrobiska jest odsłonięta przez węgiel, z<sub>d</sub> – wysokość geodezyjna przekroju dopływu powietrza do wyrobiska, z<sub>w</sub> – wysokość geodezyjna przekroju wypływu powietrza z wyrobiska, L – długość wyrobiska, t<sub>pg</sub> – temperatura pierwotną skał na początku wyrobiska, τ – czas przewietrzania wyrobiska, N<sub>m</sub> – moce elektryczne zainstalowane w wyrobisku, L<sub>p</sub> – długość przenośnika taśmowego, m<sub>w</sub> – masa transportowanego urubku.

Tablica 2. Wyniki prognoz klimatycznych

**A. Rejon ściany W-1 w pokładzie 504**

Nr węzła	Współrzędna bieżąca x, m	Prognozowana temperatura powietrza mierzona termometrem suchym, t (°C)				
		okres zimowy	okres letni bez chłodzenia	zima; poprawiony rozpyły powietrza	okres letni z chłodzeniem	okres letni ze zwiększoną mocą chłodniczą
1	2	3	4	5	6	7
1	0	12,2	23,4	12,2	23,4	23,4
2	1500	15,0	24,9	15,1	24,9	24,9
3	2500	17,4	26,2	17,6	26,2	26,2
4	3300	20,8	27,5	21,5	27,5	27,5
5	4100	24,7	29,1	25,4	26,5	24,9
6	4300	27,4	30,3	27,8	28,1	27,4
7	5100	27,6	30,4	28,0	28,3	27,7
8	6100	25,2	28,7	25,8	27,4	26,8
13	7100	25,4	28,7	26,0	27,5	26,9
26	8600	25,5	28,6	26,3	27,4	27,2

**B. Rejon ściany W-2 w pokładzie 502**

1	0	12,2	23,4	12,2	23,4	23,4
2	1500	15,0	24,9	15,1	24,9	24,9
9	2900	21,7	27,3	21,9	27,3	27,3
10	3650	24,6	28,8	25,2	25,7	25,7
11	3850	26,8	29,7	27,3	27,6	27,6
12	4600	26,7	29,5	27,3	27,6	27,6
13	5000	25,3	28,6	26,3	27,2	27,2
26	6500	25,5	28,6	26,3	27,4	27,4

**C. Rejon ściany D-1 w pokładzie 507**

1	0	12,2	23,4	12,2	23,4	23,4
14	1700	15,1	25,1	15,0	25,1	25,1
21	2700	20,4	27,2	20,7	27,2	27,2
22	3300	24,1	28,8	24,6	26,2	24,3
23	3500	27,4	30,6	27,8	28,3	27,6
24	4100	27,6	30,7	28,0	28,5	27,7
25	4900	25,2	29,0	26,0	27,6	26,9
26	6600	26,9	29,9	26,6	28,1	27,1

**D. Rejon ściany D-2 w pokładzie 510**

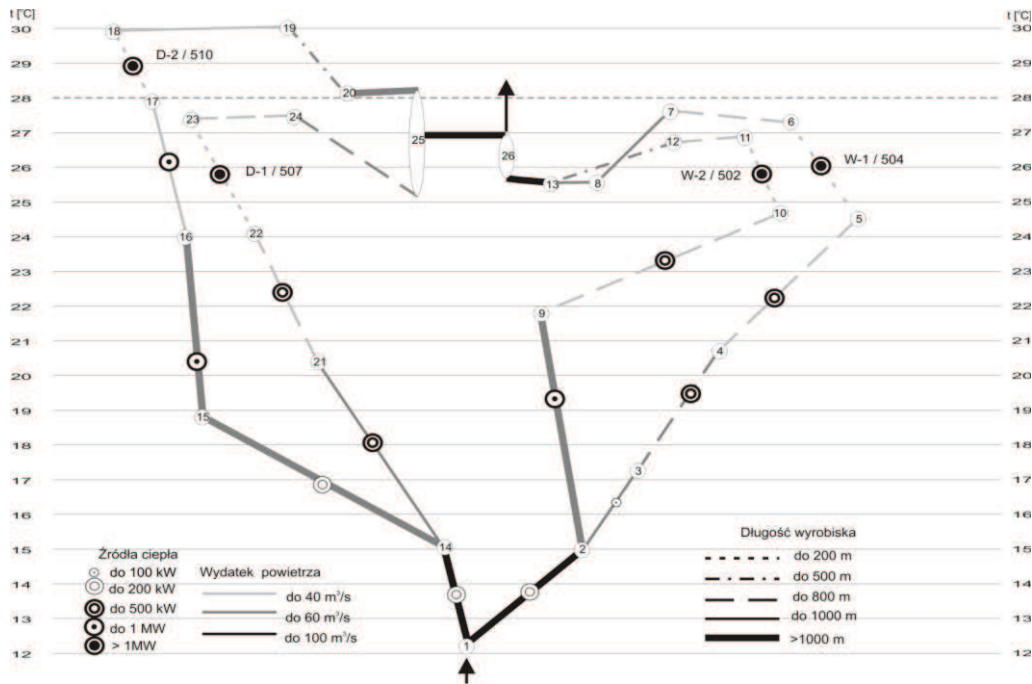
1	0	12,2	23,4	12,2	23,4	23,4
14	1700	15,1	25,1	15,0	25,1	25,1
15	3200	18,7	27,3	17,9	27,3	27,3
16	4600	24,2	29,2	22,2	26,7	24,5
17	5500	27,9	31,2	26,0	26,5	24,4
18	5700	29,9	32,1	28,1	28,9	27,3
19	6600	30,1	32,1	28,3	29,2	27,7
20	7000	28,2	30,9	26,3	28,2	26,6
25	8500	28,3	30,8	26,6	28,4	26,9
26	10200	26,9	29,9	26,6	28,1	27,1

Tablica 3. Dane do wykreślenia schematu temperaturowego

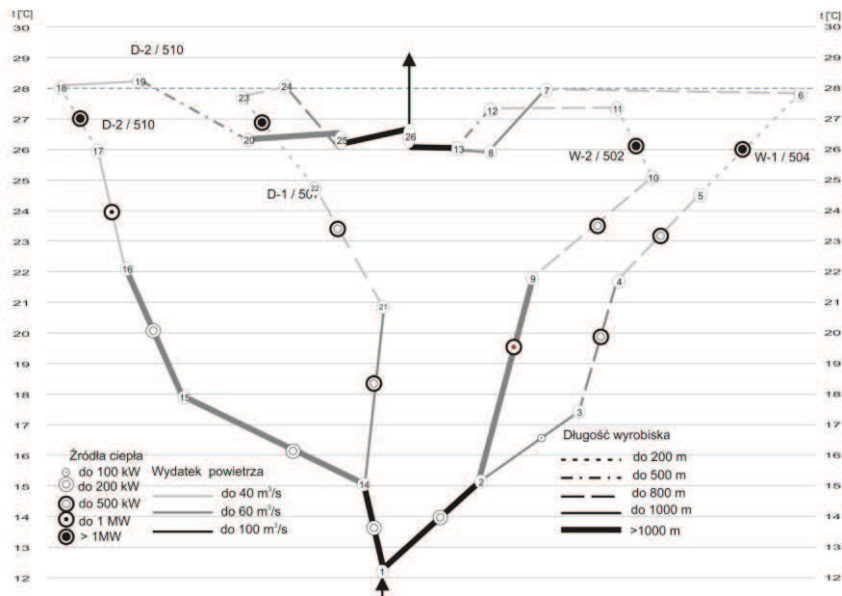
Rejon ściany W-1 w pokładzie 504														
bocz- nica	L, m	N <sub>m</sub> , kW	okres zimowy		okres letni bez chłodzenia		zima, zmieniony rozpyływ powietrza		okres letni z ziębiarką o mocy chłodniczej 290 kW			okres letni z ziębiarką o mocy chłodniczej 350 kW		
			V, m <sup>3</sup> /s	t, °C	V, m <sup>3</sup> /s	t, °C	V, m <sup>3</sup> /s	t, °C	V, m <sup>3</sup> /s	Q <sub>0</sub> , kW	t, °C	V, m <sup>3</sup> /s	Q <sub>0</sub> , kW	t, °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-2	1500	200	90,0	15,0	90,0	24,9	83,3	15,1	90,0	–	24,9	90,0	–	24,9
2-3	1000	100	45,0	17,4	45,0	26,2	43,3	17,6	45,0	–	26,2	45,0	–	26,2
3-4	800	400	45,0	20,8	45,0	27,5	43,3	21,5	45,0	–	27,5	45,0	–	27,5
4-5	800	400	33,3	24,7	33,3	29,1	33,3	25,4	40,0	290	26,5	33,3	350	24,9
5-6	200	1500	33,3	27,4	33,3	30,3	33,3	27,8	40,0	–	28,1	33,3	–	27,4
6-7	800	–	33,3	27,6	33,3	30,4	33,3	28,0	40,0	–	28,3	33,3	–	27,7
7-8	1000	–	45,0	25,2	45,0	28,7	43,3	25,8	45,0	–	27,4	45,0	–	26,8
8-13	1000	–	45,0	25,4	45,0	28,7	43,3	26,0	45,0	–	27,5	45,0	–	26,9
13-26	1500	–	90,0	25,5	90,0	28,6	83,3	26,3	90,0	–	27,4	90,0	–	27,2
Rejon ściany W-2 w pokładzie 502														
1-2	1500	200	90,0	15,0	90,0	24,9	83,3	15,1	90,0	–	24,9	90,0	–	24,9
2-9	1400	700	45,0	21,7	45,0	27,3	40,0	21,9	45,0	–	27,3	45,0	–	27,3
9-10	750	400	33,3	24,6	33,3	28,8	33,3	25,2	33,3	290	25,7	33,3	290	25,7
10-11	200	1500	33,3	26,8	33,3	29,7	33,3	27,3	33,3	–	27,6	33,3	–	27,6
11-12	750	–	33,3	26,8	33,3	29,5	33,3	27,3	33,3	–	27,6	33,3	–	27,6
12-13	400	–	45,0	25,3	45,0	28,6	40,0	26,3	45,0	–	27,2	45,0	–	27,2
13-26	1500	–	90,0	25,5	90,0	28,6	83,3	26,3	90,0	–	27,4	90,0	–	27,4
Rejon ściany D-1 w pokładzie 507														
1-14	1700	200	90,0	15,1	90,0	25,1	96,7	15,0	90,0	–	25,1	90,0	–	25,1
14-21	1000	500	45,0	20,4	45,0	27,2	41,7	20,7	45,0	–	27,2	45,0	–	27,2
21-22	600	400	33,3	24,1	33,3	28,8	33,3	24,6	40,0	290	26,2	33,3	350	24,3
22-23	200	1400	33,3	27,4	33,3	30,6	33,3	27,8	40,0	–	28,3	33,3	–	27,6
23-24	600	–	33,3	27,6	33,3	30,7	33,3	28,0	40,0	–	28,5	33,3	–	27,7
24-25	800	–	45,0	25,2	45,0	29,0	41,7	26,0	45,0	–	27,6	45,0	–	26,7
25-26	1700	–	90,0	26,9	90,0	29,9	96,7	26,6	90,0	–	28,1	90,0	–	27,1
Rejon ściany D-2 w pokładzie 510														
1-14	1700	200	90,0	15,1	90,0	25,1	96,7	15,0	90,0	–	25,1	90,0	–	25,1
14-15	1500	150	45,0	18,7	45,0	27,3	55,0	17,9	45,0	–	27,3	45,0	–	27,3
15-16	1400	700	45,0	24,2	45,0	29,2	55,0	22,2	45,0	290	26,7	45,0	350	24,5
16-17	900	600	33,3	27,9	33,3	31,2	40,0	26,0	33,3	290	26,5	33,3	290	24,4
17-18	200	1400	33,3	29,9	33,3	32,1	40,0	28,1	33,3	–	28,9	33,3	–	27,3
18-19	900	–	33,3	30,1	33,3	32,1	40,0	28,3	33,3	–	29,2	33,3	–	27,7
19-20	400	–	45,0	28,2	45,0	30,9	55,0	26,3	45,0	–	28,2	45,0	–	26,6
20-25	1500	–	45,0	28,3	45,0	30,8	55,0	26,6	45,0	–	28,4	45,0	–	26,9
25-26	1700	–	90,0	26,9	90,0	29,9	96,7	26,6	90,0	–	28,1	90,0	–	27,1

**Objaśnienie:** W tablicy tej dla każdego z rejonów wydobywczych w poszczególnych kolumnach podano: numer bocznic, L – długość bocznic, N<sub>m</sub> – moce elektryczne zainstalowane w bocznic, V – strumień objętości powietrza płynący przez bocznicę, Q<sub>0</sub> – moc zabudowanego w bocznic urządzenia chłodniczego, temperaturę powietrza mierzoną termometrem suchym w przekroju jego wypływu z bocznic.





Rys. 2. Schemat temperaturowy sieci wentylacyjnej z czterema oddziałami wydobywczymi dla okresu zimowego  
 Fig. 2. Temperature diagram of a ventilation network with four exploitation regions, winter season

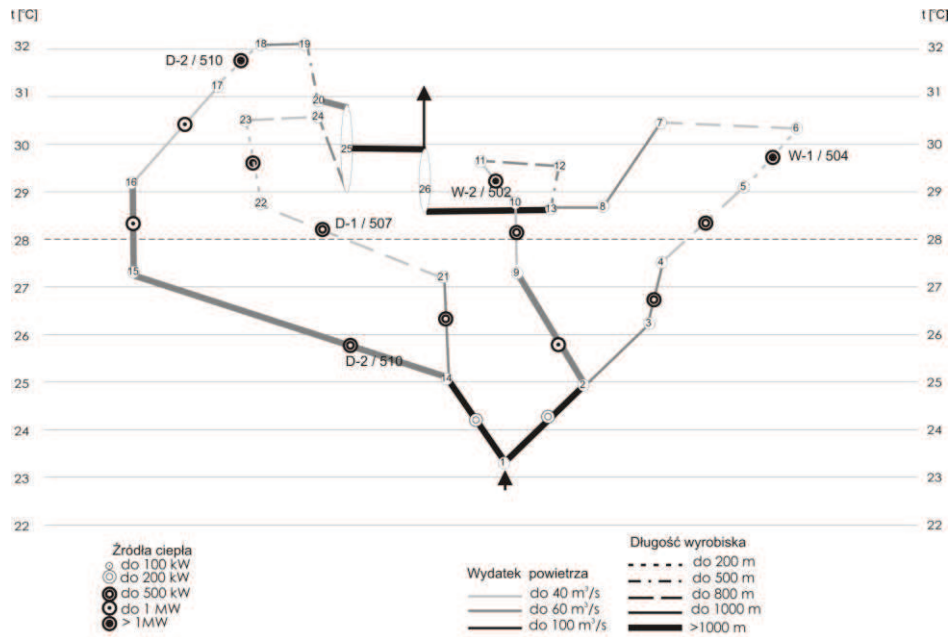


Rys. 3. Schemat temperaturowy sieci wentylacyjnej z czterema oddziałami wydobywczymi, dla okresu zimowego, z poprawionym rozpiływem powietrza  
 Fig. 3. Temperature diagram of a ventilation network with four exploitation regions, winter season, improved airflow distribution

Po wprowadzonych zmianach temperatura powietrza w ścianach: W-1/504, W-2/502 oraz D-1/507 jest niższa od 28°C, a w ścianie D-2/510 jedynie w przekroju wypływu powietrza ze ściany wynosi 28,1°C. Dalsze obniżenie temperatury powietrza środkami wentylacyjnymi jest trudne ze względu na ograniczoną przepustowość ściany. Tym niemniej analiza schematu temperaturowego przedstawionego na rysunku 2, pozwoliła w szybki sposób tak ukierunkować rozptyw powietrza, aby w jednych oddziałach temperatura powietrza nie była za niska, a w innych nie była za wysoka, lecz żeby we wszystkich oddziałach była zbliżona do 28°C, ale nie wyższa.

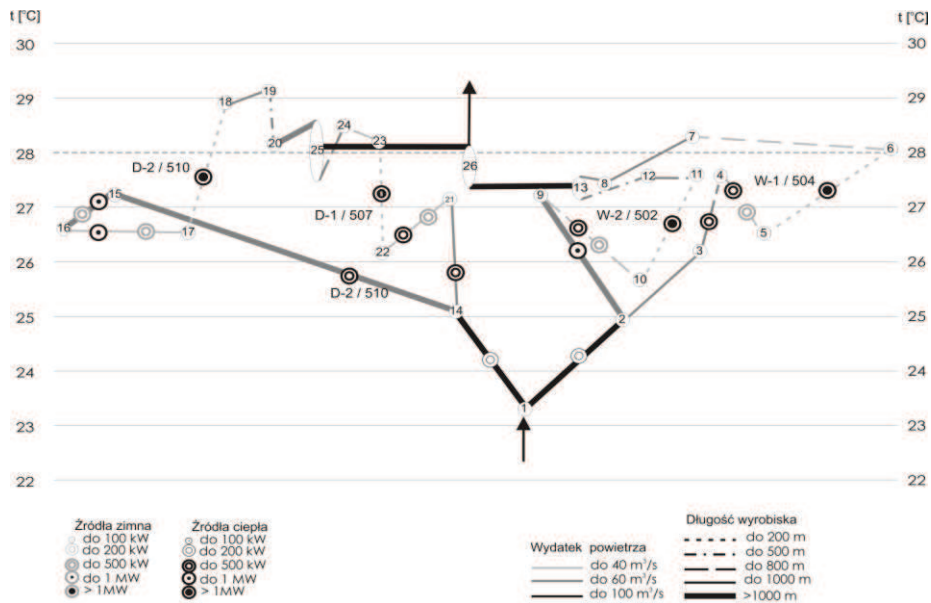
Z analizy tablicy 2 (kolumna 4) wynika, że w okresie letnim we wszystkich oddziałach wydobywczych temperatura powietrza jest wyższa od 28°C i to znacznie. Potwierdza to rysunek 4 stanowiący schemat temperaturowy sieci wentylacyjnej z czterema oddziałami wydobywczymi dla okresu letniego. W tym przypadku do obniżenia temperatury konieczne jest chłodzenie powietrza. Zaproponowano więc zabudowanie w chodnikach podścianowych ścian eksploatacyjnych po jednej ziębiarce DV-290, a ponadto w pochylni S/510 (rys. 1), doprowadzającej powietrze świeże do chodnika podścianowego ściany D-2, zabudować drugą ziębiarkę DV-290 (kolumna 11 tablicy 3). Schemat temperaturowy badanej sieci wentylacyjnej dla tak rozłożonej mocy chłodniczej przedstawiono na rysunku 5. Z rysunku tego wynika, że w przekroju wypływu powietrza ze ściany W-1 temperatura jest nieznacznie wyższa od 28°C, a w chodniku nadścianowym tej ściany wynosi ona 28,3°C. W rejonie ściany W-2 we wszystkich wyrobiskach temperatura powietrza jest niższa od 28°C. Temperatura powietrza w przekroju wypływu ze ściany D-1 wynosi 28,3°C, a na końcu chodnika nadścianowego temperatura ta jest równa 28,5°C. W rejonie ściany D-2 wspomniana temperatura jest jeszcze wyższa. Stąd można wnioskować, że zaproponowane moce chłodnicze są za małe. Proponuje się więc zwiększenie mocy chłodniczej ziębiarek zabudowanych w chodnikach podścianowych ścian eksploatacyjnych z 290 do 350 kW, z wyjątkiem rejonu ściany W-2, gdzie potrzebna moc chłodnicza jest wystarczająca. Wyniki obliczeń prognostycznych zestawiono w tablicy 2 (kolumna 7), a także w sposób graficzny na rysunku 6. Z analizy rysunku 6 wynika, że dzięki zastosowaniu odpowiednio dużej mocy chłodniczej we wszystkich punktach badanej sieci wentylacyjnej przewidywana temperatura powietrza jest niższa od 28°C.





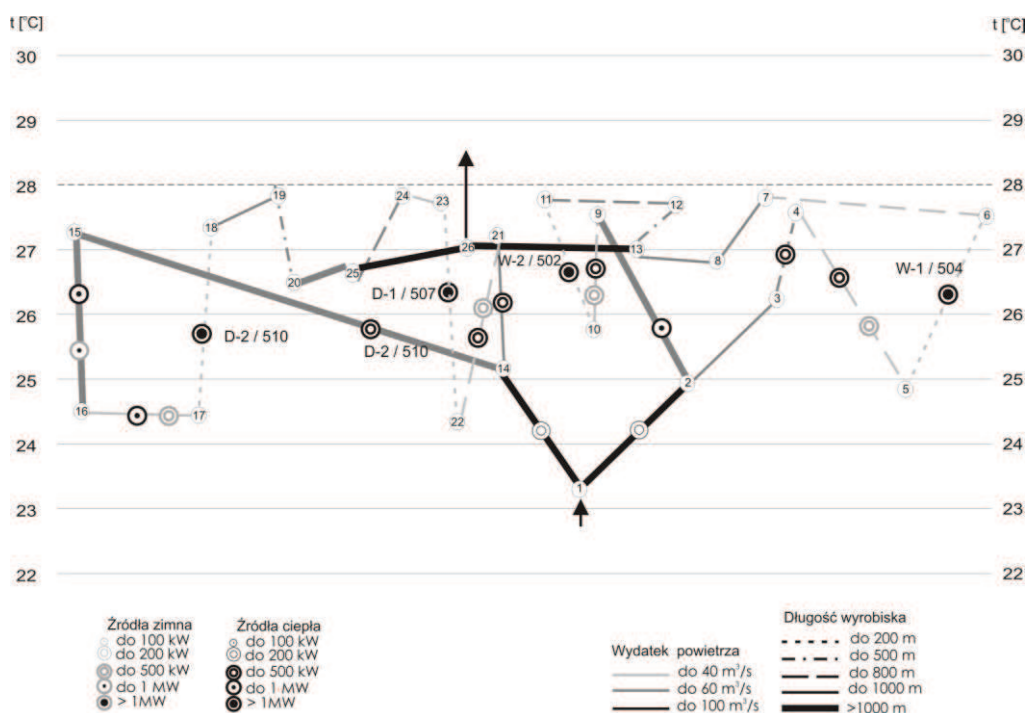
Rys. 4. Schemat temperaturowy sieci wentylacyjnej z czterema oddziałami wydobywczymi, dla okresu letniego, bez stosowania maszyn chłodniczych

Fig. 4. Temperature diagram of a ventilation network with four exploitation regions, summer season



Rys. 5. Schemat temperaturowy sieci wentylacyjnej z czterema oddziałami wydobywczymi, dla okresu letniego, z zastosowaniem maszyn chłodniczych o mocy chłodniczej 290 kW

Fig. 5. Temperature diagram of a ventilation network having four exploitation regions, with cooling devices installed of combined cooling power 290 kW, summer season



**Rys. 6.** Schemat temperaturowy sieci wentylacyjnej z czterema oddziałami wydobywczymi, dla okresu letniego, z zastosowaniem maszyn chłodniczych o zwiększonej mocy chłodniczej

**Fig. 6.** Temperature diagram of a ventilation network having four exploitation regions, with cooling devices installed of higher power, summer season

## 2. ZASTOSOWANIE SCHEMATU TEMPERATUROWEGO DO BADANIA ZAGROŻENIA KLIMATYCZNEGO I JEGO ZWALCZANIA W KOPANI „MARCEL”– REJON „1 MAJA”

Do czasu połączenia z kopalnią „Marcel”, kopalnia „1 Maja” była samodzielną kopalnią, w której głównie eksploatowano pokłady cienkie. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku planowano eksploatację ośmioma ścianami w piętrze między poziomami 610 i 850 m. Schematyczne rozmieszczenie rejonów wydobywczych przedstawiono na rysunku 7. Dane dotyczące poszczególnych bocznik (wyrobisk) podane są w pracy (Knechtel J. 1994), w której zestawiono również wyniki prognoz klimatycznych wykonanych metodami opisanymi w publikacjach (Holek S. 1990; Knechtel J. 1980; Knechtel J. 1993). W tabelicy 4, której układ jest analogiczny jak tabelicy 3 podano niektóre dane początkowe oraz wyniki obliczeń dla: wersji podstawowej, zwiększonej intensywności przewietrzania ścian oraz dla wariantu zastosowania chłodnic powietrza w chodnikach podścianowych. Na tej podstawie opracowano schemat temperaturowy części sieci wentylacyjnej obejmującej badane rejonu wydobywcze (rys. 8). Z uwagi na duże różnice strumieni objętości powietrza

płynącego poszczególnymi wyrobiskami, rozszerzono skalę wydatku powietrza. Kolor granatowy oznacza strumień objętości powietrza powyżej 100 m<sup>3</sup>/s, kolor niebieski strumień objętości powietrza do 100 m<sup>3</sup>/s, kolor zielony – do 80 m<sup>3</sup>/s, żółty – do 60 m<sup>3</sup>/s, czerwony – do 40 m<sup>3</sup>/s, zaś kolor brązowy – strumień objętości powietrza mniejszy od 20 m<sup>3</sup>/s. Z analizy rysunku 8 wynika, że tylko w dwóch oddziałach wydobywczych prognozowana temperatura powietrza jest niższa od 28°C, a w pozostałych sześciu oddziałach temperatura ta jest wyższa od 28°C i to czasem znacznie. Po zastosowaniu wentylacyjnych środków prewencji zagrożenia klimatycznego polegających na zwiększeniu intensywności przewietrzania ściany PM-8 w pokładzie 616 z 700 do 900 m<sup>3</sup>/min, ściany PW-11 w pokładzie 620/1 z 700 do 800 m<sup>3</sup>/min, ściany D-8 w pokładzie 620/2 z 700 do 900 m<sup>3</sup>/min, ścian D-1 i D-4 w pokładzie 624 z 700 do 800 m<sup>3</sup>/min oraz zabudowaniu chłodnic powietrza o mocy 115 kW, w każdym chodniku podścianowym ścian: PM-8/616, PW-11/620/1, D-3/620/2, D-8/620/2, D-1/624 i D-4/624 uzyskano w całym badanym obszarze temperaturę powietrza niższą od 28°C, co pokazano na rysunku 9. Sterując zatem rozplywem powietrza oraz stosując urządzenia chłodnicze można uzyskać taki stan temperaturowy badanej części sieci wentylacyjnej, w której nie będzie wyrobisk z podwyższoną temperaturą powietrza.

Tablica 4. Dane do wykreślenia schematu temperaturowego dla kopalni „Marcel” – rejon „1 Maja”

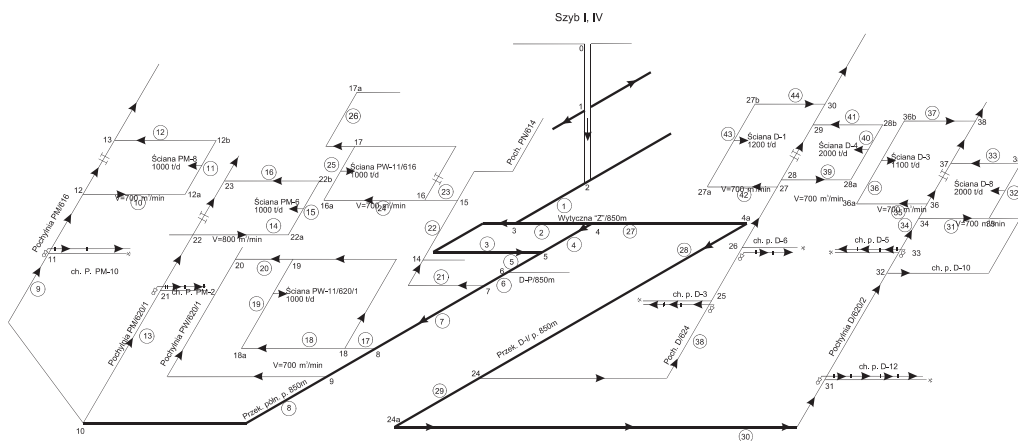
Rejon ściany PM-8 w pokładzie 616									
bocznica	L, m	N <sub>m</sub> , kW	wersja podstawowa		zwiększona intensywność przewietrzania ścian		zastosowanie chłodnic powietrza w chodnikach podścianowych		
			V, m <sup>3</sup> /s	t, °C	V, m <sup>3</sup> /s	t, °C	V, m <sup>3</sup> /s	Q <sub>0</sub> , kW	t, °C
1	220	-	170,0	21,25	170,0	21,25	117,0	-	21,25
2	400	420	111,7	22,24	111,7	22,24	111,7	-	22,24
3	480	-	58,3	21,43	58,3	21,43	58,3	-	21,43
4	120	-	25,0	22,41	25,0	22,41	25,0	-	22,41
5	2350	-	83,3	22,46	83,3	22,46	83,3	-	22,46
6	160	-	71,7	22,51	71,7	22,51	71,7	-	22,51
7	140	-	50,0	22,55	50,0	22,55	50,0	-	22,55
8	700	-	33,3	23,07	33,3	23,07	33,3	-	23,07
9	400	280	16,7	25,91	16,7	25,91	16,7	-	25,91
9A	500	-	4,6	27,92	4,6	27,92	4,6	-	27,92
9B	500	140	4,6	28,80	4,6	28,80	4,6	-	28,80
9a	200	150	16,7	27,00	16,7	27,00	16,7	-	27,00
10	300	340	11,7	27,93	15,0	27,72	15,0	115	25,40
11	200	400	11,7	30,90	15,0	29,80	15,0	-	27,90
12	400	-	11,7	30,98	15,0	29,94	15,0	-	28,10
Rejon ściany PW-11 w pokładzie 616									
1	220	-	170,0	21,25	nie zachodzi potrzeba zwiększenia intensywności przewietrzania rejonu	nie zachodzi potrzeba stosowania urządzeń chłodniczych			
2	400	420	111,7	22,24					
3	480	-	58,3	21,43					
4	120	-	25,0	22,41					
5	2350	-	83,3	22,46					
6	160	-	71,7	22,51					
21	80	-	21,7	22,36					
22	110	-	30,0	22,15					
23	60	110	16,7	22,31					
24	300	220	11,7	23,18					
25	190	400	11,7	26,61					
26	700	-	16,7	25,98					

Mining and Environment

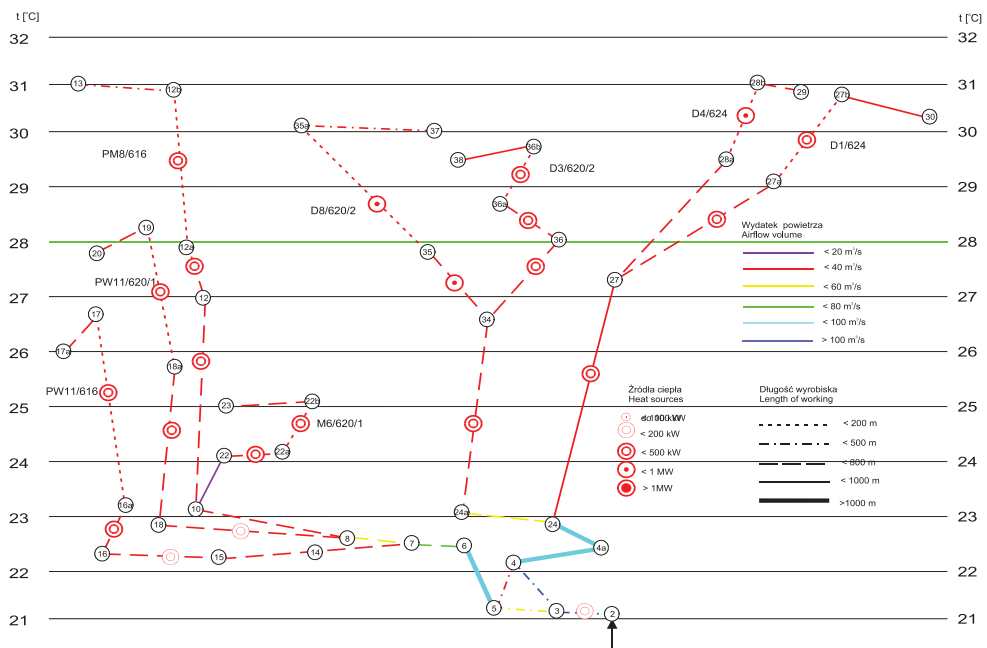
Rejon ściany PW-11 w pokładzie 616									
1	220	-	170,0	21,25	nie zachodzi potrzeba zwiększania intensywności przewietrzania rejonu	nie zachodzi potrzeba stosowania urządzeń chłodniczych			
2	400	420	111,7	22,24					
3	480	-	58,3	21,43					
4	120	-	25,0	22,41					
5	2350	-	83,3	22,46					
6	160	-	71,7	22,51					
21	80	-	21,7	22,36					
22	110	-	30,0	22,15					
23	60	110	16,7	22,31					
24	300	220	11,7	23,18					
25	190	400	11,7	26,61					
26	700	-	16,7	25,98					
Rejon ściany PM-6 w pokładzie 620/1									
1	220	-	170,0	21,25	nie zachodzi potrzeba zwiększania intensywności przewietrzania rejonu	nie zachodzi potrzeba stosowania urządzeń chłodniczych			
2	400	420	111,7	22,24					
3	480	-	58,3	21,43					
4	120	-	25,0	22,41					
5	2350	-	83,3	22,46					
6	160	-	71,7	22,51					
7	140	-	50,0	22,55					
8	700	-	33,3	23,07					
13	1200	-	16,7	23,29					
13A	600	-	5,8	26,55					
13B	600	325	5,8	27,33					
13a	400	-	16,7	24,13					
14	150	220	13,3	24,34					
15	140	400	13,3	25,08					
16	150	-	13,3	24,99					
Rejon ściany PW-11 w pokładzie 620/1									
1	220	-	170,0	21,25	170,0	21,25	nie zachodzi potrzeba stosowania urządzeń chłodniczych		
2	400	420	111,7	22,24	111,7	22,24			
3	480	-	58,3	21,43	58,3	21,43			
4	120	-	25,0	22,41	25,0	22,41			
5	2350	-	83,3	22,46	83,3	22,46			
6	160	-	71,7	22,51	71,7	22,51			
7	140	-	50,0	22,55	50,0	22,55			
17	60	130	16,7	22,88	33,3	22,88			
18	750	220	11,7	25,66	13,3	24,90			
19	190	400	11,7	28,39	13,3	27,60			
20	350	-	16,7	27,56	16,7	26,80			
Rejony ścian D-1 i D-4 w pokładzie 624									
1	220	-	170,0	21,25	170,0	21,25	117,0	-	21,25
2	400	420	111,7	22,24	111,7	22,24	111,7	-	22,24
27	1100	-	86,7	22,54	86,7	22,54	86,7	-	22,54
28	1600	-	86,7	22,90	86,7	22,90	86,7	-	22,90
38	450	160	30,0	25,57	30,0	25,57	30,0	-	25,57
38A	600	-	5,8	28,78	5,8	28,78	5,8	115	19,65
38B	600	325	5,8	28,05	5,8	28,05	5,8	-	27,46
38a	200	80	30,0	26,39	30,0	26,39	30,0	-	26,26
38C	900	-	6,3	30,66	6,3	30,66	6,3	115	21,53
38D	900	325	6,3	29,52	6,3	29,52	6,3	-	28,20
38b	200	80	30,0	27,27	30,0	27,27	30,0	-	26,85
42	750	320	11,7	29,08	13,3	28,88	13,3	115	25,55
43	200	400	11,7	30,68	13,3	30,18	13,3	-	26,90
44	850	-	11,7	30,25	13,3	29,75	13,3	-	26,80
39	600	540	11,7	29,25	13,3	29,05	13,3	115	25,95
40	200	630	11,7	31,06	13,3	30,56	13,3	-	27,70

Górnictwo i Środowisko

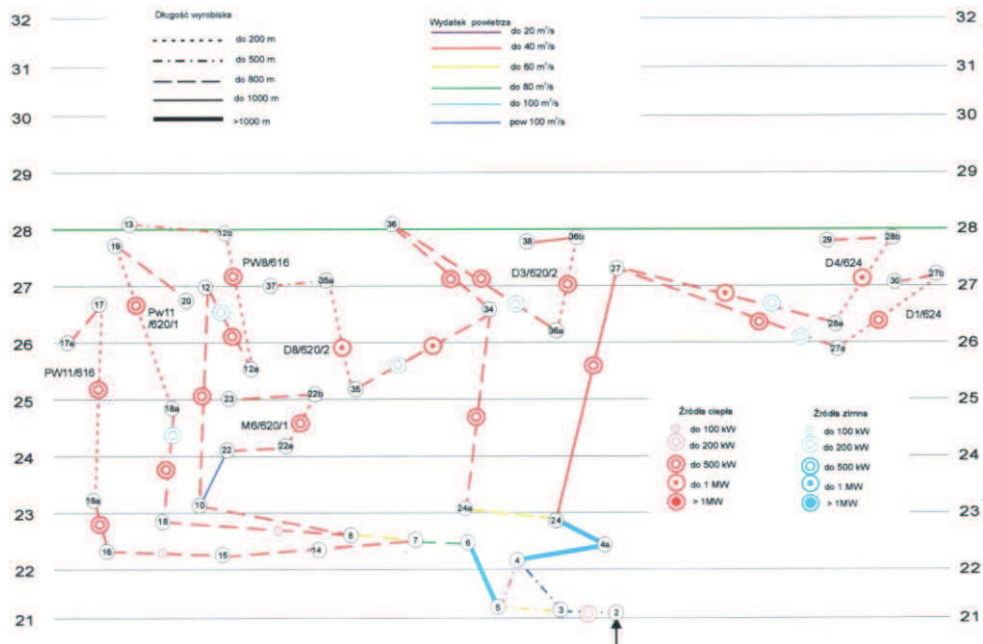
41	650	-	11,7	30,81	13,3	30,32	13,3	-	27,60
<b>Rejony ścian D-3 i D-8 w pokładzie 620/2</b>									
1	220	-	170,0	21,25	170,0	21,25	117,0	-	21,25
2	400	420	111,7	22,24	111,7	22,24	111,7	-	22,24
27	1100	-	86,7	22,54	86,7	22,54	86,7	-	22,54
28	1600	-	86,7	22,90	86,7	22,90	86,7	-	22,90
29	540	-	56,7	23,06	56,7	23,06	56,7	-	23,06
30	400	200	30,0	25,21	30,0	25,21	30,0	-	25,21
30A	400	-	4,3	27,83	4,3	27,83	4,3	-	27,83
30B	400	325	4,3	29,19	4,3	29,19	4,3	-	29,19
30a	200	110	30,0	26,11	30,0	26,11	30,0	-	26,11
30C	300	-	4,3	28,05	4,3	28,05	4,3	-	28,05
30D	300	325	4,3	27,92	4,3	27,92	4,3	-	27,92
30b	200	110	30,0	26,48	30,0	26,48	30,0	-	26,48
31	200	540	11,7	27,80	15,0	27,64	15,0	115	25,20
32	200	630	11,7	30,15	15,0	29,69	15,0	-	27,10
33	250	-	11,7	29,96	15,0	29,50	15,0	-	27,00
34	170	420	18,3	28,10	zwiększenie intensywności przewietrzania rejonu nie jest możliwe		18,3	-	28,10
35	900	320	11,7	28,74			11,7	115	26,20
36	200	400	11,7	29,69			11,7	-	27,90
37	1000	-	11,7	29,41			11,7	-	27,70



Rys. 7. Schematyczne rozmieszczenie oddziałów wydobywczych kopalni „Marcel”, rejon „1 Maja”, stan z roku 1994  
 Fig. 7. Schematic of ventilation network of mine “Marcel”, “1 Maja” region, state of development in 1994



Rys. 8. Schemat temperaturowy sieci wentylacyjnej kopalni „Marcel”, rejon „1 Maja”  
 Fig. 8. Temperature diagram of mine ventilation network of mine “Marcel”, region “1 Maja”



Rys. 9. Schemat temperaturowy sieci wentylacyjnej kopalni „Marcel”, rejon „1 Maja” z zastosowaniem maszyn chłodniczych  
 Fig. 9. Temperature diagram for mine “Marcel” – region “1 Maja” with cooling devices installed



## ZAKOŃCZENIE

Zaproponowano sposób oceny stanu zagrożenia klimatycznego w całej sieci wentylacyjnej (lub jej części) wraz ze sposobem ograniczenia tego zagrożenia lub całkowitą likwidacją. Kolejne wersje schematu temperaturowego pozwalają ocenić na ile podjęte środki prewencji poprawiają warunki klimatyczne nie tylko w jednym rejonie, ale we wszystkich. Opracowując kolejne wersje schematu temperaturowego należy wykonać dużą liczbę prognoz klimatycznych dla wyrobisk będących elementami tego schematu. Aby prezentowany schemat temperaturowy mógł być zastosowany w praktyce konieczne jest usprawnienie prognozowania warunków klimatycznych. Potrzebny jest zatem program komputerowy pozwalający na wykonywanie prognoz klimatycznych dla całej sieci wyrobisk (zarówno z opływowymi prądami powietrza, jak i z wentylacją lutniową), w której następuje rozdzielanie i łączenie strumieni powietrza o różnych parametrach. Program taki (Gapiński D. 2004) został częściowo wykorzystany w niniejszym artykule. Na rysunkach 2, 3, 4, 5 i 6 w węźle 1 następuje rozdzielanie strumieni powietrza, natomiast w węźle 26 wszystkie strumienie powietrza łączą się ze sobą, by szybem wydechowym wydostać się na powierzchnię. Taki schemat proponuje się nazwać zamkniętym schematem temperaturowym. Na rysunkach 8 i 9 (dotyczących kopalni „Marcel” – ruch „1 Maja”) natomiast strumienie powietrza nie łączą się. Drogi powietrza kończą na w przekrojach wylotów z chodników nadścianowych. Taki schemat proponuje się nazywać otwartym schematem temperaturowym.

### Literatura

1. Gapiński D. (2004): *Komputerowy system prognozowania parametrów mikroklimatu w sieci wentylacyjnej*. Materiały 3 Szkoły Aerologii Górniczej. Katowice, EMAG.
2. Holec S. (1990): *Opracowanie potencjału ruchu wilgoci i opartych na nim metod prognozowania mikroklimatu wyrobisk*. Prace GIG, Seria Dodatkowa.
3. Knechtel J. (1980): *Metoda prognozowania temperatury i wilgotności powietrza w ślepych wyrobiskach górniczych*. Przegląd Górniczy nr 4.
4. Knechtel J. (1993): *Metoda prognozowania parametrów mikroklimatu wyrobisk z tłoczącą wentylacją lutniową, uwzględniająca potencjał ruchu wilgoci*. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa nr 780.
5. Knechtel J. (1994): *Opracowanie środków prewencji zagrożenia klimatycznego w warunkach eksploatacji pokładów cienkich na przykładzie KWK „1 Maja”*. Projekt celowy nr 99 111 92 C/473 finansowany ze środków Komitetu Badań Naukowych. Katowice, GIG.

**Recenzent:** dr inż. Eugeniusz Krause