

Pomiar strumienia metanu w kanale wentylatora kopalni

Dziurzyński W, Ostrogórski P.,
Skotniczny P., Wieliński M, Nowak R.

W górniczych kopalniach podziemnych zastosowanie znajduje coraz więcej systemów automatycznego pomiaru, szczególnie prędkości przepływu powietrza oraz stężenia metanu.

Współczesne możliwości specjalistycznej aparatury do pomiaru i rejestracji pozwalają na zrealizowanie, równoczesnego pomiaru poprzez kilkanaście czujników prędkości przepływu powietrza w przekroju poprzecznym wyrobiska. Pomiary takie mają na celu wyznaczenie strumienia objętości mieszaniny powietrza i metanu.

Wyznaczanie strumienia objętości powietrza i gazów w wyrobiskach kopalnianych, tunelach i kanałach jest pomiarem złożonym.

Strumień objętości jest obliczany jako iloczyn prędkości średniej z uwzględnieniem warstwy przyściennej i pola przekroju poprzecznego wyrobiska.

Rozwinięciem metod pomiarowych w oparciu o specjalnie do tego celu skonstruowanej aparaturze było opracowanie systemu do wielopunktowego pomiaru prędkości i stężenia metanu, w który wykorzystuje się metanoanemometry typu SOM 2303.

Przyrząd SOM-2023 posiada certyfikat Atex typu WE: OBAC 14 ATEX 0266X

Zakres pomiarowy prędkości przepływu:
 $\pm (0,16 \div 20,0 \text{ m/s})$

Błąd pomiaru prędkości przepływu: $\pm (0,5\% \text{ rdg} + 0,02 \text{ m/s})$

Rozdzielczość pomiaru prędkości : 0,01 m/s

Zakres pomiarowy stężenia metanu: $0 \div 100\% \text{ V/V}$

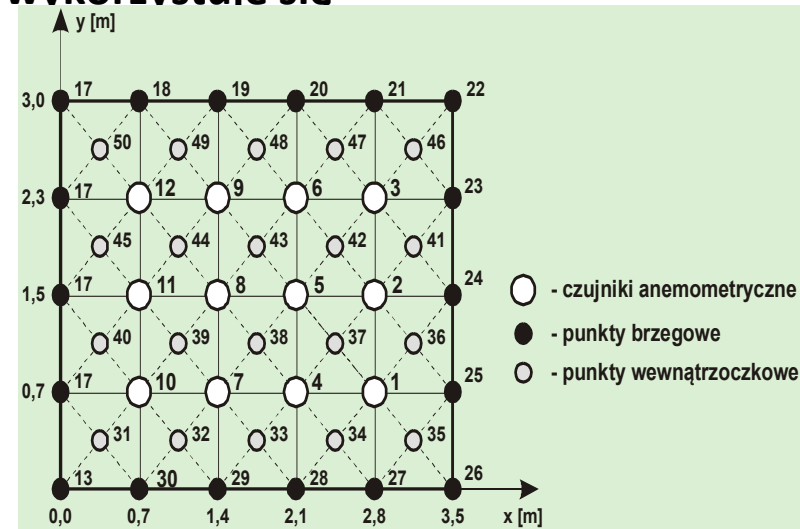
Podzakresy pomiaru stężenia metanu: $0 \div 100\% \text{ DGW}$; $5 \div 100\% \text{ V/V}$

Błąd pomiaru stężeń metanu: 0,1% dla zakresu $0 \div 2\% \text{ V/V}$

Rozdzielczość pomiaru: 0,1% dla zakresu $0 \div 100\% \text{ V/V}$

Łącze bezprzewodowe:

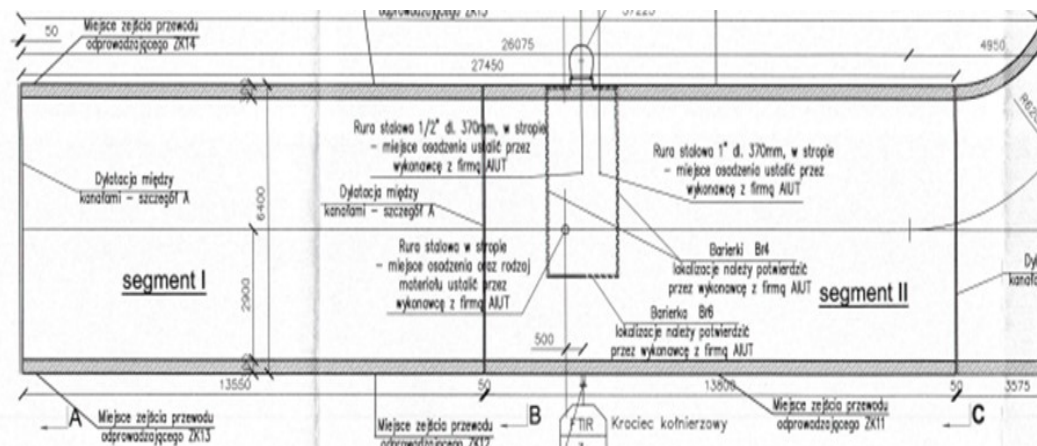
Moduł radiowy 868 MHz, SRD, 14 dBm



Jednym ze skonstruowanych urządzeń pomiarowych jest System Wielopunktowego Pomiaru Pola Prędkości umożliwiający wykonywanie i rejestrację pomiarów w wybranych miejscach przekroju wyrobiska

Zastosowanie wielu równocześnie mierzących metanoanemometrów rozmieszczonych na specjalnie do tego celu zaprojektowanej kratownicy, w różnych punktach pola przekroju wyrobiska, w połączeniu równoczesną rejestracją mierzonych wartości pozwala dokładnie estymować chwilowy rozkład prędkości powietrza w przekroju i obliczać chwilową lub w zadanym okresie czasu, wartość strumienia objętości przepływającego powietrza i metanu.

Celem wyznaczenia objętościowego natężenia przepływu powietrza i metanu zaplanowano wykonanie pomiarów prędkości powietrza oraz stężenia metanu w najbardziej dogodnym metrologicznie miejscu, tj. w kanale zbiorczym trójwentylatorowej stacji głównego przewietrzania.



Fragment zbiorczego kanału stacji wentylatorów szyb VI

Po rozmieszczeniu 16 metanoanemometrów (Fot.1), które zostały włączone i podjęły pomiary prędkości przepływu i stężenia metanu. Następnie obsługa stacji wentylatorów uruchomiła stację wentylatorów na szybie VI, dwa wentylatory pracujące w układzie równoległym.

Pomiary wykonywano w sposób ciągły w okresie od 17:33 do 19:44. Po pomiarach dokonano odczytu z pamięci metanoanemometrów zarejestrowane podczas pomiarów wartości mierzonych wartości i zapisano w postaci pliku typu dat.



Fot. 1. Widok stanowiska pomiarowego w kanale zbiorczym szybu VI kopalni

W tabeli 1 pokazano wprowadzone dane dotyczące wymiarów wyrobiska i miejsca lokalizacji czujników pomiarowych, są to współrzędne punktów pomiarowych zapisanych w formacie „NumerCzujnika x[i] y[i]” gdzie i-numer kolejny czujnika.

Dane wyrobiska

Nazwa kopalni: Numer stan.pom.:

Szerokość przekroju wyrobiska [m]:

Wysokość przekroju wyrobiska [m]:

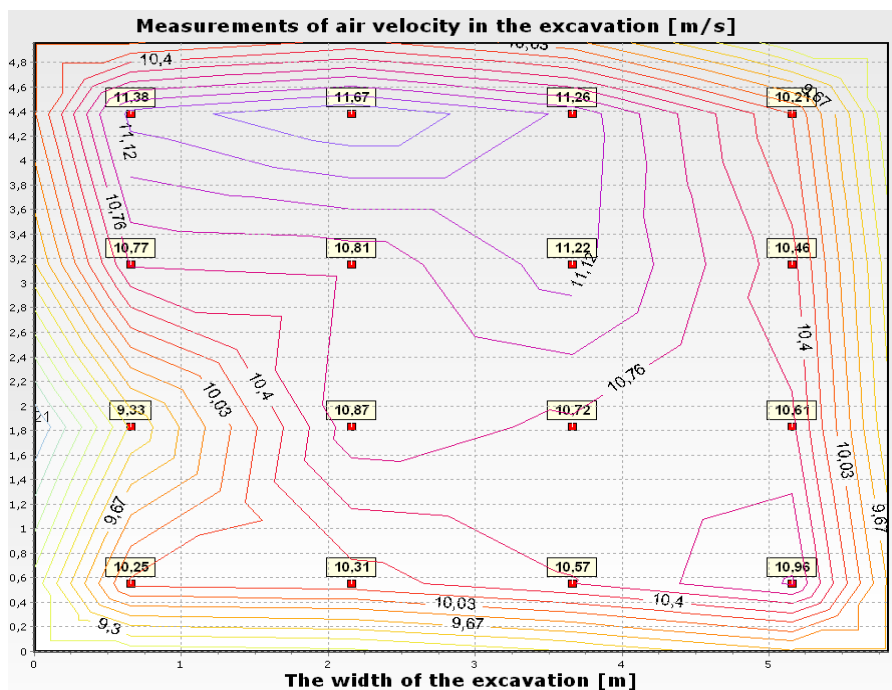
Ilość punktów pomiarowych (czujników): 

Współrzędne punktów pomiarowych

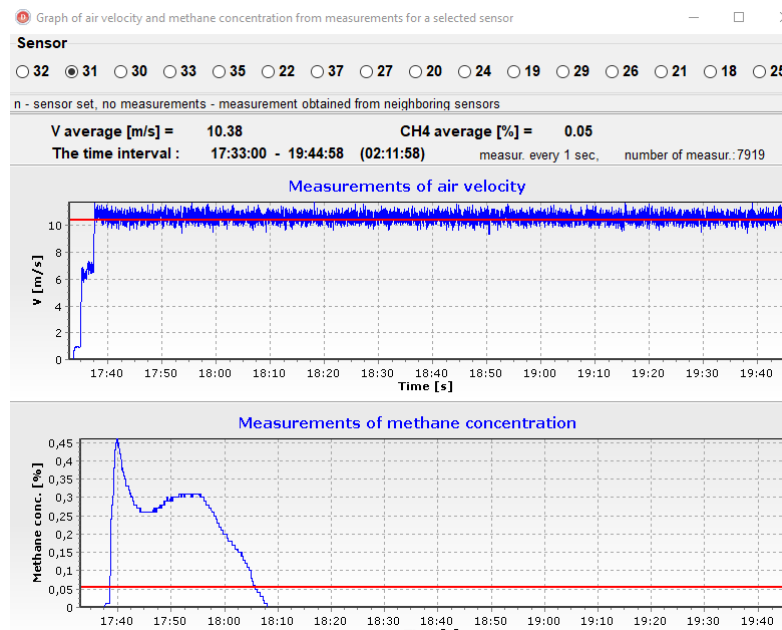
Nr punktu	Nr czujnika	X [m]	Y [m]
1	18	3,65	4,36
2	19	3,65	3,13
3	20	0,65	3,18
4	21	2,15	4,39
5	22	2,14	1,83
6	24	2,15	3,15
7	25	5,15	4,33
8	26	0,65	4,38
9	27	5,19	1,84
10	29	5,15	3,16
11	30	3,65	0,68
12	31	2,15	0,59
13	32	0,65	0,55
14	33	5,15	0,64
15	35	0,63	1,85
16	37	3,68	1,81

Korzystając z programu IZO-VM wyznaczono: pole przekroju miejsca pomiaru, które wynosi 28,82[m²] oraz wprowadzono wartość współczynnika brzegu wynikającego z wyznaczenia dla warunków pomiaru w kanale grubości warstwy przyściennej przepływającego powietrza.

Na podstawie przeprowadzonych rejestracji za pomocą programu IZO-VM, dla wybranej chwili czasowej godzina 17:50, wyznaczono izotachy prędkości przepływu powietrza (rys.3.) oraz izolinie stężenia metanu w polu przekroju kanału zbiorczego stacji wentylatorów

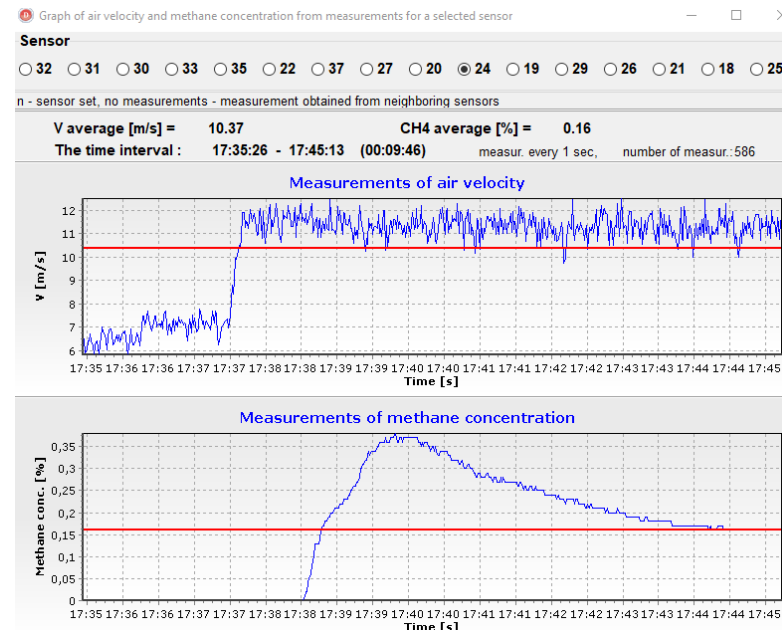


Na kolejnych rysunkach przedstawiono wykresy zmian prędkości i stężenia metanu w czasie, dla przykładowych czujników systemu pomiarowego.



Wykresy czasowe dla czujnika nr 31, położenie x=2,15; y=0,59

wykres górny - prędkości przepływu powietrza w przekroju kanału,
wykres dolny – zmiany stężenia metanu w przekroju kanału



Wykresy czasowe dla czujnika nr 24, położenie x=2,15; y=3,15

wykres górny - prędkości przepływu powietrza w przekroju kanału,
wykres dolny – zmiany stężenia metanu w przekroju kanału

Analizując uzyskane wyniki pomiaru pokazane na rysunkach zauważamy, że stężenie metanu po chwilowym wzroście stężenia do wartości 0,4 do 0,45 % CH₄ maleje i stabilizuje się na poziomie 0,25 do 0,35 % CH₄, a po upływie kilkunastu minut maleje do wartości 0,05%CH₄.

Powodem tego jest zawartość wody w powietrzu, którego następstwem jest zjawisko wykroplenia się wody z przepływającego powietrza na powierzchni czujnika metanu. Z uwagi na powyższe do wyznaczenia strumienia objętości metanu przyjęto wyniki pobranych z dyfuzora szybu VI dwu prób powietrza do worków Tedlara, których wartości stężenia gazów zmierzono w Laboratorium Analizy Gazów Zakładu Aerologii Górniczej Głównego Instytutu Górnictwa za pomocą chromatografu gazowego, w tabeli 2. zamieszczono wyniki wykonanych analiz.

Na podstawie wyznaczonego strumienia objętości przepływającego powietrza $\dot{V}_i$ oraz z danych pokazanych w tabeli

ci	Opis prób			O ₂ [%]	CO ₂ [%]	CO [ppm]	CH ₄ [%]	C ₂ H ₄ [ppm]	C ₂ H ₆ [ppm]	H ₂ [%]	N ₂ [%]
	Punkt poboru próby	Godzina	Nr worka z próbą powietrza								
1.	dyfuzor	18:55	79	20,31	0,25	3	0,34	4	10	0	79,08
2.		19:15	80	20,08	0,22	3	0,30	2	7	0	79,39

obliczono strumień objętości $\dot{V}_i$ CH₄ wypływającego metanu szybem VI:

$$\dot{V}_i \text{CH}_4 = 0,01 \cdot \dot{V}_i \cdot q_i \text{CH}_4, \quad [\text{m}^3/\text{min}],$$

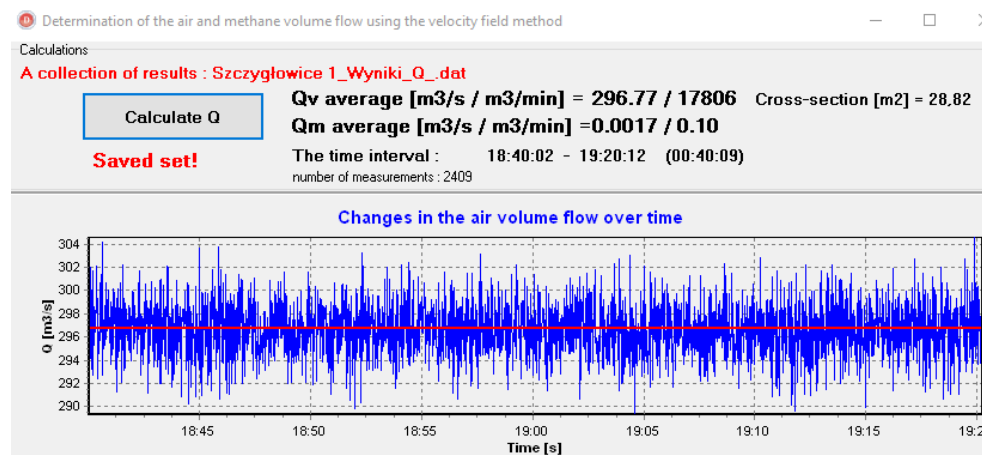
gdzie: $\dot{V}_i$ – wydatek powietrza na stacji pomiarowej [m³/min],

$q_i \text{CH}_4$ – stężenie metanu na wylocie z dyfuzora [%].

$$\dot{V}_i \text{CH}_4 = 296,77 \frac{(0,345+0,3)}{2} 0,01 = 0,957 [\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{s}] = 57,425 [\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{min}]$$

Na rysunku pokazano obliczony na podstawie pomiarów, średni strumień objętości przepływu powietrza w przekroju kanału w okresie od 18:40:02 do 19:20:12.

Obliczona wartość średnia strumienia wynosiła $Q_1 = 296,77 \text{ m}^3/\text{s} = 17806 \text{ m}^3/\text{min}$.



Komentując uzyskany wynik należy zaznaczyć, że metoda pomiaru z zastosowaniem systemu czujników SOM 2303 uwzględnia poprawkę na wyznaczoną wartość warstwy przyściennej, a która nie jest uwzględniona w metodzie z zastosowaniem trawersu anemometrem



12

**SZKOŁA AEROLOGII GÓRNICZEJ
KOMITET GÓRNICTWA PAN
TARGANICE**

- Biorąc pod uwagę dostępne metody i przyrządy pomiarowe przydatne do badań dla wyznaczania strumienia objętości przepływającego powietrza w wyrobisku górniczym rekomenduje się zastosowanie systemu wielopunktowego pomiaru prędkości i stężenia metanu wraz z metanoanemometrami typu SOM-2023.
- Wzbogacenie wcześniejszego systemu SWPPP o wielopunktowy, synchroniczny pomiar stężenia metanu stwarza system metrologiczny, który umożliwia badanie rozkładów stężenia metanu w miejscu pomiaru i obserwację stanów nieustalonych stężeń metanu na wylotach z rejonów czy w kanale wentylatora.
- Ważnym w pomiaroznawstwie wentylacyjnym staje się zagadnienie wyznaczania niepewności pomiarów, które winno mieć swoje stałe miejsce podczas każdej sesji pomiarowej. Niepewność pomiaru to parametr, związany z wynikiem pomiaru, charakteryzujący rozrzut wyników i informujący nas z jakimi błędami mamy do czynienia przy realizacji pomiarów.
- Na podstawie pomiaru strumienia objętości powietrza i metanu w zbiorczym kanale stacji wentylatorów na szybie VI, w pracy badawczej zespołu pracowników GIG Katowice i IMG PAN wyznaczono niepewność pomiaru i tak:
 - dla zmierzonego strumienia objętości przepływu powietrza, procentowa wartość stosunku niepewności rozszerzonej wyznaczenia strumienia objętości powietrza do tej wartości **wynosi 5,18%.**
 - dla wybranej chwili (06.08.2023 17:49:00) dla zmierzonej wartości strumienia objętości metanu, wyznaczono niepewnością rozszerzoną oraz względną, niepewność ta **wynosi 14,11 %.**
 - Na takie stosunkowo niskie wartości niepewności miał wpływ fakt, że w procesie pomiarowym wykorzystano układ 16-stu takich przyrządów pomiarowych rozmieszczonych równomiernie w przekroju pomiarowym kanału wentylatora

Pomiar strumienia metanu w kanale wentylatora kopalni

Dziękuję za uwagę.