

Barbara PACHLA

BADANIA PORÓWNAWCZE METOD POMIAROWYCH STĘŻENIA
ZAPYLENIA POWIETRZA KOPALNIANEGO

Streszczenie. Przeprowadzono pomiary porównawcze stężenia zapylenia powietrza kopalnianego w KWK "Wujek" konimetrycznym "Zeiss-10" i grawimetrycznym "Barbara 3A", w celu wyznaczenia związku korelacyjnego między tymi sposobami pomiarów w warunkach eksploatacji ścianowej. Interpretację otrzymanych wyników przeprowadzono w nawiązaniu do obowiązujących dopuszczalnych wartości stężeń zapylenia powietrza kopalnianego.

1. Wprowadzenie

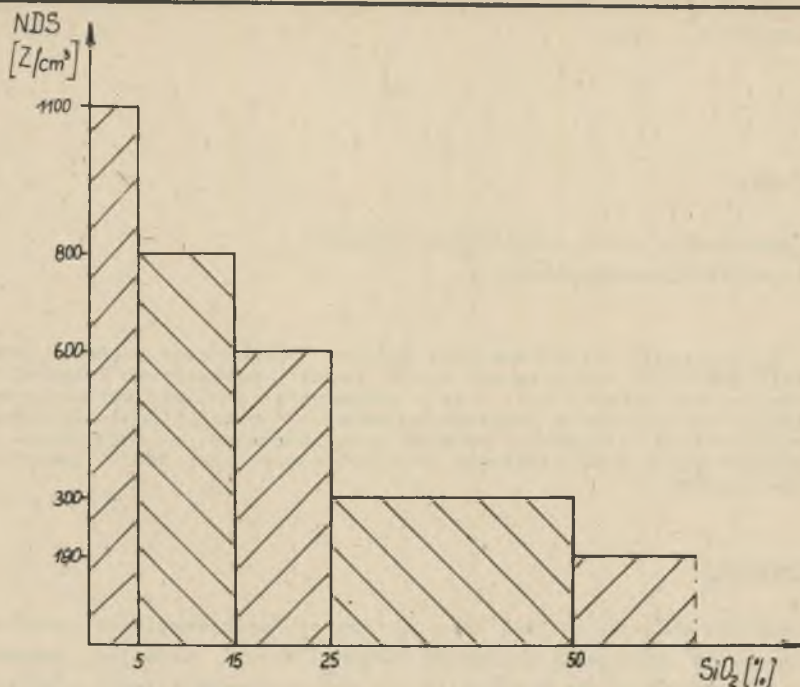
W górnictwie polskim do 1980 roku pomiary stężenia zapylenia powietrza kopalnianego (S) wykonywano sposobem konimetrycznym, stosując konimetr Zeiss-10. Określano liczbę ziarn pyłu w 1 cm^3 powietrza (Z/cm^3), przy czym liczone wyłącznie pyły o średnicy zastępczej d_p nie większe od $5 \mu\text{m}$. Zależnie od zawartości procentowej w pyłe wolnej krzemionki - SiO_2 obowiązywały najwyższe dopuszczalne wartości stężenia zapylenia powietrza kopalnianego (NDS) przedstawione na rys. 1 [1].

Z dniem 5.III.1980 r. - zarządzenie Prezesa WUG-u [2] - wprowadzono w polskim przemyśle węglowym grawimetryczne normy dopuszczalnego stężenia zapylenia - (S) powietrza kopalnianego, oparte na pomiarach wykonywanych pyłomierzem grawimetrycznym wielogodzinnym "Barbara 3" - rys. 2.

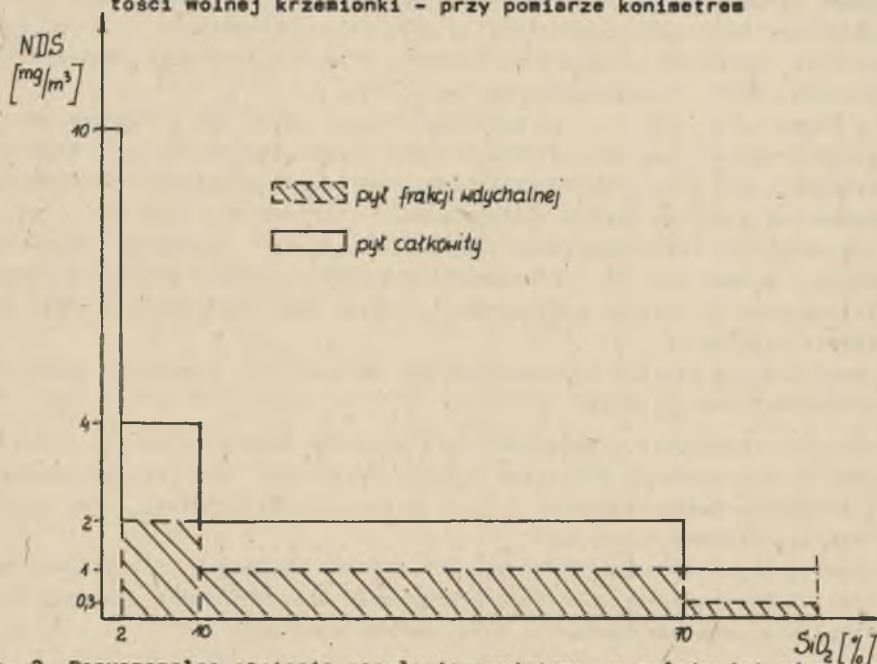
Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stężenia zapylenia powietrza zgodnie z przepisami [2] - kierownik podziemnego zakładu górniczego dokonuje podziału wszystkich podziemnych wyrobisk na odpowiednie stopnie zagrożenia pyłowego.

Zastosowanie systemu grawimetrycznego do pomiarów zapylenia powietrza uzasadniano, między innymi:

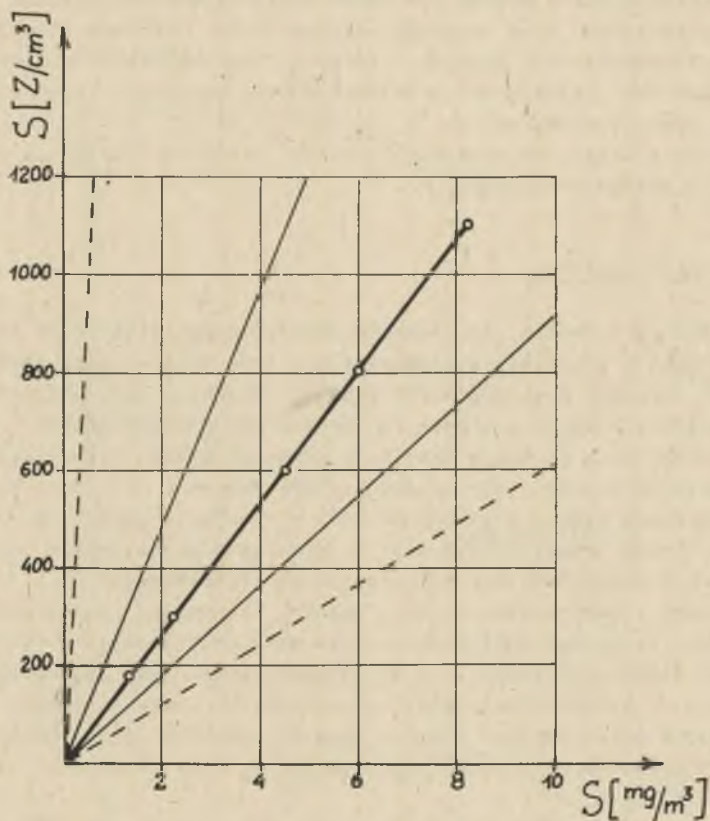
- wynikami pomiarów stężenia zapylenia sposobem grawimetrycznym, które są obciążone stosunkowo mniejszym błędem pomiarowym, niż wyniki pomiarów pyłomierzem konimetrycznym, a także lepiej odzwierciedlają tzw. krzywą retencji płucnej człowieka;
- większą prostotę wykonywania pomiaru grawimetrycznego, jak i samej obróbki laboratoryjnej pobranych próbek pyłu oraz otrzymanie średniej wartości stężenia zapylenia dla całej zmiany roboczej;



Rys. 1. Dopuszczalne stężenia zapylenia powietrza w zależności od zawartości wolnej krzemionki - przy pomiarze konimetrem



Rys. 2. Dopuszczalne stężenia zapylenia powietrza w zależności od zawartości wolnej krzemionki - przy pomiarze grawimetrem



- przedział tolerancji dla S [Z/cm^3]
 --- przedział tolerancji dla S [mg/m^3]

Rys. 3. Zależność $S \left[\frac{Z}{cm^3} \right]$ od $S \left[\frac{mg}{m^3} \right]$

- lepszą powtarzalnością i porównywalnością wyników pomiarów stężenia zapylenia powietrza, uzyskiwanych w różnych krajach przy zastosowaniu nawet różnych typów pyłomierzy grawimetrycznych [3].

Wprowadzenie grawimetrycznych norm dopuszczalnego zapylenia powietrza kopalnianego poprzedziły próby przeliczenia norm konimetrycznych zapylenia powietrza na normy grawimetryczne wykonane w Kopalni Doświadczalnej Barbara [4]. W przeprowadzonych badaniach wyznaczono związek pomiędzy stężeniem zapylenia powietrza kopalnianego, zmierzonego grawimetrem oraz liczbą ziarn pyłu o średnicach $< 5 \mu m$. Założono, że rozkład średnic ziarn próbek pyłu pobranych przez pyłomierz "Barbara 3", jest zbliżony do roz-

kładu średnic ziarn próbek pobranych przez termoprecypitator. Na podstawie tego związku oraz opierając się na normie konimetrycznej, ustalono wartości średnie oraz granice tolerancji dopuszczalnych wielkości zapylenia mierzonych pyłomierzem grawimetrycznym. Rezultaty tych badań obrazuje wykres przedstawiony na rys. 3.

Wynika z niego, że stężenia zapylenia wyrażone w Z/cm^3 i mg/m^3 przedstawiają zależność liniową.

2. Metodyka pomiarów

W związku z faktem, że stężenie zapylenia jest wielkością silnie zmienną w czasie i przestrzeni, jednoznaczna jego ocena możliwa jest tylko wtedy, gdy wartości poszczególnych stężeń traktowane będą jako wielkości pewnej zmiennej losowej o znanym rozkładzie prawdopodobieństwa. Dlatego też przy dokonywaniu pomiarów zapylenia przyjęto zasadę polegającą na tym, że poszczególne pomiary jednostkowe zostały wykonane w zupełnie przypadkowych okresach czasu, czyli pobór prób w populacji generalnej został dokonany w sposób losowy. W tym celu do ustalenia czasookresów pomiarów jednostkowych posłużono się tablicami liczb przypadkowych [5].

Pomiary przeprowadzono w KWK "Wujek". Stanowisko pomiarowe usytuowano w prądzie wylotowym powietrza ze ściany 7a prowadzonej w oddziale G-VIII pokładu 510 w odległości 20 m od napędu przenośnika ścianowego. W czasie pomiarów za główne źródła zapylenia powietrza uważano kombajn KWB 3 RDS, przenośnik ścianowy oraz przesyp ściana - chodnik [6]. Obieg powietrza oraz usytuowanie stanowiska pomiarowego S_p przedstawiono na szkicu sytuacyjnym - rys. 4.

Pomiary stężenia zapylenia powietrza prowadzone były równocześnie konimetrem "Zeiss-10" i grawimetrem "Barbara 3A", według opracowanego harmonogramu pomiarów. Za okres pomiarów przyjęto okres jednego miesiąca. Ogółem w tym czasie wykonano sześć pomiarów grawimetrem oraz sześć serii pomiarowych konimetrem liczących po 20 pomiarów każda. Trzy pierwsze serie pomiarowe przeprowadzono na zmianie A, a trzy pozostałe na zmianie B. Określono również zawartość wolnej krzemionki w każdym pomiarze. Z powodu braku przyrządu mierzącego całkowite zapylenie, pomiary grawimetryczne przeprowadzono w zakresie $d_p \leq 5 \mu m$, pomimo że zawartość procentowa $SiO_2 < 2\%$.

3. Wyniki pomiarów

Wyniki przeprowadzonych pomiarów zestawiono w tablicy 1 oraz przedstawiono graficznie na rys. 5-10. Na osi odciętych odniesiono wielkości stężeń zapylenia mierzonych grawimetrem i konimetrem, a na osi rzędnych czas dokonywania poszczególnych pomiarów. Punkty pomiarów konimetrycznych po-

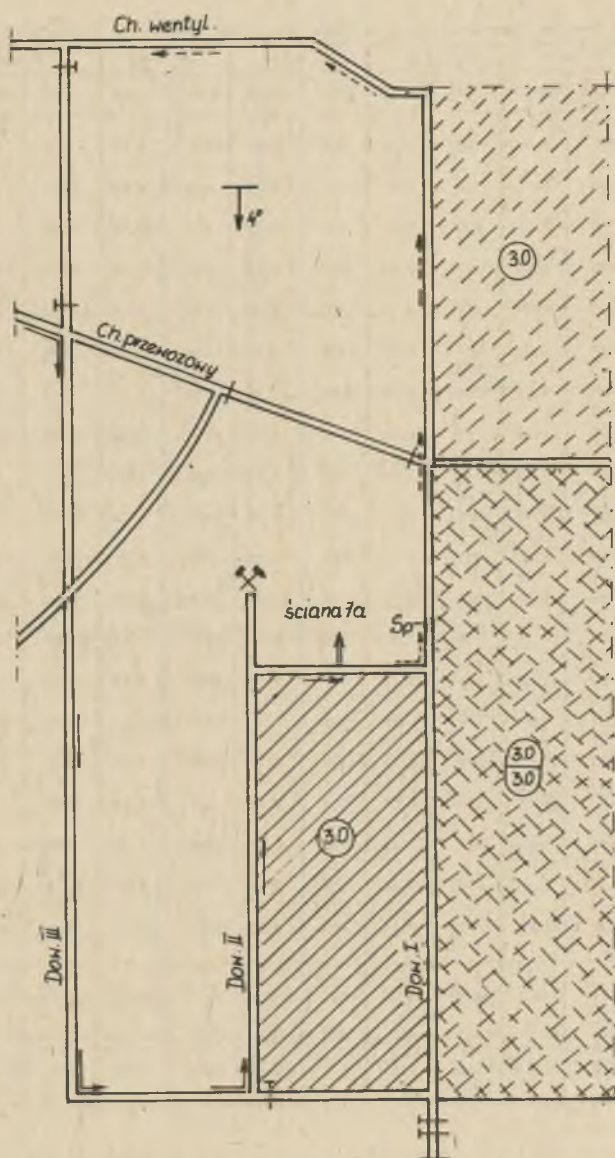
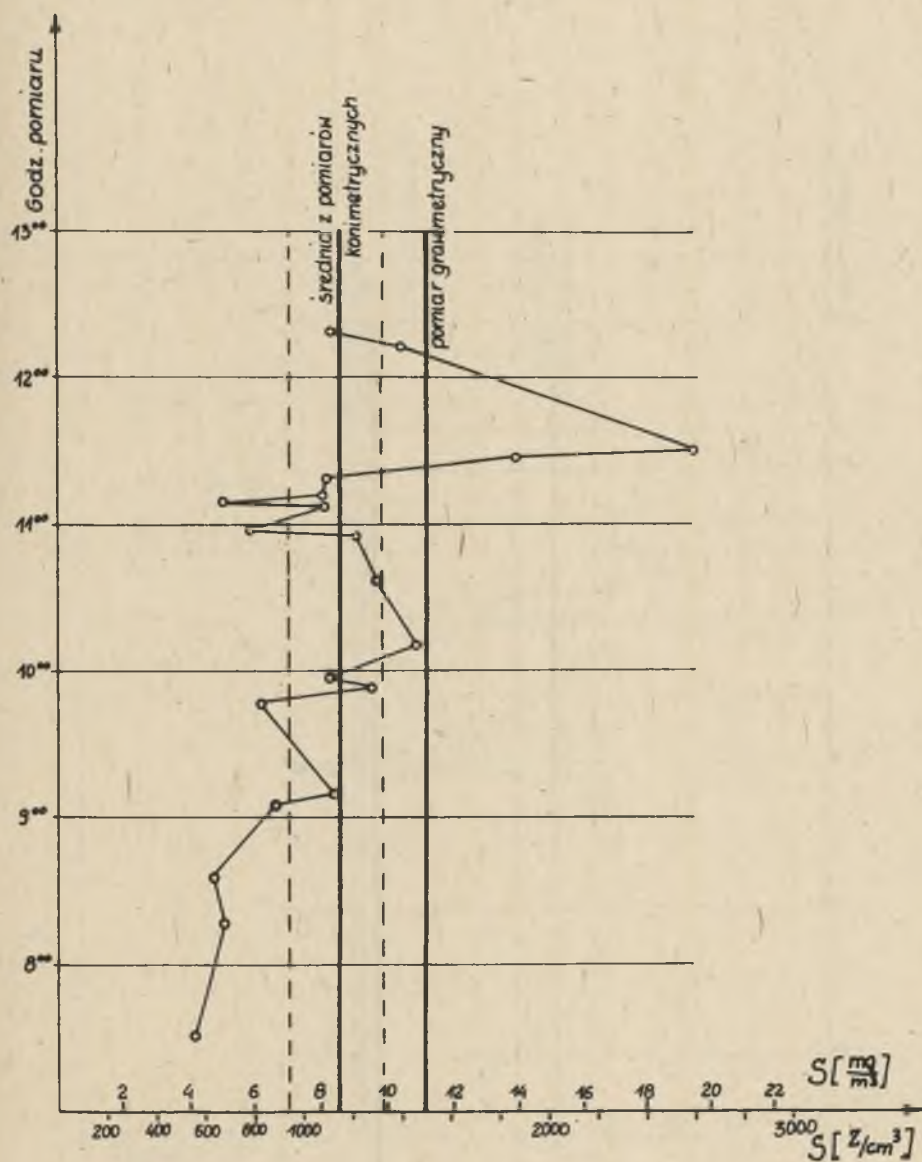
Rys. 4. Sytuacja górnicza i lokalizacja stanowiska pomiarowego - S_p

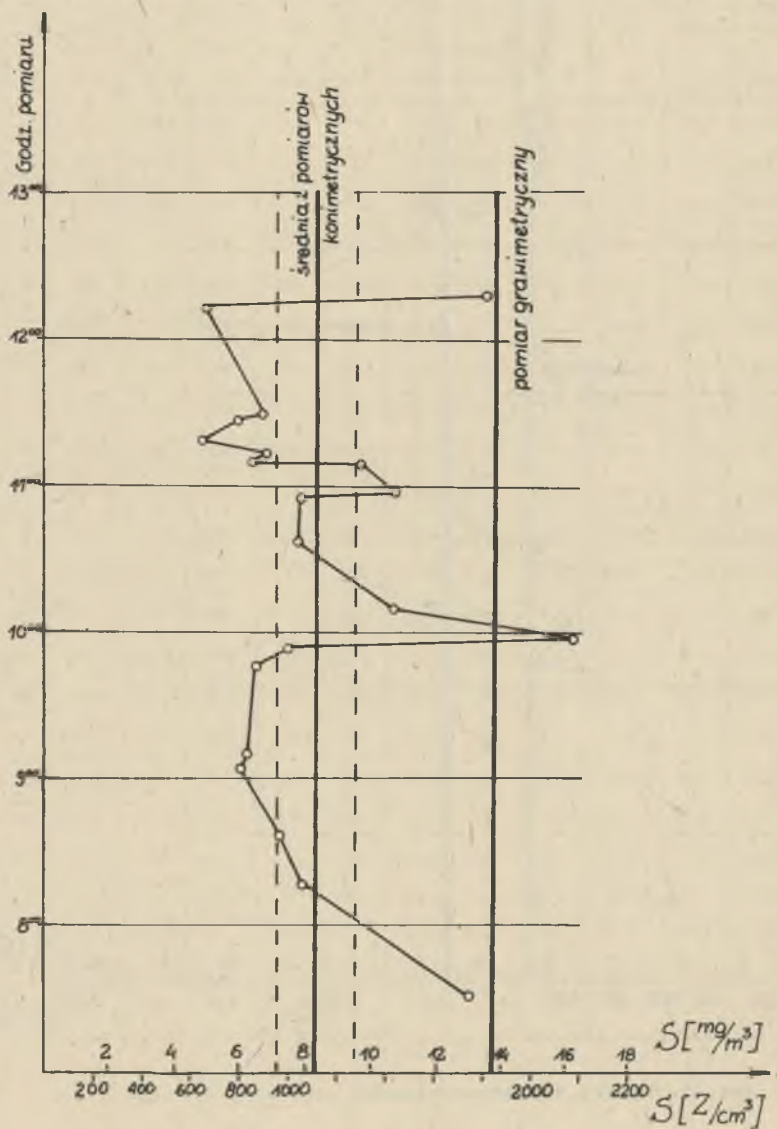
Tabela 1

Wyniki pomiarów stężenia zapylenia mierzonego grawimetram i konimetrarn

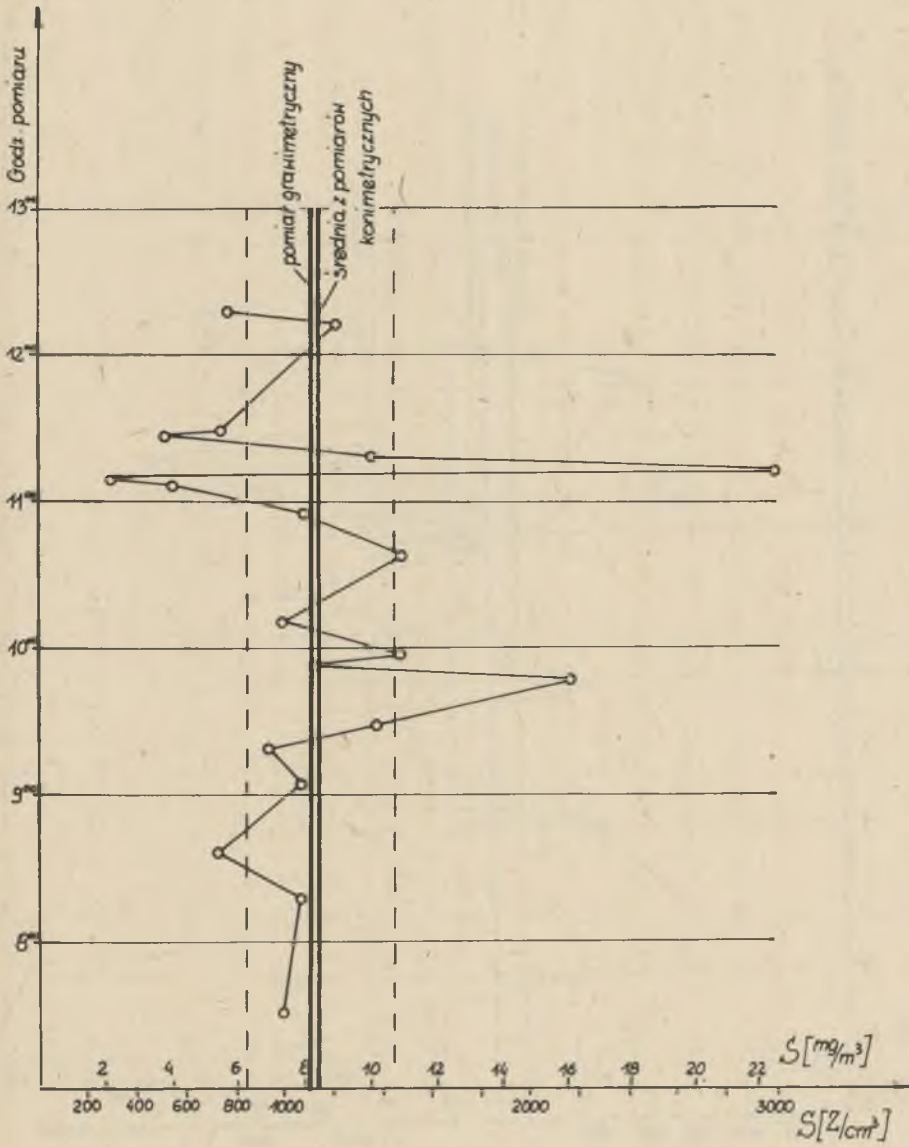
	Lp.	I seria		II seria		III seria		IV seria		V seria		VI seria	
		Z/cm ³	SiO ₂ %	Z/cm ³	SiO ₂ %	Z/cm ³	SiO ₂ %	Z/cm ³	SiO ₂ %	Z/cm ³	SiO ₂ %	Z/cm ³	SiO ₂ %
Pomiary konimetracyjne	1	590	0,63	1750	0,86	980	0,67	2330	0,33	660	0,00	1420	0,81
	2	680	0,61	1070	0,49	1060	0,04	490	1,92	2630	1,90	2180	2,18
	3	560	0,38	970	0,31	720	0,19	550	0,00	3000	3,48	1610	0,80
	4	950	1,19	800	0,84	1060	0,23	1080	0,76	2360	0,81	1230	2,65
	5	1130	4,33	830	0,00	920	0,00	1970	0,26	2320	2,08	1160	2,82
	6	840	0,75	880	0,87	2200	0,18	2190	0,20	2290	1,93	1180	1,19
	7	1290	3,03	1010	0,62	1100	0,42	1170	0,93	2100	1,44	690	2,13
	8	1120	1,61	2190	0,64	1470	0,25	1010	0,05	2220	2,07	1860	0,95
	9	1470	2,11	1440	1,40	990	0,35	1350	0,83	2500	1,79	770	1,60
	10	1300	1,64	1040	0,12	1460	0,00	2260	0,26	2730	1,06	710	1,37
	11	1230	1,86	1050	0,73	1060	0,79	1470	0,00	2940	0,54	800	0,00
	12	790	1,20	1440	1,76	1080	0,53	1800	0,37	2200	1,82	1760	3,93
	13	1170	4,86	1300	1,47	530	0,10	1180	2,24	1990	1,58	1500	3,16
	14	680	1,16	850	1,18	280	0,86	2040	2,78	2800	1,70	740	4,45
	15	1090	4,97	920	0,67	3000	0,70	620	2,25	1200	2,52	1920	2,93
	16	1110	0,43	650	0,00	1390	0,84	750	1,54	1440	2,19	3000	1,63
	17	1880	1,25	800	0,00	500	0,65	590	0,53	1980	1,30	2470	2,13
	18	2610	2,56	900	0,45	770	0,67	1090	1,05	2180	1,49	840	0,64
	19	1400	3,10	670	0,48	1200	0,88	840	2,00	1360	2,00	1090	2,52
	20	1130	1,03	1820	0,50	760	0,41	1540	0,63	1660	1,36	2870	1,77
Pomiary grawimetracyjne		mg/m ³	SiO ₂ %	mg/m ³	SiO ₂ %	mg/m ³	SiO ₂ %	mg/m ³	SiO ₂ %	mg/m ³	SiO ₂ %	mg/m ³	SiO ₂ %
		11,3	1,22	13,8	1,15	8,2	0,43	10,6	1,64	30,9	1,28	15,6	1,37



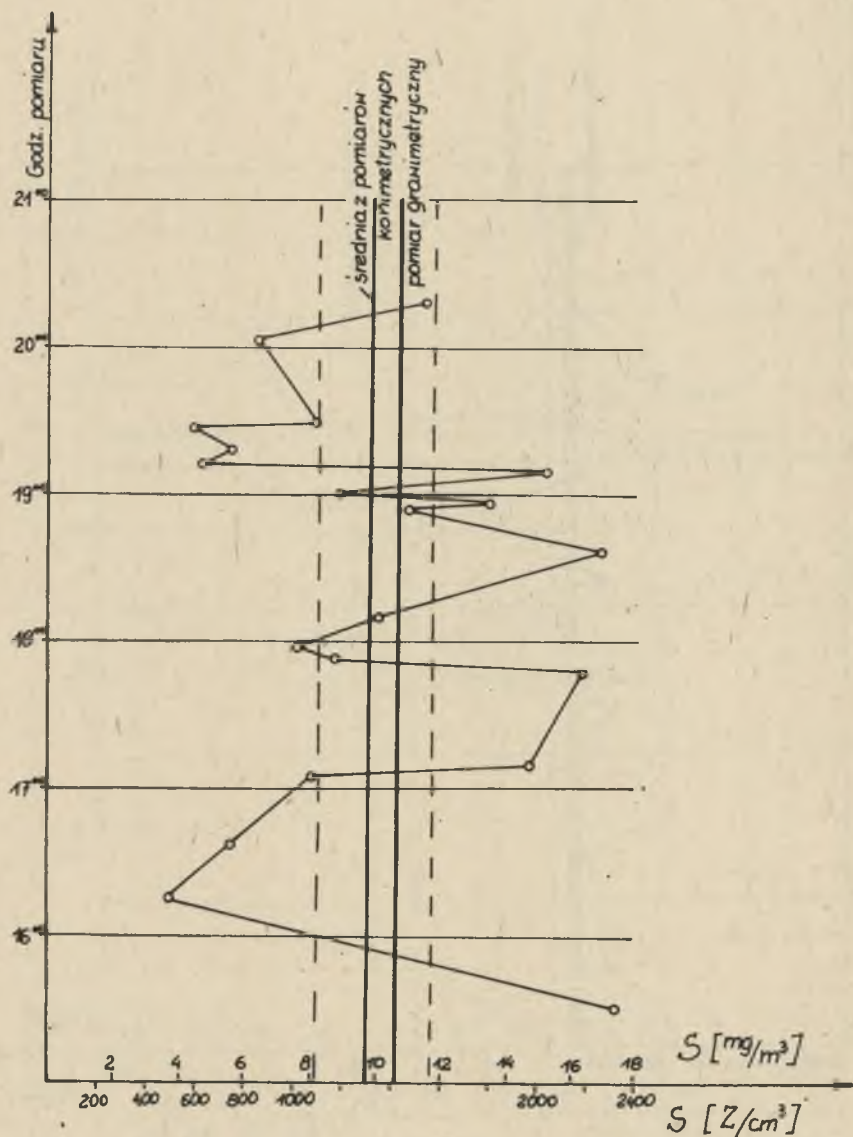
Rys. 5. Wyniki pomiarów stężenia zapylenia S - seria I



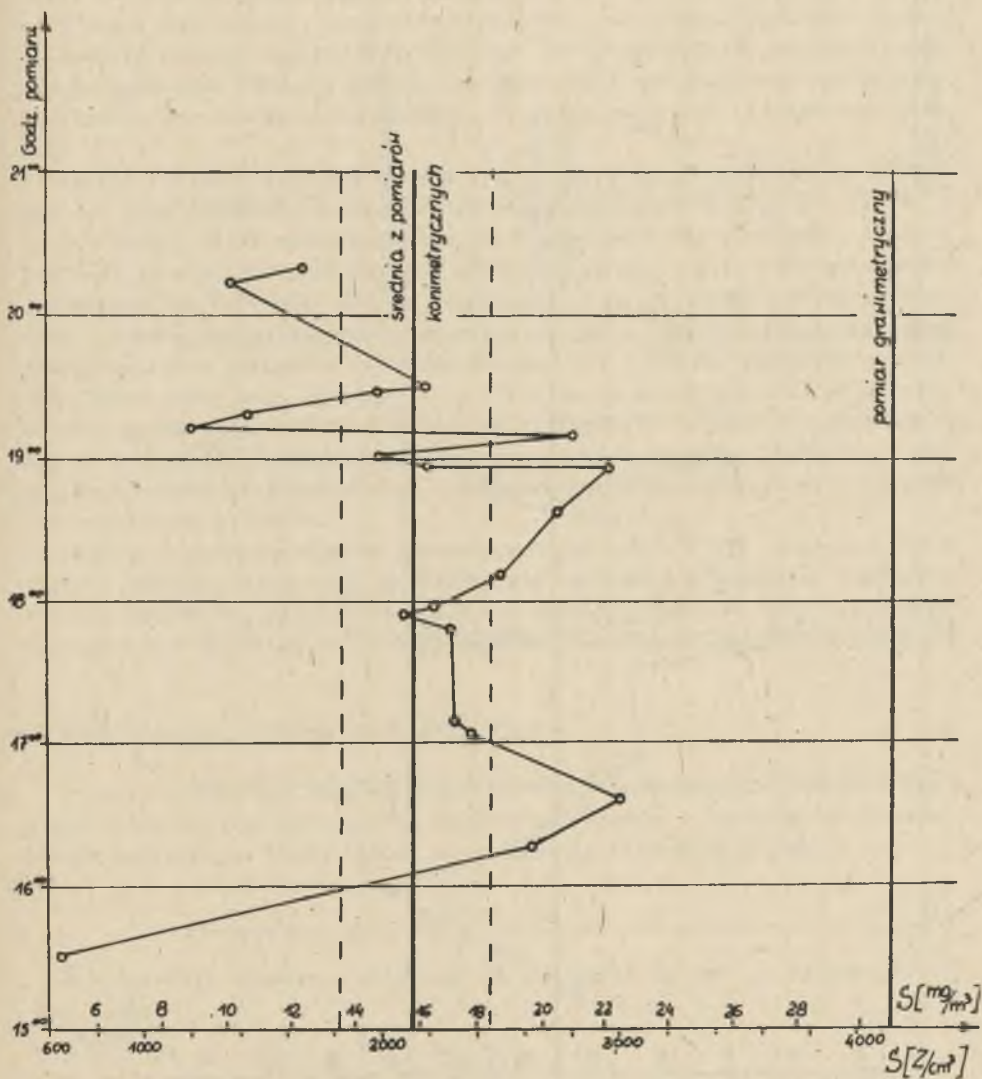
Rys. 6. Wyniki pomiarów stężenia zapylenia S - seria II



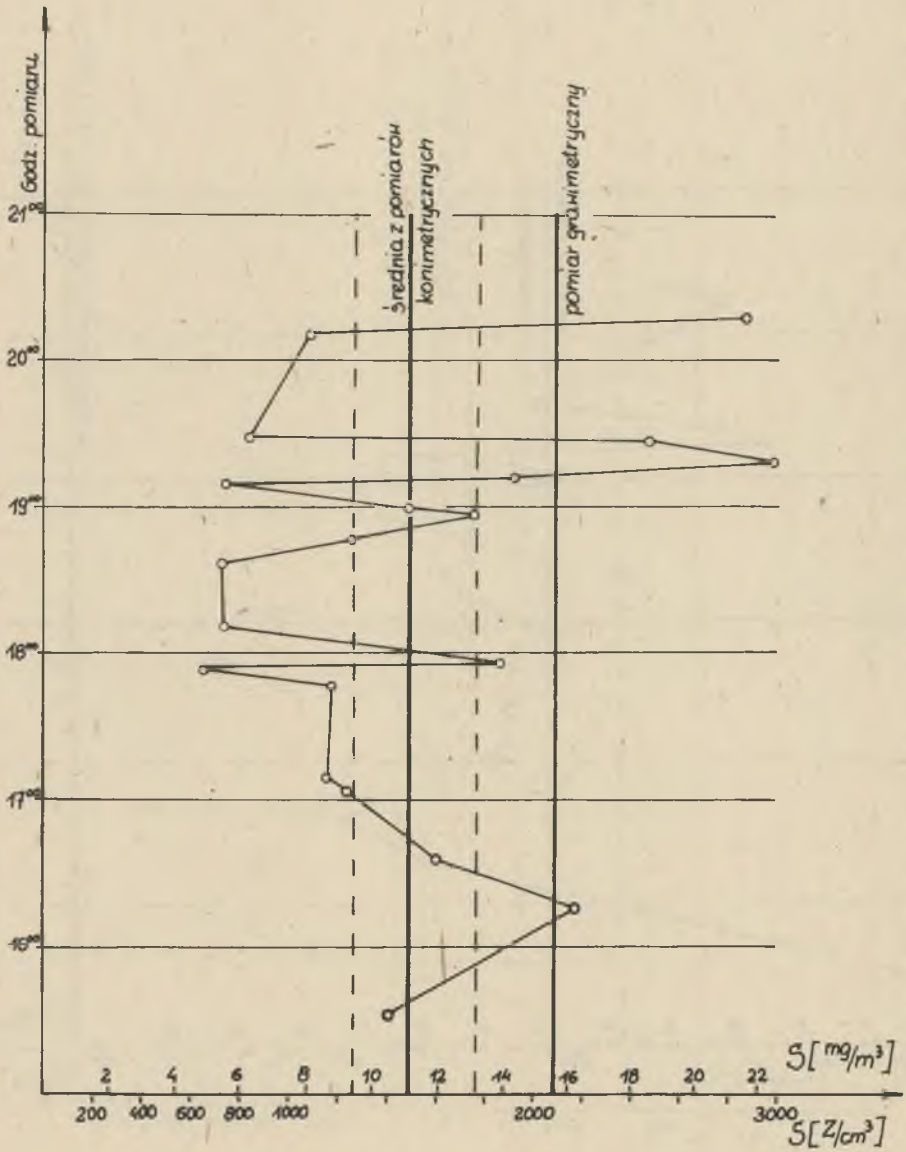
Rys. 7. Wyniki pomiarów stężenia zapylenia S - seria III



Rys. 8. Wyniki pomiarów stężenia zapylenia S - seria IV



Rys. 9. Wyniki pomiarów stężenia zapylenia S - seria V



Rys. 10. Wyniki pomiarów stężenia zapylenie S - serie VI

łączono linię łamaną. Widoczny na rysunkach 5-10 rozrzut otrzymanych wyników pomiarów spowodowany był nierytmiczną pracą kombajnu, bowiem zdarzały się przestoje spowodowane lokalnymi większymi opadami łupku tworzącego strop bezpośredni. Urabianiu kombajnem i przesuwaniu zestawów obudowy zmechanizowanej towarzyszyły również odprężenia calizny węglowej powodujące gwałtowny widoczny wzrost stężenia zapylenia powietrza spowodowany unoszeniem się ziaren pyłu osiadłego na spągu, ociosach i obudowie wyrobisk.

Wyniki pomiarów konimetrycznych i grawimetrycznych naniesiono na wspólnej osi współrzędnych, wykorzystując zależność przedstawioną na rys. 3.

Dla każdej serii pomiarów konimetrycznych wyznaczono wartość średnią stężenia zapylenia oraz obliczono przedział ufności przy przyjęciu prawdopodobieństwa $P = 90\%$ (linie przerywane). Na podstawie przeprowadzonych pomiarów konimetrycznych, odnośnie wartości rzeczywistego stężenia zapylenia, przy przyjętym prawdopodobieństwie, można się jednoznacznie wypowiedzieć tylko przy seriach IV, V i VI, gdzie dolna wartość przedziału ufności przekracza NDS, co oznacza, że rzeczywiste stężenie zapylenia w czasie tych zmian roboczych było wyższe od dopuszczalnego. Bazując na wynikach pomiarów konimetrycznych, wyrobisko to można zaliczyć do III stopnia zagrożenia pyłowego.

Oceniając wyniki pomiarów grawimetrycznych wobec braku danych, dotyczących zakresu $SiO_2 < 2\%$, posłużono się wartościami stężenia zapylenia frakcji wdychalnej dla zakresu SiO_2 od 2 do 10% [2]. Na tej podstawie rozpatrywane wyrobisko należy zaliczyć do III stopnia zagrożenia pyłowego.

4. Matematyczne opracowanie wyników badań

W celu wyznaczenia związku korelacyjnego między wynikami pomiarów grawimetrycznych i konimetrycznych obliczono równanie regresji w postaci prostej wyrównując błędy metodą najmniejszych kwadratów [7, 8]:

$$y = ax + b \quad (1)$$

Współczynniki równania obliczono na podstawie danych z tablicy 2 według równań:

$$a = \frac{\sum x_1 y_1 - \frac{\sum x_1 \sum y_1}{n}}{\sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n}} = 45,2893 \quad (2)$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} = 705,7932 \quad (3)$$

Tablica 2

Dane pomiarowe i obliczeniowe

Nr serii	Dane pomiarowe		$x_1 y_1$	x_1^2	y_1^2	\bar{y}_1	$(y_1 - \bar{y}_1)^2$
	Wyniki pomiar. grawim. x_1	Średnie wym. pom. konimetr. y_1					
III	8,2	1125	9225,0	67,24	1265625	1077,17	2287,71
IV	10,6	1316	13949,6	112,36	1731856	1185,86	16936,42
I	11,3	1150	12995,0	127,69	1322500	1217,56	4564,35
II	13,8	1119	15442,2	190,44	1252161	1330,79	44855,00
VI	15,6	1490	23244,0	243,36	2220100	1412,31	6035,74
V	30,9	2128	65755,2	954,81	4528384	2105,23	518,47
Σ	90,4	8329	140611,0	1695,90	12320626	-	75197,69

gdzie:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x_1}{n} = 15,067 \quad (4)$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma y_1}{n} = 1388,167 \quad (5)$$

stąd równanie prostej regresji:

$$y = 45,2893 x + 705,7932 \quad (1a)$$

Współczynnik korelacji r tej prostej obliczono z równania:

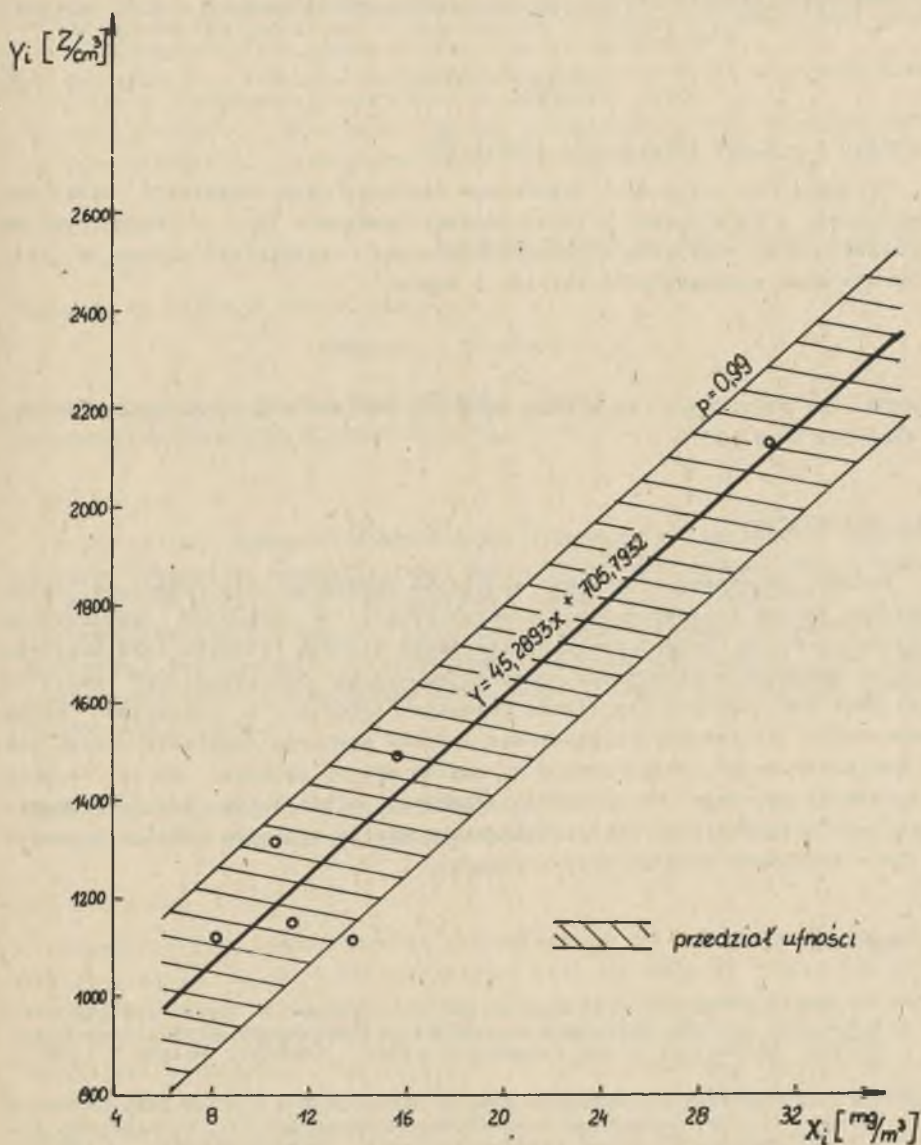
$$r = \frac{n \Sigma x_1 y_1 - (\Sigma x_1)(\Sigma y_1)}{\sqrt{[n \Sigma x_1^2 - (\Sigma x_1)^2][n \Sigma y_1^2 - (\Sigma y_1)^2]}} = 0,9501 \quad (6)$$

Odchylenie standardowe:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_1 - \bar{y}_1)^2} = 111,95. \quad (7)$$

gdzie:

 y_1 - wielkość pomiarowa, \bar{y}_1 - wielkość obliczona z równania (1a) (tablica 2).



Rys. 11. Związek korelacyjny między przeprowadzonymi pomiarami stężenia zapylenia

Przedział ufności dla przyjętego prawdopodobieństwa $P = 0,99$ wynosi:

$$\pm \frac{t}{\sqrt{n}} S = \pm 184,28, \quad (8)$$

gdzie: $t = 4,032$ przyjęto z tabeli [8].

Sprawdzeniem istotności uzyskanego współczynnika korelacji może być porównanie z wartościami z tabel Wallace-Snedecora [9]. W rozpatrywanym przypadku przy przyjętym prawdopodobieństwie, najmniejsza uznana za istotną wielkość współczynnika korelacji wynosi:

$$r_a = 0,8745 < r = 0,9501$$

Można więc stwierdzić, że między badanymi pomiarami istnieje zależność korelacyjna (rys. 11).

5. Zakończenie

Pomiary porównawcze stężenia zapylenia powietrza przeprowadzona jednocześnie metodą konimetryczną i grawimetryczną w warunkach eksploatacji ścianowej w KWK "Wujek" wykazały istnienie silnego związku korelacyjnego między badanymi wielkościami. Porównując wyniki poszczególnych serii do wartości NDS i stopni zagrożenia pyłowego, zgodnie z przepisami można stwierdzić, że zarówno na podstawie wyników pomiarów grawimetrycznych jak i konimetrycznych, rozpatrywane wyrobisko należy zaliczyć do III stopnia zagrożenia pyłowego. Przeprowadzone badania potwierdziły zalety grawimetru jako urządzenia do przeprowadzenia pomiarów stężenia zapylenia powietrza w warunkach eksploatacji ścianowej.

LITERATURA

- [1] Zarządzenie Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego z dnia 5.II.1970 r. w sprawie ochrony zdrowia pracowników zatrudnionych w podziemnych zakładach górniczych przed działaniem pyłów. (Monitor Polski z 1970 r. Nr 5, poz. 52).
- [2] Zarządzenie Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego z dnia 5.III.1980 r. w sprawie ochrony zdrowia pracowników zatrudnionych w podziemnych zakładach górniczych przed działaniem pyłów. (Monitor Polski z 1980 r. Nr 10, poz. 43).
- [3] Krzyształik P., Piskorska-Kalisz Z., Gruszka J.: Grawimetryczne wartości dopuszczalnego zapylenia powietrza kopalnianego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, a. Górnictwo, z: 99, Gliwice 1979.
- [4] Piskorska-Kalisz Z., Gruszka J., Prażak M.: Próba przeliczenia obowiązujących norm konimetrycznych zapylenia powietrza kopalnianego na normy grawimetryczne. Prace GIG-u, Komunikat Nr 611, Katowice 1974.
- [5] Juda J.: Pomiary zapylenia i technika odpylenia. WNT, Warszawa 1968.

- [6] Kachel W.: Pomiarы porównawcze stężenia zapylenia powietrza prowadzone konimетrem "Zeiss 10" i grawimетrem "Barbara 3A". Praca inżynierska wykonana w ITEZ. Politechnika Śląska, Gliwice 1977.
- [7] Cichowski E.: Problemy stosowania zwilżacza KBS przy zwalczaniu zapylenia w górnictwie. Prace ZKMPW 91, Katowice 1974.
- [8] Krzysztofiak M., Urbanek D.: Metody statystyczne. PWN, Warszawa 1977.
- [9] Ciepielewska B.: Elementarne metody korelacji WSzE, Katowice 1963.

Recenzent: Doc. dr inż. Edward CICHOWSKI

Wpłynęło do Redakcji 13.05.1982 r.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛЬНОСТИ ШАХТНОГО ВОЗДУХА

Р е з ю м е

В работе были проведены сравнительные измерения концентрации пыльности шахтного воздуха на каменноугольной шахте "Вуек" при использовании кониметра "Цайс-10" ("Zeiss-10") и гравиметра "Барбара 3А" ("Barbara 3A"), с целью определения корреляционной связи между этими методами измерений в условиях лавной эксплуатации. Интерпретация полученных результатов была проведена в соотношении к действующим допустимым величинам концентрации пыльности шахтного воздуха.

COMPARATIVE MEASUREMENTS OF CONCENTRATION OF DUSTINESS OF THE AIR IN THE COAL-MINE

S u m m a r y

Measurements by comparison of concentration of dustiness of the air in the coal-mine, "Wujek" were carried out with the help of "Zeiss-10" meter and the gravimeter "Barbara 3A". The aim of the measurements was to determine the correlational relation between those two ways of measuring in the conditions of longwall exploitation. An interpretation of the obtained results was carried out with reference to standing admissible values of concentration of dustiness of the air in coal-mines.