

Opis statystyczny wyników pomiarów metanonośności i wskaźnika intensywności desorpcji prowadzonych w latach 2007-2014 przez KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch Zofiówka

BARBARA DUTKA

Instytut Mechaniki Górotworu PAN, ul. Reymonta 27; 30-059 Kraków

Streszczenie

W artykule opisano badania statystyczne przeprowadzone na dwóch zbiorach danych, stanowiących wyniki pomiarów parametrów gazowych *in situ*, zgromadzonych przez KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch Zofiówka. Pierwszy z nich obejmował wartości wskaźników desorpcji dp , wyznaczanych podczas pomiarów metanonośności, natomiast drugi zawierał odpowiadające wymienionym wskaźnikom wartości metanonośności Mn . W latach 2007-2014 na obszarze górniczym „Zofiówki” pomiary metanonośności prowadzone były w 7 partiach oraz w 15 pokładach. Badania miały na celu opis właściwości rozkładu wskaźnika desorpcji i metanonośności w kolejnych latach badanego okresu oraz w obrębie poszczególnych pokładów Ruchu Zofiówka. Dla każdego z badanych pokładów określono miary tendencji centralnych, miary rozproszenia oraz miary kształtu rozkładu analizowanych parametrów gazowych. Praca stanowi wstęp do badania wpływu głębokości zalegania pokładów na właściwości pojemnościowo-kinetyczne węgla względem metanu.

Słowa kluczowe: metanonośność, wskaźnik intensywności desorpcji, statystyka opisowa

1. Wprowadzenie

Ważnym zagadnieniem, wnoszącym nowe informacje do wiedzy o górotworze oraz zjawiskach w nim zachodzących, jest ocena wpływu zmian głębokości zalegania pokładów oraz ich geologicznej systematyki, na kształtowanie się parametrów sorpcyjnych węgla. Właściwości sorpcyjne układu węgiel-gaz są opisywane przede wszystkim przez pojemność sorpcyjną węgla a , która określa zdolność pokładów do akumulacji gazu oraz efektywny współczynnik dyfuzji D_e , który decyduje o kinetyce akumulacji/uwalniania gazu z pokładów. Parametry te są wyznaczane w warunkach laboratoryjnych. W praktyce górniczej od lat stosowane są parametry gazowe mierzone *in situ*, które wynikają bezpośrednio, z mierzonych w warunkach laboratoryjnych parametrów a i D_e . Są to odpowiednio metanonośność Mn oraz wskaźnik intensywności desorpcji dp . W polskim górnictwie węglowym, wartości progowe tych parametrów decydują o zagrożeniu metanowym i wyrzutowym w pokładach.

Wyniki badań dołowych, które są archiwizowane przez kopalnie, stanowią źródło cennych informacji o układzie węgiel-metan [Gawor i Wierzbicki, 2000]. Wśród archiwizowanych wyników znajdują się dane dotyczące lokalizacji miejsc pomiarów (współrzędne xyz , partia, pokład, wyrobisko, wybieg) i daty ich wykonania. Niektóre kopalnie węgla kamiennego, m.in. Ruch Zofiówka tworzą cyfrowe zbiory danych, do których pracownicy regularnie wprowadzają wyniki mierzonych wskaźników. Zaletą digitalizacji danych z pomiarów kopalnianych jest możliwość ich wykorzystania w dowolnej chwili przez Dział Wentylacji Kopalni. Cyfrowe zbiory danych umożliwiają śledzenie rozkładu wartości mierzonych wskaźników w czasie i przestrzeni, przeprowadzanie analiz statystycznych lub tworzenie prognoz zagrożenia.

Przedstawione w pracy badania statystyczne miały na celu analizę wyników obejmujących rutynowe badania metanonośności oraz pomiary wskaźnika intensywności desorpcji dwuminutowej, prowadzonych w latach 2007-2014 przez Ruch Zofiówka.

2. Analiza parametrów gazowych stosowanych dla rozpoznania zagrożenia metanowego i wyrzutowego w obrębie Ruchu Zofiówka

IMG PAN uzyskał zgodę Jastrzębskiej Spółki Węglowej na pozyskanie od kopalni „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch Zofiówka wyników pomiarów wskaźnika intensywności desorpcji dwuminutowej dp oraz oznaczeń metanonośności Mn wykonywanych przez uprawnionych rzeczoznawców WUG w latach 2007-2014. Po uporządkowaniu danych zgromadzonych przez kopalnię otrzymano zbiór wyników obejmujący 2172 oznaczenia metanonośności, w trakcie których mierzono również zwięzłość węgla f oraz wyznaczano zawartość części lotnych w węglu V^{daf} . Wyniki zostały poddane obróbce statystycznej, którą rozpoczęto od opisu zmienności parametrów oznaczanych podczas pomiarów metanonośności w analizowanym okresie czasu.

Dla każdego z badanych parametrów określono miary tendencji centralnych [Żebrowska-Łucyk, 2014]:

- średnią arytmetyczną $x_{\bar{s}r}$ zbioru danych:

$$x_{\bar{s}r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

gdzie:

- n – ilość wykonanych pomiarów,
- x_i – wartość parametru dla i -tego pomiaru;

- medianę Me_x zbioru danych:

$$Me = \begin{cases} \frac{x_{\frac{n+1}{2}}}{2} & \text{dla nieparzystej ilości wykonanych pomiarów,} \\ \frac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}}{2} & \text{dla parzystej ilości wykonanych pomiarów} \end{cases} \quad (2)$$

W tabeli 1 zestawiono informacje dotyczące pomiarów metanonośności wykonanych w poszczególnych latach. W kolejnych kolumnach tab. 1 podano: rok, liczbę oznaczeń, liczbę pokładów, w których prowadzono roboty górnicze, wartość średnią metanonośności $Mn_{\bar{s}r}$, medianę metanonośności Me_{Mn} , wartość średnią wskaźnika desorpcji $dp_{\bar{s}r}$, medianę wskaźnika desorpcji Me_{dp} , średnią zwięzłość węgla $f_{\bar{s}r}$ oraz średnią zawartość części lotnych $V_{\bar{s}r}^{daf}$.

Tab. 1. Zestawienie pomiarów metanonośności wykonanych przez Ruch Zofiówka w latach 2007-2014

Rok	Liczba pomiarów	Pokłady	$Mn_{\bar{s}r}$ [m ³ CH ₄ /Mg _{csw}]	Me_{Mn} [m ³ CH ₄ /Mg _{csw}]	$dp_{\bar{s}r}$ [kPa]	Me_{dp} [kPa]	$f_{\bar{s}r}$ [-]	$V_{\bar{s}r}^{daf}$ [%]
2007	327	8	3,48	3,34	0,64	0,58	0,40	26,53
2008	299	8	3,52	3,19	0,59	0,48	0,38	26,40
2009	211	7	3,12	3,04	0,50	0,42	0,38	25,98
2010	280	9	3,53	3,59	0,67	0,68	0,38	23,06
2011	229	7	2,82	2,07	0,47	0,24	0,37	22,96
2012	291	6	2,94	2,35	0,51	0,28	0,36	22,50
2013	274	7	3,42	3,05	0,58	0,50	0,36	22,48
2014	261	7	3,77	3,69	0,57	0,46	0,35	23,04

Z tabeli 1 wynika, że średnia metanonośność Ruchu Zofiówka w poszczególnych latach zmieniała się w zakresie od 2.82 m³CH₄/Mg_{csw} do 3.77 m³CH₄/Mg_{csw}. Mediana metanonośności przyjmowała

wartości od $2.07 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$ do $3.69 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$. Średnia intensywność desorpcji metanu z węgla wynosiła od 0.47 kPa do 0.64 kPa. Mediana wskaźnika desorpcji przyjmowała wartości w zakresie od 0.24 kPa do 0.68 kPa. Można zauważyć, że w kolejnych latach zmniejszała się średnia zwieźłość węgla, podobnie jak pomiędzy rokiem 2007 a rokiem 2013 malała systematycznie średnia zawartość części lotnych w węglu.

3. Analiza parametrów gazowych stosowanych dla rozpoznania zagrożenia metanowego i wyrzutowego w pokładach Ruchu Zofiówka

3.1. Metody opisu statystycznego

Dla każdego z badanych pokładów dokonano uporządkowania zbiorów wartości dp oraz Mn wraz z wyznaczeniem najniższej wartości w zbiorze obserwacji $x_{\min}$ i najwyższej wartości zbioru $x_{\max}$. Następnie określono miary tendencji centralnych, miary rozproszenia oraz miary kształtu rozkładu analizowanych parametrów gazowych [Żebrowska-Łucyk, 2014].

Wśród miar tendencji centralnych obserwowanych wyników określono:

- średnią arytmetyczną $x_{\text{śr}}$ zgodnie ze wzorem (1) oraz medianę Me_x zbioru danych zgodnie ze wzorem (2).

Wśród miar zmienności obserwowanych wyników określono:

- odchylenie standardowe s :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{śr}})^2}{n-1}} \quad (3)$$

gdzie:

- n – liczba wyników,
- x_i – kolejna obserwacja w zbiorze,
- $x_{\text{śr}}$ – wartość średnia.

- odchylenie ćwiartkowe Q :

$$Q = \frac{(Q_3 - Me) + (Me - Q_1)}{2} = \frac{Q_3 - Q_1}{2} \quad (4)$$

gdzie:

- Q_3 – trzeci kwartył,
- Q_1 – pierwszy kwartył,
- Me – mediana (drugi kwartył).

- klasyczny współczynnik zmienności V_s :

$$V_s = \frac{s}{x_{\text{śr}}} \quad x_{\text{śr}} > 0 \quad (5)$$

- pozycyjny współczynnik zmienności V_Q :

$$V_Q = \frac{Q}{Me} \quad Me > 0 \quad (6)$$

przy czym interpretację współczynników zmienności oparto na następujących przedziałach ich wartości:

- $V < 0.5$ – mała zmienność,
- $0.5 < V < 1.0$ – umiarkowana zmienność,
- $V > 1.0$ – duża zmienność.

- błąd standardowy średniej SEM , określający stopień dokładności obliczeń, z jaką można określić średnią metanonośność pokładu (oraz średni wskaźnik desorpcji metanu w pokładzie) na podstawie wyznaczonej średniej arytmetycznej w badanej próbie:

$$SEM = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

Wśród miar kształtu rozkładu zbioru wyników określono:

- skośność A , jako miarę asymetrii obserwowanych wyników:

$$A = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - x_{\bar{s}r}}{s} \right)^3 \quad (8)$$

- kurtozę K , jako miarę koncentracji obserwowanych wyników wokół średniej:

$$K = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - x_{\bar{s}r}}{s} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (9)$$

Skośność $A = 0$ świadczy o braku asymetrii wyników, $A > 0$ oznacza, że występuje prawostronna asymetria rozkładu, natomiast $A < 0$ oznacza lewostronną asymetrię. Kurtozę $K > 0$ świadczy o większej koncentracji wyników wokół wartości średniej, $K < 0$ oznacza natomiast, że występuje mniejsza koncentracja wyników wokół wartości średniej.

Dodatkowo, w oparciu o wyniki statystyk obliczono stosunek średniej metanonośności do średniej wartości wskaźnika desorpcji $Mn_{\bar{s}r}/dp_{\bar{s}r}$.

3.2. Wyniki statystycznej analizy danych kopalnianych

Parametry uzyskane z analizy statystycznej, zestawiono w tabelach 2 i 3.

W latach 2007-2014 roboty górnicze prowadzono w 7 partiach, oznaczonych przez kopalnię kolejnymi literami od B do H, oraz w 15 pokładach, udostępnianych w obrębie poszczególnych partii (Tab. 2 i 3). W okresie ośmiu lat największą ilość pomiarów metanonośności wykonano w partii C pokład 502/1 ($n = 252$), natomiast najmniejszą ilość pomiarów w pokładzie 407/1 w partii B ($n = 10$).

W 12 pokładach na 25 rzeczoznawcy oznaczyli metanonośności powyżej $8 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$, przy czym największe wartości $Mn > 10 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$ odnotowano w pokładach 412 w partii D oraz 406/1 w partii F. Najniższe wartości Mn_{max} odnotowano w pokładach o najwyższej numeracji, odpowiednio pokład 418/1-2 w partii E, pokład 502/1 w partii C i pokład 417/1 w partii C. Maksymalne zmierzone metanonośności tych pokładów wynosiły pomiędzy $3 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$ a $6 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$.

Zgodnie z tab. 2, średnia metanonośność pokładów Ruchu Zofiówka zmieniała się w zakresie od $1.04 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$ do $6.15 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$. Największą średnią metanonośność posiadał pokład 407/1 w partii B, przy najwyższej wśród badanych pokładów desorpcji średniej wynoszącej $dp_{\bar{s}r} = 1.07 \text{ kPa}$ (Tab. 3). Najmniejszą metanonośnością średnią charakteryzował się pokład 502/1 należący do partii C, któremu również odpowiadała najniższa wartość desorpcji średniej wynosząca $dp_{\bar{s}r} = 0.10 \text{ kPa}$.

Najlepsze przybliżenie średniej metanonośności na podstawie badanej próby uzyskano dla pokładu 502/1 w partii C przy $SEM = 0.053 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$, natomiast najniższą dokładność przybliżenia, przy $SEM = 0.617 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$, otrzymano dla pokładu 415/4 w partii F. Podobnie, najwyższa dokładność określenia średniego wskaźnika desorpcji dotyczyła pokładu 502/1 w partii C, gdzie $SEM = 0.005 \text{ kPa}$, natomiast najniższą dokładność otrzymano w pokładzie 405/1 w partii F przy $SEM = 0.121 \text{ kPa}$.

W zależności od pokładu, odchylenie standardowe s metanonośności wynosiło od $0.85 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$ do $2.52 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$, przy wartości średniej metanonośności pokładów na poziomie $Mn_{\bar{s}r} = 3.68 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{CSW}}$. W przypadku wskaźnika desorpcji wartości odchyłeń standardowych wynosiły od 0.08 kPa do 0.57 kPa , przy średniej desorpcji pokładów na poziomie $dp_{\bar{s}r} = 0.66 \text{ kPa}$.

Tab. 2. Podstawowe statystyki metanonośności w poszczególnych pokładach Ruchu Zofiówka

Pokład	n	Mn _{min}	Mn _{max}	Mn _{sr}	Me _{Mn}	s	SEM	V _s	V _Q	A	K
		[m ³ CH ₄ /Mg _{gcsw}]									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
404/4 F	132	0,816	6,972	3,697	3,667	1,218	0,106	0,33	0,25	0,011	−0,688
405/1 B	75	0,003	8,318	3,771	4,174	2,194	0,252	0,58	0,44	−0,153	−1,117
405/1 F	18	0,25	7,45	3,874	4,047	2,429	0,573	0,63	0,57	−0,02	−1,629
405/2 F	70	0,731	7,906	4,869	5,363	1,928	0,23	0,4	0,25	−0,52	−0,73
406/1 B	75	0,908	8,439	4,743	5,542	2,431	0,281	0,51	0,44	−0,172	−1,553
406/1 F	117	0,75	10,577	4,774	4,868	1,609	0,149	0,34	0,19	0,009	0,857
407/1 B	10	2,919	8,157	6,145	6,415	1,764	0,558	0,29	0,21	−0,554	−0,763
409/3 G	56	1,044	9,39	4,456	4,579	1,154	0,154	0,26	0,2	0,149	−0,831
409/4 D	45	0,887	7,661	3,268	2,734	2,038	0,304	0,62	0,62	0,567	−0,915
409/4 G	24	0,617	8,272	3,382	2,887	2,523	0,515	0,75	0,56	0,883	−0,48
409/4 G	21	0,789	8,212	3,581	3,925	1,864	0,407	0,52	0,34	0,373	0,368
410 D	105	1,265	8,707	4,888	4,683	1,847	0,18	0,38	0,31	0,155	−0,836
410 G	151	0,437	9,45	4,294	3,943	2,011	0,164	0,47	0,39	0,448	−0,711
412 D	76	1,507	10,109	5,771	6,105	1,882	0,216	0,33	0,19	−0,455	−0,298
412 E	170	0,007	7,243	1,915	1,165	1,784	0,137	0,93	1,22	0,955	−0,292
412 G	158	0,638	9,911	4,894	5,312	2,278	0,181	0,47	0,36	−0,149	−0,975
413/2 E	56	0,061	8,319	3,008	2,614	1,886	0,252	0,63	0,45	1,094	0,892
413/2 G	39	0,343	6,624	3,008	2,305	2,031	0,325	0,68	0,81	0,444	−1,334
413/2 G	34	1,036	7,291	4,202	4,015	1,538	0,264	0,37	0,26	0,136	−0,333
415/4 F	12	0,072	6,446	2,434	1,737	2,139	0,617	0,88	0,6	0,963	−0,362
416/3 E	37	1,35	6,596	4,135	4,147	1,185	0,195	0,29	0,16	−0,085	0,051
417/1 C	159	0,075	5,462	1,824	1,518	1,391	0,11	0,76	0,83	0,486	−0,996
418/1–2 E	40	0,195	3,545	2,078	2,1	0,988	0,156	0,48	0,42	−0,215	−1,377
502/1 C	252	0,005	4,297	1,044	0,851	0,848	0,053	0,81	0,56	1,414	2,072
502/1 E	102	0,013	5,515	1,945	1,743	1,352	0,134	0,7	0,62	0,641	−0,432

Oznaczenie liczbowe – numer pokładu; oznaczenie literowe – nazwa partii

Tab. 3. Podstawowe statystyki wskaźnika intensywności desorpcji w poszczególnych pokładach Ruchu Zofiówka

Poklad	n	$dp_{\max}$	$dp_{\min}$	$dp_{\bar{s}r}$	Me_{dp}	s	SEM	V_s	V_Q	A	K
		[kPa]									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
404/4 F	132	1,44	0,1	0,678	0,7	0,259	0,023	0,38	0,29	−0,072	−0,563
405/1 B	75	1,94	0	0,767	0,86	0,538	0,062	0,7	0,53	0,06	−0,978
405/1 F	18	1,42	0	0,679	0,49	0,514	0,121	0,76	0,9	0,203	−1,842
405/2 F	70	1,5	0,18	0,815	0,91	0,359	0,043	0,44	0,34	−0,238	−0,973
406/1 B	75	2,24	0,1	0,922	1,1	0,546	0,063	0,59	0,43	0,085	−0,848
406/1 F	117	1,58	0,18	0,828	0,88	0,303	0,028	0,37	0,19	−0,719	0,299
407/1 B	10	1,46	0,7	1,07	1,08	0,196	0,062	0,18	0,08	0,134	1,921
409/3 G	56	2,5	0,16	0,93	0,88	0,551	0,074	0,59	0,47	0,538	0,088
409/4 D	45	1,48	0	0,596	0,52	0,509	0,076	0,85	0,96	0,243	−1,49
409/4 G	24	1,64	0	0,655	0,59	0,572	0,117	0,87	0,91	0,343	−1,378
409/4 G	21	1,84	0,14	0,84	0,76	0,519	0,113	0,62	0,54	0,296	−0,87
410 D	105	1,74	0	0,841	0,84	0,352	0,034	0,42	0,27	−0,04	0,17
410 G	151	1,72	0	0,711	0,66	0,4	0,033	0,56	0,44	0,504	−0,41
412 D	76	1,78	0,16	1,022	1,06	0,364	0,042	0,36	0,27	−0,319	−0,288
412 E	170	1,38	0	0,277	0,16	0,363	0,028	1,31	1,31	1,392	0,878
412 G	158	2,46	0	1,015	1,06	0,54	0,043	0,53	0,38	0,067	−0,687
413/2 E	56	1,82	0	0,509	0,38	0,435	0,058	0,85	0,72	1,328	1,402
413/2 G	39	1,42	0	0,507	0,36	0,434	0,07	0,86	0,85	0,9	−0,458

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
413/2 G	34	1,56	0,16	0,828	0,82	0,328	0,056	0,4	0,25	-0,017	-0,111
415/4 F	12	1,25	0,06	0,351	0,17	0,395	0,114	1,13	0,65	1,828	2,17
416/3 E	37	1,3	0,24	0,702	0,64	0,305	0,05	0,43	0,41	0,288	-1,166
417/1 C	159	1,18	0	0,251	0,18	0,24	0,019	0,96	1,19	0,955	0,567
418/1-2 E	40	0,62	0	0,303	0,31	0,168	0,027	0,55	0,33	-0,294	-0,556
502/1 C	252	0,32	0	0,1	0,1	0,08	0,005	0,8	0,8	0,039	-1,005
502/1 E	102	0,72	0	0,187	0,17	0,157	0,016	0,84	0,88	0,669	0,33

Oznaczenie liczbowe – numer pokładu; oznaczenie literowe – nazwa partii

Najmniejszą zmienność wyników oznaczeń metanonośności wynoszącą $V_s = 0.26$ otrzymano w pokładzie 409/3 w partii H, przy średniej metanonośności tego pokładu wynoszącej $Mn_{sr} = 4.46 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{csw}}$. W 12 pokładach na 25 określono małe zróżnicowanie wyników oznaczeń metanonośności wokół wartości średniej ($V_s < 0.5$), w pozostałych 13 pokładach zróżnicowanie wyników należy uznać za umiarkowane ($0.5 < V_s < 1$).

Mediana metanonośności Me_{Mn} poszczególnych pokładów Ruchu Zofiówka zmieniała się w zakresie od $0.85 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{csw}}$ do $6.42 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{csw}}$. Największą wartością mediany charakteryzował się pokład 407/1 w partii B, natomiast najmniejszą posiadał pokład 502/1 w partii C. Pokład ten cechował się także najniższą medianą wskaźnika desorpcji, wynoszącą $Me_{dp} = 0.10 \text{ kPa}$. Najwyższa mediana wskaźnika desorpcji należała do pokładu 406/1 w partii B.

W przypadku większości pokładów, rozkład wyników oznaczeń metanonośności wokół mediany charakteryzuje się mniejszą zmiennością niż ich rozkład wokół metanonośności średniej. Odstępstwem od tej tendencji są pokłady 417/1 w partii C, 412 w partii E oraz 413/2 w partii G, które charakteryzuje większa zmienność wyników oznaczeń metanonośności względem wartości mediany. W przypadku 16 pokładów określono małe zróżnicowanie wyników oznaczeń ($V_Q < 0.5$), natomiast w przypadku 8 pokładów zróżnicowanie to należy uznać za umiarkowane ($0.5 < V_Q < 1$). Rozkład wyników pomiarów metanonośności w pokładzie 412 w partii E charakteryzuje się dużą zmiennością ($V_Q = 1.22$ przy $Me_{Mn} = 1.17 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{csw}}$). Najmniejszą zmienność wyników oznaczeń metanonośności $V_Q = 0.16$ otrzymano w pokładzie 416/3 należącym do partii E, przy wartości mediany metanonośności pokładu wynoszącej $Me_{Mn} = 4.15 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{csw}}$.

Bazując na wartościach skośności (Tab. 2 oraz Tab. 3) można wyciągnąć następujące wnioski:

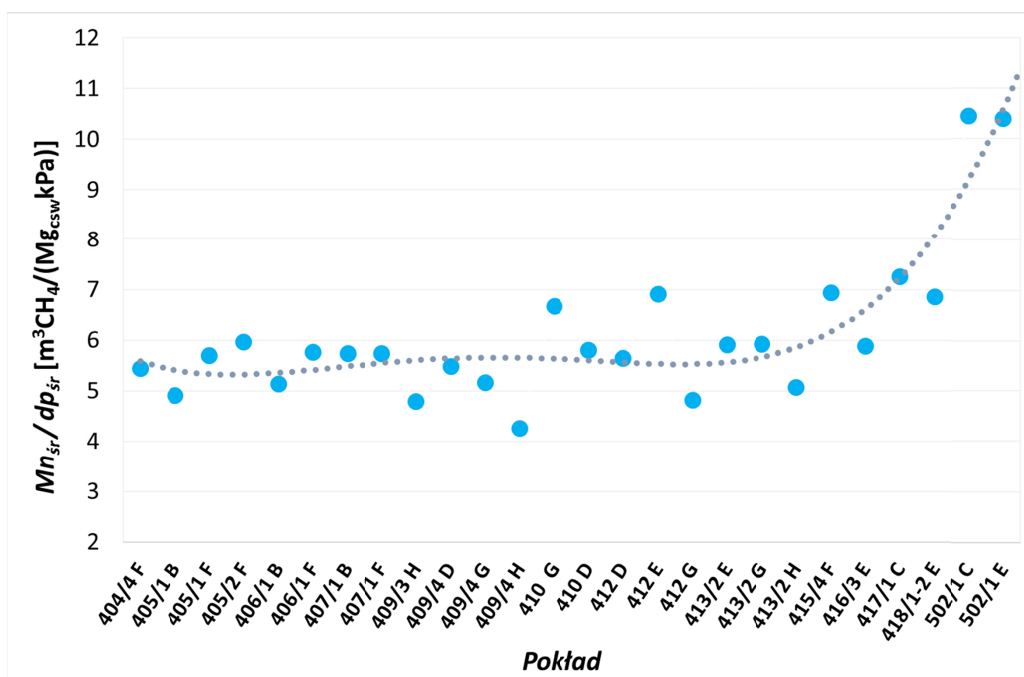
- w przypadku 9 pokładów rozkład wyników oznaczeń metanonośności jest lewostronny ($A < 0$), co oznacza, że w analizowanych pokładach większość wyników oznaczeń ma wartość wyższą od średniej metanonośności Mn_{sr} tych pokładów,
- najbardziej zbliżone do wartości średniej są wyniki oznaczeń metanonośności wykonanych w pokładzie 406/1 w partii F,
- w przypadku 16 pokładów rozkład wyników oznaczeń metanonośności jest prawostronny ($A > 0$), co oznacza, że w analizowanych pokładach większość wyników oznaczeń ma wartość niższą od średniej metanonośności Mn_{sr} tych pokładów,
- w przypadku 7 pokładów rozkład zmierzonych wartości wskaźnika desorpcji jest lewostronny ($A < 0$), natomiast w przypadku 18 pokładów rozkład wskaźnika desorpcji jest prawostronny ($A > 0$).

Opierając się na wartościach kurtozy (Tab. 2 oraz Tab. 3) można wyciągnąć następujące wnioski dotyczące „rozrzutu” uzyskanych wyników:

- 20 spośród analizowanych pokładów posiada ujemną wartość kurtozy metanonośności, co wskazuje na bardziej spłaszczony rozkład metanonośności w tych pokładach w porównaniu do rozkładu normalnego (mniejsza koncentracja wyników wokół średniej),
- W przypadku 5 pokładów kurtoza przyjmuje wartość dodatnią, co wskazuje na smuklejszy rozkład metanonośności w tych pokładach w porównaniu do rozkładu normalnego (większa koncentracja wyników),
- najbardziej zbliżony do normalnego rozkład wyników oznaczeń metanonośności występuje w pokładzie 416/3 w partii E,
- 16 spośród analizowanych pokładów posiada ujemną kurtozę wskaźnika desorpcji, pozostałe 9 kurtozę dodatnią.

3.2.1. Szacunkowa miara właściwości pojemnościowo-kinetycznych pokładów

Na rysunku 1 przedstawiono zmienność wartości wskaźnika Mn_{sr}/dp_{sr} dla pokładów Ruchu Zofiówka. Wyznaczony wskaźnik, będący stosunkiem średniej metanonośności pokładu do średniej wartości wskaźnika intensywności desorpcji, stanowi szacunkową miarę właściwości pojemnościowo-kinetycznych pokładów względem metanu. Jak widać z rysunku 1, stosunek Mn_{sr}/dp_{sr} dla pokładów młodszych utrzymuje się na podobnym poziomie, natomiast dla pokładów starszych jego wartość rośnie. Obserwowany wzrost wskaźnika Mn_{sr}/dp_{sr} jest najprawdopodobniej związany z obniżeniem zdolności uwalniania metanu w pokładach starszych, wyżej uwęglonych. Wzrastającemu uwęgleniu pokładów, towarzyszy porządkowanie struktury oraz zwiększenie udziału mikro- i submikroporowatości. Zmiany te powodują ograniczenie zdolności penetracji cząsteczek par i gazów przez węgiel [Zarębska i Dudzińska, 2008]. W węglach wyżej zmetamorfizowanych, dyfuzja metanu może być utrudniona, co będzie zauważalne w obniżeniu wartości współczynnika dyfuzji D_e .



Rys. 1. Zmiany stosunku Mn_{sr}/dp_{sr} w pokładach Ruchu Zofiówka

Przedstawiony na rysunku 1 rezultat pozwala sądzić, że właściwości sorpcyjne pokładów, zarówno związane ze zdolnością do akumulacji metanu, jak również właściwości decydujące o kinetyce sorpcji/desorpcji, zmieniają się z głębokością.

4. Podsumowanie

W celu wstępnej oceny właściwości pojemnościowo-kinetycznych pokładów, przeprowadzono badania statystyczne wyników pomiarów metanonośności i wskaźnika intensywności desorpcji, wykonywanych w latach 2007-2014 przez Ruch Zofiówka. Obróbka statystyczna wyników kopalnianych umożliwia tworzenie obrazu układu węgiel-metan na badanym obszarze górniczym oraz rejestrację jego zmian, uwarunkowanych geologią zalegania pokładów. Warto zwrócić uwagę na potencjał naukowy parametrów gazowych, otrzymywanych z codziennych badań *in situ*. Uzyskane w pracy rezultaty pozwalają przypuszczać, że właściwości sorpcyjne pokładów, tj. zdolność akumulacji metanu oraz kinetyka sorpcji/desorpcji metanu, zmieniają się z głębokością. Zagadnienia te będą przedmiotem dalszych prac.

Praca została wykonana w roku 2016 w ramach prac statutowych realizowanych w IMG PAN w Krakowie, finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura

- Gawor M., Wierzbicki M., 2000: *Komputerowe wspomaganie pracy służb przeciwwyrzutowych w kopalniach na podstawie programu do analizy i oceny stanu zagrożenia wyrzutami metanu i skał*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 12.
- Zarębska K., Dudzińska A., 2008: *Możliwości magazynowania CO₂ w pokładach węgla kamiennych – weryfikacja danych eksperymentalnych*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi 24 (3/3), p. 347-355.
- Żebrowska-Łucyk S., 2014: *Metody statystyczne w praktyce laboratoryjnej*. Wydawnictwo Klub Polskich Laboratoriów Badawczych POLLAB, Warszawa.

Statistical description of the results of the methane content and desorption intensity index measurements conducted in the years 2007-2014 by the Borynia-Zofiówka-Jastrzębie mine, Zofiówka Section

Abstract

This article describes statistical research carried out on two sets of data, which are the *in-situ* gas parameters, measured and collected by the Borynia-Zofiówka-Jastrzębie mine, Zofiówka Section. The first of these included the values of the *dp* desorption intensity index, while the second one contained the corresponding values of the methane content *Mn*. In the years 2007-2014 the methane content measurements were carried out in 7 parts of the „Zofiówka” mining area, in 15 coal seams. The research aimed at describing the distribution of the desorption intensity index and the methane content in the subsequent years of the examined period and also the distribution of these parameters within particular seams of the Zofiówka Section. The measure of the central tendencies, the measure of dispersion and the shape of the distribution of analyzed gas parameters were determined for each of the studied coal seams. The work is an introduction to the wider research concerning the depth effect on the methane sorption capacity and kinetics of coal.

Keywords: methane content, desorption intensity index, descriptive statistics