

ANALIZA DOKŁADNOŚCI ROZPOZNANIA ZŁÓŻ WĘGLA KAMIENNEGO W WYBRANYM REJONIE GZW

UKD 553.94.048:550.822.2+622.333.014.2/.5:519.25(438-13 GZW)

Ocena dokładności rozpoznania złóż jest jednym z podstawowych problemów geologii kopalnianej. Rezultatem prac rozpoznawczych jest dokumentacja geologiczna, która z kolei stanowi podstawę do planowania eksploatacji złoża. Przez dokładność rozpoznania złoża rozumiemy różnicę, jaka może nastąpić między oceną cech złoża (dokonaną w wyniku jego rozpoznania) a rzeczywistymi jego cechami, które poznajemy w trakcie eksploatacji. Dokładność ta jest równa maksymalnemu błędowi, jaki można popełnić w trakcie rozpoznawania złoża (5).

O dokładności rozpoznania złoża decydują (3):

1) błędy pomiaru parametrów złoża w punktach rozpoznawczych (miąższości, zawartości składnika użytecznego itp.), zwane błędami technicznymi,

2) błędy popełnione przy ocenie średnich wartości parametrów złoża, zwane błędami reprezentatywności rozpoznania,

3) poprawność i dokładność interpretacji budowy złoża, zwane błędami analogii i geometryzacji.

Pomiar parametrów złożowych jest obarczony błędami przypadkowymi i systematycznymi. Błędy przypadkowe są niezależnymi zmiennymi losowymi, które w nieznanym stopniu wpływają na ocenę całego złoża (2). Wpływ błędu systematycznego na obserwowaną wartość parametru złożowego jest na ogół proporcjonalny do wielkości popełnionego błędu (2). Znacznie poważniejsze są błędy reprezentatywności (3). Dokładność oceny średnich wartości parametrów złoża zależy od liczby punktów rozpoznawczych i zmienności złoża. Na obserwowaną zmienność złoża składa się zmienność naturalna i zmienność wynikająca z popełnianych błędów obserwacji.

Wzajemnych związków między wymienionymi 3 rodzajami błędów nie sposób ustalić. Uniemożliwia to też ocenę błędu sumarycznego. Wydaje się jednak, że powinien on być większy od błędu reprezentatywności, który w dużej mierze zawiera pozostałe grupy błędów (1). Przyjęcie określonej miary błędów jest kwestią umowną. W praktyce wyraża się je za pomocą średniej odchyłki

Tabela I
PORÓWNANIE MIĄŻSZOŚCI ŚREDNIEJ I WSPÓŁCZYNNIKÓW ZMIENNOŚCI MIĄŻSZOŚCI
POKŁADÓW WĘGLA KAMIENNEGO

Pokład	Wariant obliczeń	Liczba danych	Miąższości średnie \bar{m} (m)	Różnica $\Delta\bar{m} = \bar{m}_I - \bar{m}_{II}$ (m)	Współczynnik zmienności miąższości V%	Różnica $\Delta V\% = V_I - V_{II}$
116-J	I	48	1,98	+0,21	29,29	+21,69
	II	69	1,77		7,6	
118-J	I	75	3,04	-0,29	19,33	+10,80
	II	69	3,33		8,53	
209-J	I	43	3,75	-0,11	26,78	+2,90
	II	151	3,86		23,88	
234-B	I	56	1,44	-0,01	14,99	+4,57
	II	167	1,45		10,42	
317-B	I	30	1,53	+0,04	22,95	+0,58
	II	84	1,49		22,37	
352-B	I	32	1,36	-0,03	30,30	+14,63
	II	98	1,39		15,67	
403/1-ML	I	42	3,09	-0,05	21,5	+11,72
	II	208	3,14		9,78	
501-R	I	28	2,62	+0,21	66,38	+4,82
	II	90	2,41		61,56	
510-KJ	I	64	8,98	+0,79	67,18	-7,22
	II	287	8,19		74,40	

bezwzględnej, odchylenia kwadratowego lub dokładności odczytu urządzenia mierzącego.

W niniejszym artykule podjęto próbę określenia dokładności oceny średniej miąższości pokładów w otworach rozpoznawczych na przykładzie złóż węgla kamiennego. Za miarę błędu przyjęto odchylenie kwadratowe. Jako materiał wyjściowy posłużyły dane o miąższości pokładów węgla z otworów rozpoznawczych w kat. C₁ i B oraz z wyrobisk eksploatacyjnych. Średnia odległość otworów rozpoznawczych, z których pochodzą dane, wynosi ok. 500 m, a bezpośrednie pomiary miąższości w wyrobiskach górniczych są wykonywane w odstępach ok. 100 m.

Przeanalizowano dane z 29 pokładów warstw libiąskich, łazickich, orzeskich, rudzkich i siodłowych z centralnej i wschodniej części GZW, tj. występujących w obrębie niecki bytomskiej, siodła głównego i wschodniej części niecki głównej. Dla każdego z pokładów obliczono miąższość średnią \bar{m} , wariancję S_m^2 , odchylenie standardowe S_m i współczynnik zmienności miąższości $V_m\%$. Obliczenia wykonano w dwóch wariantach, na podstawie dwójakiego rodzaju danych:

I – tylko z otworów rozpoznawczych,

II – tylko z pomiarów miąższości w wyrobiskach górniczych.

W tabeli I zestawiono wyniki uzyskane dla kilku przykładowo wybranych pokładów. Stwierdzono, że wielkość miąższości średnich w I wariantcie \bar{m}_I różni się na ogół nieznacznie od wielkości miąższości średnich \bar{m}_{II} obliczonych w II wariantcie, przy czym w znaku różnic nie zaobserwowano żadnej regularności (tzn. jednakowo często spotyka się $\bar{m}_I > \bar{m}_{II}$, jak i odwrotnie). Współczynniki

zmienności miąższości V_I , obliczone na podstawie danych z otworów wiertniczych, wynoszą 10–90% i są przeważnie wyższe od uzyskanych na podstawie pomiarów w wyrobiskach, wynoszących 7–53% ($V_I > V_{II}$).

Największe różnice ΔV między obu współczynnikami są związane najczęściej z obszarami występowania maksymalnych wartości V_I i V_{II} . Obserwuje się je albo w rejonach wymyć, zdarć, wyklinowań pokładów, albo na obszarze występowania wychodni (gdy ma ona kształt niecki, której jedno ze skrzydeł się ścięnia, w osi zaś następuje wzrost miąższości pokładu). Temu zjawisku często towarzyszą zmiany miąższości nadkładu i utworów niżej leżących, jak również wyklinowywanie lub pojawianie się soczewek węgla w sąsiedztwie. Chcąc wykorzystać porównanie miąższości średnich \bar{m}_I , \bar{m}_{II} i współczynników zmienności V_I i V_{II} do oceny dokładności rozpoznania miąższości otworami, rozrzedzono sztucznie dane z pomiarów w wyrobiskach górniczych do gęstości otworów wiertniczych dla trzech pokładów: 116-J, 118-J, 403/1-ML. Rozrzedzenie przeprowadzono odrębnie dla sieci otworów rozpoznawczych (od 500 do 2500 m) i punktów opróbowania dołowego (od 100 do 1000 m). Krok rozrzedzenia wynosił odpowiednio 250 m i 100 m. Każdorazowo obliczano podstawowe parametry statystyczne. Tok postępowania przedstawiono w tab. II, na przykładzie pokładu 116-J.

Wartość miąższości średniej dla wszystkich trzech pokładów praktycznie nie zmienia się podczas zwiększania odległości opróbowania dołowego (ryc. 1). Rozrzedzenie sieci otworów rozpoznawczych do ok. 2000 m nie powoduje większych zmian miąższości średniej; spadek jej wartości następuje dopiero po przekroczeniu podanej wielkości rozrzedzenia sieci. Ponadto zaobserwowano, że

ROZRZEDZENIE GĘSTOŚCI SIECI OTWORÓW ROZPOZNAWCZYCH (I)
I PUNKTÓW ROZPOZNANIA DOŁOWEGO (II) – POKŁAD 116-J

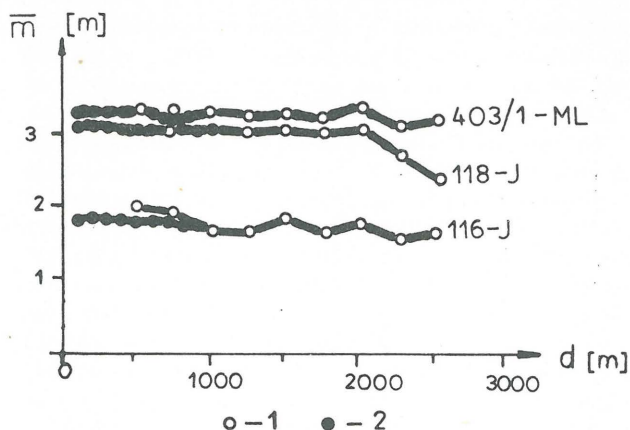
Tabela II

Odległość punktów obserwacji (m)		Liczba danych		Miąższość średnia \bar{m} (m)		Wariancja S^2 (m ²)		Odchylenie standardowe S (m)		Współczynnik zmienności $V\%$	
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
500	100	72	69	1,98	1,77	0,33	0,02	0,58	0,15	29,29	7,60
750	200	68	62	1,75	1,81	0,36	0,02	0,61	0,14	34,78	7,78
1000	300	59	57	1,64	1,80	0,41	0,02	0,65	0,16	39,82	8,76
1250	400	51	53	1,61	1,79	0,55	0,03	0,76	0,16	47,09	9,07
1500	500	44	46	1,75	1,79	0,60	0,03	0,80	0,17	45,80	9,38
1750	600	36	38	1,60	1,79	0,65	0,03	0,84	0,17	52,69	9,49
2000	700	28	33	1,76	1,78	0,67	0,02	0,85	0,14	48,30	7,87
2250	800	25	29	1,49	1,72	0,60	0,02	0,83	0,15	55,85	8,65
2500	900	22	26	1,63	1,75	0,78	0,05	0,95	0,22	57,94	12,5
	1000		24		1,77		0,05		0,23		13,0

PORÓWNANIE MIĄŻSZOŚCI ŚREDNIEJ I WSPÓŁCZYNNIKÓW ZMIENNOŚCI MIĄŻSZOŚCI
POKŁADÓW WĘGLA KAMIENNEGO
PO ROZRZEDZENIU GĘSTOŚCI PUNKTÓW OPRÓBOWANIA DOŁOWEGO (II)
DO GĘSTOŚCI SIECI OTWORÓW ROZPOZNAWCZYCH (I)

Tabela III

Pokład	Liczba danych		Odległość p-któw obserwacji (m)	Miąższość średnia \bar{m} (m)		Różnica $\Delta\bar{m} = \bar{m}_I - \bar{m}_{II}$ (m)	Wariancja S^2 (m ²)		Współczynnik zmienności $V\%$		Różnica $\Delta V\% = V_I - V_{II}$
	I	II		I	II		I	II	I	II	
116-J	72	44	500	1,98	1,79	+0,19	0,33	0,03	29,29	9,38	+19,91
118-J	75	39	500	3,04	3,16	-0,12	0,34	0,08	19,33	9,19	+10,14
403/1-ML	81	46	500	3,17	3,22	-0,05	0,48	0,20	21,50	13,86	+7,64

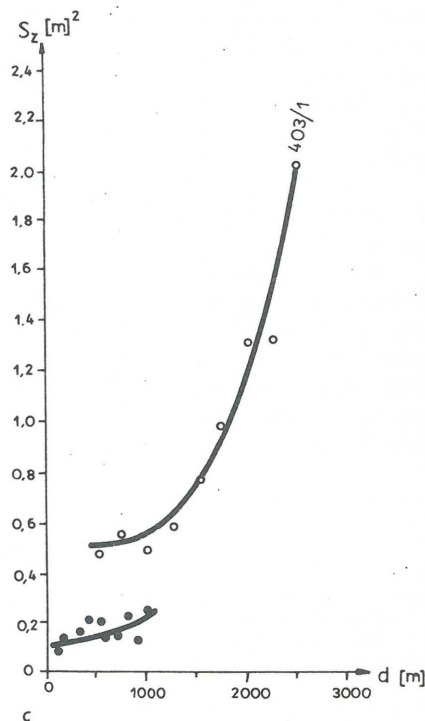
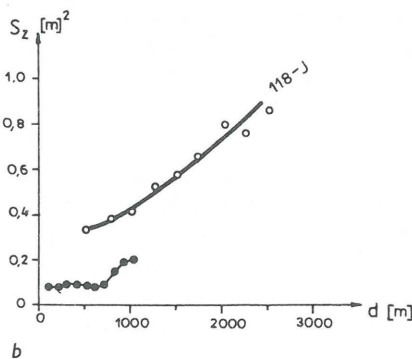
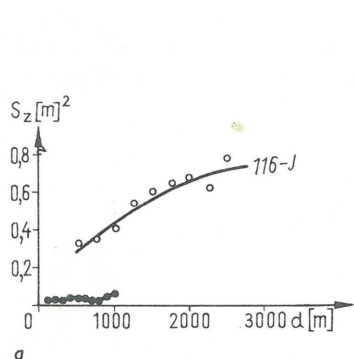


Ryc. 1. Zależność miąższości średniej pokładów węgla kamiennego od odległości punktów obserwacji
1 – wartości obliczone na podstawie danych z otworów rozpoznawczych, 2 – wartości obliczone na podstawie danych z bezpośrednich pomiarów w wyrobiskach górniczych

Fig. 1. Dependence of mean thickness of coal layers on spacing of observation points
1 – values calculated on the basis of data from exploratory drillings, 2 – values calculated on the basis of data from direct measurements in mining works

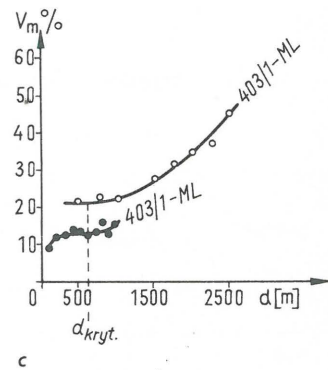
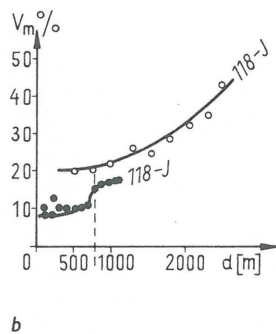
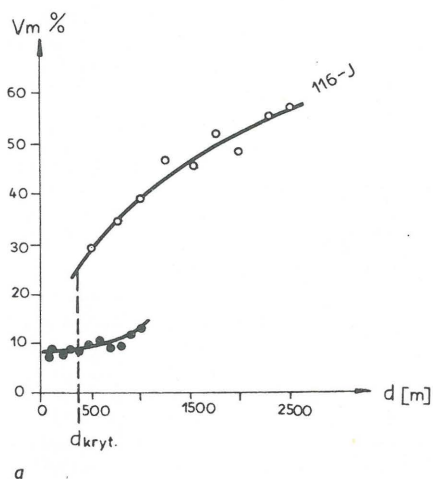
dla jednakowych odległości między punktami obserwacji miąższości średnie, obliczane na podstawie danych z otworów (wariant I), są takie same lub różnią się w niewielkim stopniu od miąższości średnich, obliczanych na podstawie danych z opróbowania wyrobisk górniczych (wariant II) (tab. III).

Natomiast wielkość odchylenia standardowego i współczynnika zmienności rośnie wraz ze zwiększaniem odległości punktów obserwacji (ryc. 2, 3). Przebieg krzywych dla obu tych wielkości jest bardzo podobny. Zjawisko to jest spowodowane względną stałością miąższości średniej, którą w tej sytuacji można uważać za współczynnik odwrotnej proporcjonalności między współczynnikiem zmienności a odchyleniem standardowym. Z tego względu ograniczono analizę do zależności $V_m(d)$ (ryc. 3).



Ryc. 2a, 2b i 2c. Zależność wariancji miąższości pokładów węgla kamiennego od odległości punktów obserwacji (objaśnienia jak na ryc. 1)

Figs. 2a, 2b and 2c. Dependence of variances in thickness of coal layers on spacing of observation points (explanations as given in Fig. 1)



Ryc. 3a, 3b i 3c. Zależność współczynnika zmienności miąższości od odległości punktów obserwacji (objaśnienia jak na ryc. 1)

Figs. 3a, 3b and 3c. Dependence of variability coefficient for thickness of coal layers on spacing of observation points (explanations as given in Fig. 1)

Wraz z rozrzedzeniem sieci punktów obserwacyjnych, wielkość współczynnika zmienności rośnie nieznacznie aż do pewnej odległości, powyżej której następuje gwałtowne zwiększanie się jego wartości. Wzrost jest szybszy w pokładzie 116-J niż w pokładach 118-J i 403/1-ML. Tę graniczną odległość nazwano odległością krytyczną „ $d_{kryt.}$ ”. Można by ją uznać za odległość między otworami sieci wystarczającej do poprawnego rozpoznania miąższości pokładów węgla (tab. IV). Zaobserwowano również, że dla jednakowych odległości między punktami obserwacji współczynniki zmienności obliczone na podstawie danych z otworów wiertniczych (V_i) są większe od obliczonych na podstawie opróbowania dołowego (V_{II}) (ryc. 3, tab. III).

Tabela IV
DOKŁADNOŚĆ OCENY MIĄŻSZOŚCI
W OTWORACH WIERTNICZYCH:
BEZWZGLĘDNA S_1 I WZGLĘDNA S_{bw} ,
ORAZ ODLEGŁOŚĆ KRYTYCZNA „ $d_{kryt.}$ ”

Pokład	S_b (m)	$S_{bw}\% = \frac{S_b}{\bar{m}_{II}}$	$d_{kryt.}$ (m)
116-J	$\pm 0,56$	32	400
118-J	$\pm 0,24$	7	800
403/1-ML	$\pm 0,51$	16	600

Przyjmując za miarę błędu odchylenie standardowe oraz zakładając, że naturalna zmienność parametrów i popełniane błędy są wzajemnie niezależne (2), niedokładność S_1 pomiaru miąższości w otworze wynosi:

$$S_1 = \sqrt{S_n^2 + S_b^2} \quad [1]$$

stad

$$S_b = \sqrt{S_1^2 - S_n^2} \quad [2]$$

$$S_1^2 = \frac{V_i^2 \cdot \bar{m}_i^2}{10^2} \quad [3]$$

gdzie:

S_n^2 – wariancja miąższości spowodowana jej naturalnym zróżnicowaniem,

S_b^2 – wariancja błędu poznania miąższości w otworze,

\bar{m}_i, V_i – miąższość średnia i współczynnik zmienności obliczony na podstawie danych z otworów rozpoznawczych.

Odpowiednio wykonywany pomiar parametrów złoża w wyrobisku górniczym można uznać za obarczony niewielkim błędem, stad

$$S_n^2 = S_{II}^2 \quad [4]$$

i

$$S_{II}^2 = \frac{V_{II}^2 \cdot \bar{m}_{II}^2}{10^2} \quad [5]$$

gdzie:

$\bar{m}_{II}, S_{II}^2, V_{II}$ – odpowiednio miąższość średnia, wariancja i współczynnik zmienności obliczone na podstawie opróbowania kopalnianego.

Podstawiając wyrażenia [3], [4] i [5] do wzoru [2], otrzymujemy wartość błędu oceny miąższości w otworze:

$$S_b = \frac{\sqrt{V_i^2 \bar{m}_i^2 - V_{II}^2 \bar{m}_{II}^2}}{10^2} \quad [6]$$

W powyższym wyrażeniu przyjęto wartości $\bar{m}_i, V_i, \bar{m}_{II}, V_{II}$ dla odległości $d = 500$ m (tab. III), ze względu na fakt, że tyle właśnie wynosi odległość otworów rozpoznawczych.

W tabeli IV zestawiono uzyskane w ten sposób dokładności oceny miąższości węgla w otworach wiertniczych. Dokładność ta waha się w szerokich granicach od $\pm 0,24$ m (pokład 118-J) do $\pm 0,56$ m (pokład 116-J), co odpowiada błędowi względnemu w przedziale od 7 do 32%. Tak duża wartość błędu jest spowodowana prawdopodobnie małym uzyskiem rdzenia.

Jednocześnie odległość krytyczna dla pokładu 118-J wynosi aż 800 m, dla pokładu 116-J zaś tylko 400 m. Wynika stad, że stosowana gęstość sieci rozpoznawczej (500 m) okazała się dla pokładu 118-J prawie dwukrotnie za duża, dla pokładu 116-J zaś za mała.

Przedstawione rozważania stanowią jeden z możliwych punktów wyjścia do dalszych badań nad optymalizacją siatek wiertniczych przy dokumentowaniu złóż węgla kamiennego. Stosowane do tej pory przepisy (6), określające m.in. zagęszczanie wyrobisk rozpoznawczych, są coraz częściej przedmiotem krytyki nie tylko w odniesieniu do złóż węgla kamiennego (4).

LITERATURA

- Nieć M. – Dokładność pomiaru parametrów i określenia zasobów złóż siarki. Kwart. Geol. 1976 nr 4.
- Nieć M. – Metodyka rozpoznawania złóż siarki na potrzeby eksploatacji otworowej. Geologia Zesz. Nauk. AGH 1977 z. 2.
- Nieć M. – Zagadnienie dokładności rozpoznania złóż. Prz. Geol. 1979 nr 12.
- Optymalizacja siatek wiertniczych przy dokumentowaniu złóż surowców stałych. Mat. Konf. Nauk.-Techn. SITG Warszawa 1976.
- Piątkowski J. – Elementarne metody statystyki w rozpoznawaniu złóż kopalin stałych. Skrypt AGH nr 143 Kraków 1969.
- Przepisy o ustalaniu zasobów złóż kopalin stałych. CUG 1964.

SUMMARY

The paper presents an attempt to determine accuracy in evaluating mean thickness of layers in exploratory drillings at the example of selected black coal deposits. It was found that coefficients of variability in thickness, established on the basis of data from exploratory drillings, are higher than those calculated for the same layers on the basis of direct measurements in mining works. Error in estimating mean thickness on the basis of borehole data was also calculated and standard deviation was accepted as its measure. Variability coefficient changes slightly along with artificial widening of network of observation points, rapidly increasing when certain critical distance between the points is reached. The latter distance may be recognized as sufficient for appropriate recognition of thickness of coal layers.