

Grzegorz Miodoński
Kopalnia „Murcki”, Katowice

SPRAWDZALNOŚĆ SPORZĄDZANYCH PROGNOZ UROBKU WĘGLOWEGO O RÓŻNYM UDZIALE SKAŁY PŁONNEJ

Streszczenie. W pracy przedstawiono prognozę wartości wybranych parametrów jakościowych urobku węglowego oraz ich zmienność w zależności od udziału skały płonnej. Określono błąd prognozowania jakości urobku węglowego uzyskiwanego na etapie eksploatacji ścianowej.

VERYFICATION TO MAKE OF PROGNOSIS THE COAL WINNING EXTRACTED ABOUT DIFFERENT SOILING

Summary. The paper examines prognosis value selected quality parameters of coal winning extracted as well as them changeability in dependence from their soiling. Qualified mistake prognose of quality the coal winning extracted pollution on stage exploitation.

1. Wstęp

Prognozy wybranych parametrów złożowych w kopalniach węgla kamiennego sporządza się w oparciu o pobierane próby bruzdowe. W zależności od potrzeb określa się prognozę wybranych wartości bądź przedziału, w jakim jego rzeczywista wartość powinna się mieścić. Z doświadczenia oraz przeprowadzonych badań wynika, iż zastosowanie ogólnie przyjętych zależności nie musi prowadzić do oznaczenia rzeczywistego rozkładu wartości danego parametru [5]. Uzależnione jest to od sposobu pobierania próbek bruzdowych, budowy złoża, zastosowanych wzorów matematycznych oraz uwzględnienia czynników geologiczno-górnictwowych.

Wcześniejsze badania dotyczące metodologii prognozowania rozkładu badanego parametru jakościowego [3,4] wskazują na konieczność uwzględnienia czynników

geologiczno-górnicych z uwagi na błędy, nawet do kilkudziesięciu procent w odniesieniu do wartości rzeczywistych. Po zastosowaniu modyfikacji metod prognostycznych wartość błędu spadała.

Wnioski z przeprowadzonych wcześniej badań w kopalni „Murcki” odnosiły się głównie do metodyki pobierania prób bruzdowych węgla w zależności od budowy pokładu oraz zastosowania uzyskiwanych z nich wyników na drodze analizy elementarnej węgla do skutecznego prognozowania wybranych parametrów jakościowych. Dotyczyły one rozważań nad zmiennością analizowanych parametrów w pokładzie, a także w zastosowaniu do wyrobisk eksploatacyjnych (ścian) w przypadku ich czystego wybierania.

W wyniku prowadzonej eksploatacji wyrobiskami ścianowymi może zaistnieć konieczność tzw. przybierania spągu. Zachodzi ona z różnych przyczyn techniczno-ruchowych lub geologicznych (nieregularne zaleganie pokładu, uskoki itp.). Wówczas urobek podawany na przenośniki taśmowe bezpośrednio za ścianą zanieczyszczony jest skałą płoną. Dodatkowo, między innymi podczas przemieszczania kompleksu zmechanizowanego i opuszczania stropnic sekcji oraz słabozwieszłych skał stropowych może dojść do zanieczyszczenia urobku tymi osadami. Przeprowadzono badania mające na celu zbadanie wpływu ww. czynników na rozkład wybranych parametrów złożowych.

W pracy przedstawiono kolejny etap badań poświęcony sporządzaniu prognozy parametrów jakościowych urobku węglowego w KWK „Murcki”. Określono wpływ kolejnych czynników geologiczno-górnicych na błąd sporządzanej prognozy i zweryfikowano jej sprawdzalność. Zbadano wpływ zanieczyszczenia urobku węglowego skałą płoną na rozkład wybranych parametrów złożowych. W świetle prowadzonych analiz nad przebiegiem krzywych i równań opisujących rozkład wybranych parametrów podjęto próbę zastosowania współczynnika dopasowania dla określonych rozkładów.

2. Metodyka badań

Z eksploatowanych w kopalni „Murcki” pokładów 349 oraz 351 pobrano 10 prób węgla i dwie skały płonnej. Wyżej wymienione pokłady eksploatowane są w różnych rejonach kopalni na różnych głębokościach. Badania podzielono na dwa etapy.

W pierwszym etapie pobrano w odstępie dobowym 5 prób węgla. W pokładzie 349 bezpośrednio z czoła ściany pobrano 2 próby. W pokładzie 351 jedną. Pozostałe dwie pobrano z chodnika w pokładzie 351 oraz losowo z sortowni. Dodatkowo pobrano jedną

próbę skały płonnej z pola, gdzie eksploatowany jest pokład 349. Przed oddaniem próbek do badań laboratoryjnych próby węgla mielono i kwartowano, następnie każdą próbkę dzielono na cztery części, a do trzech z nich dodawano objętościowo odpowiednio 10, 20 i 30% skały płonnej (zawsze tej samej również zmielonej, przesianej przez sito 6 mm i skwartowanej).

Drugi etap przebiegał podobnie, z tą różnicą że skałę dodawaną do badanych próbek węgla pobrano z pola, gdzie eksploatowany jest pokład 351.

Próby z pokładów i chodników pobierane były zgodnie z polską normą, dotyczącą prób bruzdowych.

3. Wartości oczekiwane wybranych parametrów złożowych

W celu określenia prognozowanego rozkładu wybranych parametrów złożowych w zależności od ilości domieszki skały płonnej posłużono się otrzymanymi wynikami analizy technicznej i elementarnej węgla wykonanej na podstawie 10 pobranych próbek węgla i 2 kamienia - tab. 1. Modele i wyniki przedstawiono za pomocą tabel i wykresów.

Przy sporządzaniu prognozy skupiono się na najbardziej istotnych z punktu widzenia wzbogacania węgla parametrach. Określono procentową zawartość popiołu A^a , wartość opałową Q_i^a oraz gęstość przestrzenną q .

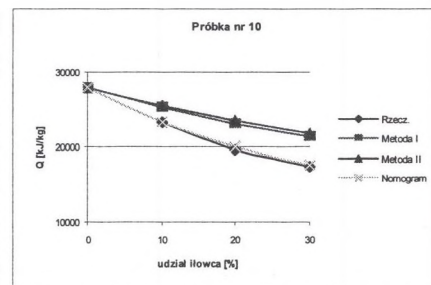
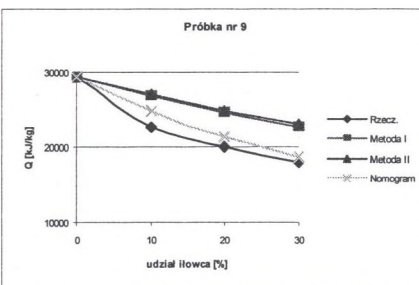
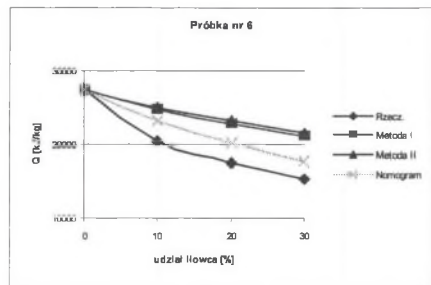
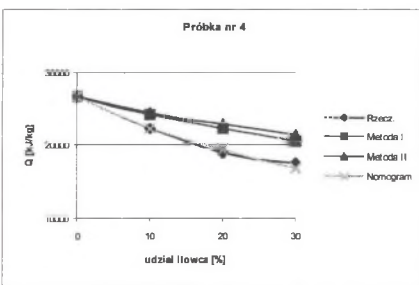
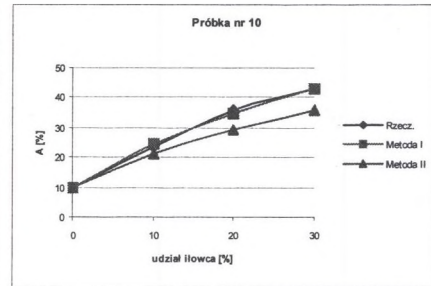
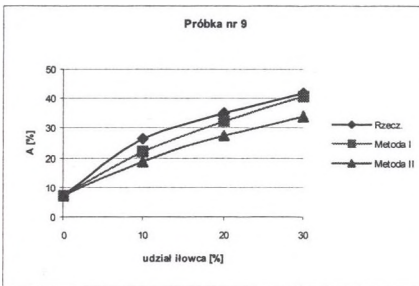
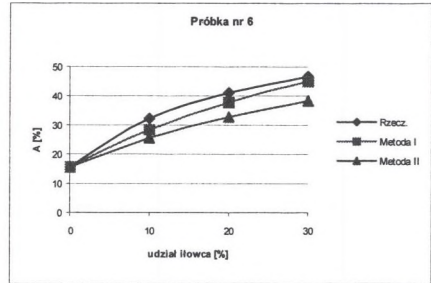
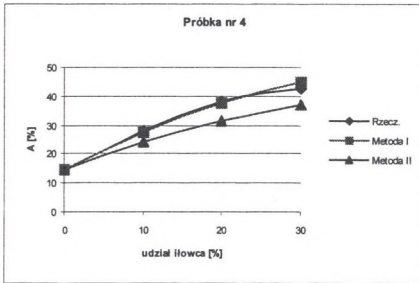
Tabela 1

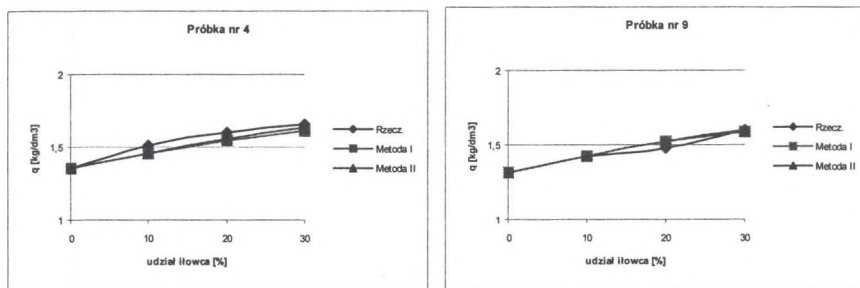
Podstawowe parametry jakościowe w badanych próbkach

Próbka	Zawartość popiołu A^a [%]	Wartość opałowa Q_i^a [kJ/kg]	Gęstość przestrzenna q [kg/dm ³]
<i>Węgiel od P1-P10</i>	6,81 – 15,36; śr. – 10,34	26 556 – 2 9454; śr. – 28 054	1,31 – 1,39; śr. – 1,33
<i>Skała (z pok. 349 iłowiec)</i>	76,20	4 200	2,56
<i>Skała (z pok. 351 iłowiec)</i>	80,81	2 000	2,52

Przewidywaną zawartość popiołu w poszczególnych próbkach określono za pomocą zależności wagowej pomiędzy gęstością przestrzenną węgla i skały płonnej. Dodatkową wagą była również procentowa zawartość mieszanek w próbce. W celach porównawczych zastosowano dwie metody. W pierwszej sporządzono prognozę w oparciu o przyjęte dla skały płonnej wartości: $A = 100\%$ i $q = 2,5$ [kg/dm³] (metoda I). W drugiej posłużono się danymi uzyskanymi w laboratorium - tab. 1 (metoda II).

Zawartość popiołu określono dla trzech przedziałów 10, 20 i 30 % zanieczyszczenia skałą płoną. We wszystkich 10 próbkach można zaobserwować regularny wzrost zawartości popiołu w miarę wzrostu procentowego udziału iłowca. Wyniki przedstawiono w postaci wykresów - rys. 1. Największy przyrost popiołu w przypadku każdego przedziału związany jest z metodą pierwszą, gdzie nie wykorzystano wartości wyznaczonych laboratoryjnie dla dosypywanego materiału.





Metoda I – średniej ważonej

Metoda II – średniej ważonej z przyjętymi dla kamienia wartościami określonymi laboratoryjnie

Rys. 1. Zmienność analizowanych parametrów jakościowych w zależności od procentowego udziału skały płonnej w wybranych próbkach

Fig. 1. Changeability analyses of quality parameters in dependence from proportional part soiling in chosen samples

Mając do dyspozycji wyniki analizy laboratoryjnej z pobranych prób, można określić prawdopodobną wielkość wartości opałowej w badanych próbkach. Analiza rzeczywistej wartości opałowej węgla zanieczyszczonego iłwcem polega na uwzględnieniu istniejącej zależności między wartością opałową węgla, gęstością przestrzenną węgla i skał płonnych oraz stosunkiem skał płonnych do węgla (metoda-nomogram) [3]. Parametry te są podstawą do obliczenia rzeczywistej masy i energii cieplnej węgla. Dodatkowo, w celach porównawczych zastosowano dwie inne metody wyznaczania wartości opałowej, polegające na zależności wagowej, gdzie wagą był procentowy udział węgla i skały płonnej. W pierwszej metodzie przyjęto wartość opałową dla iłowca równą 0, natomiast w drugiej wykorzystano dane uzyskane laboratoryjnie.

Prognozowane wartości analizowanego parametru w badanych próbkach określono podobnie jak dla popiołu w trzech przedziałach 10, 20 i 30 % zanieczyszczenia skałą płonną. We wszystkich 10 próbkach można zaobserwować regularny spadek wartości opałowej w miarę wzrostu udziału iłowca. Wyniki przedstawiono w postaci wykresów - rys. 1. Największy spadek wartości opałowej odnotowuje się w przypadku zastosowania metody-nomogram. Najmniejszy spadek wartości dotyczy wyników otrzymanych metodą średniej ważonej z wykorzystaniem danych otrzymanych laboratoryjnie.

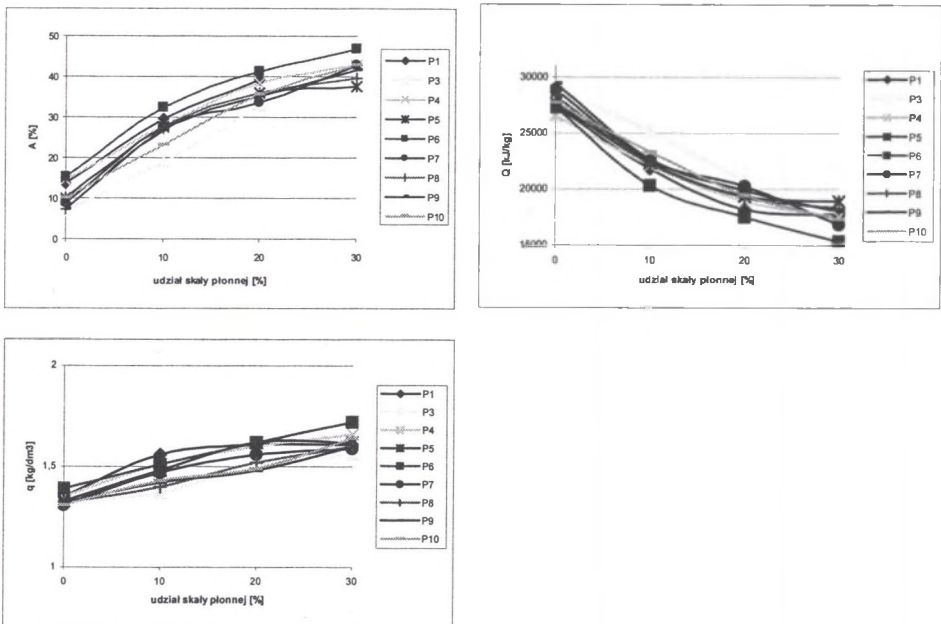
W przypadku rozkładu gęstości przestrzennej w próbkach prognoza wskazuje na stałe zwiększanie się tego parametru w zależności od udziału procentowego iłowca - rys. 1. Do obliczeń zastosowano klasyczną zależność wagową pomiędzy składnikami tworzącymi próbkę. Podobnie jak w przypadku poprzednich obliczeń również tutaj przyjęto dwa sposoby analizy. W jednym posłużono się danymi literaturowymi, dotyczącymi gęstości przestrzennej

iłowca i przyjęto do obliczeń wartość $q = 2,5 \text{ kG/dm}^3$. W drugim wykorzystano dane uzyskane laboratoryjnie.

4. Analiza wyników

4.1. Wartości rzeczywiste wybranych parametrów złożowych

Uzyskane wyniki rzeczywistych zawartości wybranych parametrów w badanych próbkach na drodze analizy laboratoryjnej zestawiono w grupach od 1 do 10. Każda próbka składała się z dodatkowych czterech prób (próbka węgla, węgla z domieszką odpowiednio 10,20 i 30 % iłowca) - tab. 2. Wstępna analiza wyników wykluczyła próbkę nr 2 do dalszych rozważań z uwagi na błąd. Wyniki zestawiono w postaci tabel i wykresów.



Rys. 2. Rzeczywista zawartość popiołu, wartości opałowej oraz ciężaru objętościowego w badanych próbkach w zależności od procentowego udziału skały pionnej

Fig. 2. Real content of ash, calorific value as well as weight volumetric in studied samples in dependence from proportional part soiling

W pierwszym etapie zbadano wpływ miejsca pobrania próbek kamienia na rozkład badanych parametrów. Jak obrazuje rys. 2, rzeczywisty rozkład zawartości popiołu, wartości opałowej oraz gęstości przestrzennej charakteryzuje się podobnym przebiegiem krzywych w zakresie wybranego parametru. Ma to znaczenie dla dalszych prac rozwojowych dotyczących

zanieczyszczenia urobku węglowego na drodze jego odstawy. Pozwala na przyjęcie założenia, iż bez względu na miejsce lokalizacji źródła zanieczyszczenia z dużym prawdopodobieństwem dla otrzymanych wyników można stosować modele opisujące rozkład parametrów złożowych dla całego złoża. Dalsze rozważania prowadzone będą bez podziału na miejsce pobrania próbek.

Tabela 2

Przykładowe zestawienie wyników dla zawartości popiołu w badanych próbkach

Nr próbki	Domieszka ilowca	Rzeczywista zawartość popiołu w badanej próbce [%] A_{rz}^a	Prognozowana zawartość popiołu w badanej próbce [%]	
			Metoda I A_{I}^a	Metoda II A_{II}^a
P1	0%	13,64	-	-
	10%	29,44	27,13	23,61
	20%	39,07	36,98	30,84
	30%	38,47	44,48	36,32
⋮				
P10	0%	9,92	-	-
	10%	23,10	24,36	21,36
	20%	35,71	34,80	29,62
	30%	42,70	42,72	35,86

4.2. Prognozowane wartości w świetle otrzymanych wyników

Prognoza dotycząca zawartości popiołu przewiduje wzrost tego parametru w miarę zwiększonego udziału skały płonnej. Jak obrazuje *rys. 1*, wartości rzeczywiste mają podobną tendencję. Jednak już po kształcie krzywych można się zorientować, iż przyrost w poszczególnych przedziałach procentowych ma odmienny charakter. W przedziale od 0-10% przyrost zawartości popiołu w badanych próbkach jest bardzo wysoki, średnio około 180%. Prognozy przewidują również wysoki wzrost o około 120 i 150% - tab. 3. W kolejnym przedziale następuje mniejszy przyrost zawartości popiołu o kolejne około 40% zarówno w prognozie, jak i rzeczywistym rozkładzie. W próbkach, do których dodano największą ilość skały płonnej w stosunku do poprzednich próbek, następuje najmniejszy przyrost zawartości popiołu o około 15%. Prognoza przewiduje wzrost zawartości popiołu w próbkach w przedziale 20-30% o ponad 20%. Kształt krzywych opisujących rozkład rzeczywisty przybiera formę paraboliczną w stosunku do rozkładów prognostycznych, mających charakter bardziej zbliżony do prostoliniowego. Największe dopasowanie prognozowanych wartości pod

względem dynamiki przyrostu zawartości popiołu wykazuje krzywa opracowana na bazie metody I – średniej ważonej, w której przyjęto do obliczeń zawartość popiołu w skale równą 100%. Różnica jednak pomiędzy wynikami otrzymanymi z dwóch prognostycznych metod jest w tym przypadku spowodowana podstawianiem tylko jednej zmiennej (zawartość popiołu), wynika z zastosowania podobnego wzoru, a nie z dokładności metody.

Wartość opałowa według wyników prognozy powinna wykazywać trend spadkowy w każdym z przypadków. Jak obrazuje rys. 1, zmniejsza się ona w badanych próbkach w miarę wzrostu udziału skały płonnej.

Tabela 3

Charakterystyka zmian wartości wybranych parametrów złożowych
w zależności od procentowego udziału skały płonnej

Przedział	Wzrost zawartości popiołu w badanych próbkach [%]			
	Rzeczywisty	Prognozowany Metoda I	Prognozowany Metoda II	Prognozowany Metoda III
0-10%	95 - 285; śr. - 176 %	84 - 217; śr. - 152	65 - 169; śr. - 118	-
10-20%	23 - 72; śr. - 38	34 - 50; śr. - 43	29 - 45; śr. - 38	-
20-30%	5 - 26; śr. - 15	19 - 25; śr. - 23	17 - 24; śr. - 21	-
Spadek wartości opałowej w badanych próbkach [%]				
0-10%	14 - 26; śr. - 20 %	9	8	15 - 16; śr. - 16 %
10-20%	10 - 17; śr. - 14	8	7 - 8; śr. - 7	13 - 14; śr. - 14
20-30%	2 - 17; śr. - 8	8	6 - 7; śr. - 7	12
Wzrost ciężaru objętościowego w badanych próbkach [%]				
0-10%	3 - 16; śr. - 9 %	7 - 8; śr. - 8	7 - 8; śr. - 8	-
10-20%	3 - 10; śr. - 7	6	6	-
20-30%	0 - 10; śr. - 4	5	5	-

Metoda III - nomogram

W pierwszym przedziale (0-10%) następuje znaczny spadek wartości opałowej, średnio o 20%. Prognozy bazujące na zależności wagowej określiły ten spadek na poziomie tylko 8

i 9%. Jedynie prognoza z wykorzystaniem nomogramu wskazała na spadek w granicach 16% - tab. 3. W kolejnych dwóch przedziałach następuje spadek wartości opałowej odpowiednio o 14 i 8%. W przedziale 10-20% metody wagowe wykazały spadek o kolejne 7 i 8%, natomiast metoda z wykorzystaniem nomogramu o 14%, oddając z dużą dokładnością wartość spadku w tym przedziale. Z kolei, w sytuacji kiedy mamy do czynienia z maksymalną zawartością skały płonnej w badanych próbkach, w miarę dokładnie kolejny spadek określają metody prognostyczne wagowe, zakładając spadek rzędu 7 i 8% przy rzeczywistym średnio około 8%.

Rzeczywista gęstość przestrzenna w badanych próbkach rośnie w miarę udziału skały płonnej. Prognozy wykazały podobną tendencję - rys. 1. W rozkładzie rzeczywistym w pierwszym przedziale obserwuje się największy wzrost o średnio 9%, natomiast w dwóch pozostałych kolejno o 7 i 4%. Prognozowane wartości przedmiotowego parametru przewidują jego wzrost w pierwszym przedziale o około 8%, w następnych kolejno 6 i 5% - tab. 3. Przyrost gęstości przestrzennej wynikający z zastosowania dwóch metod prognostycznych charakteryzuje się podobnym przebiegiem, bardzo zbliżonym do rzeczywistego, szczególnie w dwóch ostatnich przedziałach. Wynika to z faktu, iż zarówno wartość parametru, jak również jego przyrost jest bardzo mały oraz że zastosowane zależności matematyczne są tożsame -zastosowano tylko inne dane.

Z badań wynika, iż w przypadku zawartości popiołu metody prognostyczne w rzeczywistości nie oddają prawdziwego rozkładu tego parametru. Wartości uzyskane dzięki zastosowaniu metody II w każdym przypadku są mniejsze od rzeczywistych. Błąd prognozy w zależności od zawartości skały płonnej wynosi od 8 ÷ 44% - tab. 4. Metoda I wykazuje lepsze dopasowanie otrzymanych wartości. Prognoza wskazuje generalnie na mniejsze wartości od rzeczywistych w przedziałach 10 i 20% (błąd prognozy -12 ÷ 25%). W przedziale 30 o najwyższym udziale skały płonnej przewiduje większe zapozielenie w badanych próbkach (błąd prognozy -11 ÷ 4%).

Tabela 4

Wartości błędu sporządzonej prognozy

Przedział [%]	Przedział błędu dla danych uzyskanych różnymi metodami [%]							
	Metoda I			Metoda II			Metoda III	
	A	Q _i	q	A	Q _i	q	Q _i	
10	-12 ÷ 25	-15 ÷ -5	-5 ÷ 7	8 ÷ 44	-19 ÷ -6	-5 ÷ 7	-12 ÷ 3	
20	1 ÷ 10	-23 ÷ -14	-2 ÷ 6	18 ÷ 31	-24 ÷ -17	-3 ÷ 6	-13 ÷ -1	
30	-11 ÷ 4	-27 ÷ -11	-3 ÷ 4	10 ÷ 23	-29 ÷ -15	-3 ÷ 4	-13 ÷ 8	

W przypadku wartości opałowej uzyskane w wyniku zastosowania metod I i II wyniki nie oddają prawdziwego rozkładu tego parametru - tab. 4. W każdej z badanych próbek wartość opałowa prognozowana jest w dużym stopniu większa od rzeczywistej (błąd odpowiednio $-27 \div -5\%$ i $-29 \div -6\%$). Najbliższe wartości odpowiadające rzeczywistemu rozkładowi przedmiotowego parametru uzyskano dzięki zastosowaniu metody III. Błąd prognozy wynosi tutaj od $-13 \div 8\%$.

Obserwuje się duże dopasowanie prognozowanych wyników gęstości przestrzennej w przypadku zastosowania wszystkich wykorzystanych metod. Błąd prognozy wynosi od $-5 \div 7\%$.

5. Podsumowanie

Jak najwcześniejsza znajomość zmienności parametrów jakościowych urobku węglowego poddawanego przeróbce stanowi podstawę do określania zdolności zakładów przerobczych. Czynniki geologiczno-górnictwa zaistniałe w czasie prowadzonej eksploatacji bezpośrednio w ścianie mają znaczący wpływ na zanieczyszczenie urobku. Określenie wpływu ww. czynników na rozkład badanych parametrów ma istotne znaczenie głównie w kontekście sporządzania ich prognozy.

Z przeprowadzonych badań wynika, iż rzeczywisty rozkład zawartości popiołu, wartości opałowej oraz gęstości przestrzennej charakteryzuje się podobnym przebiegiem krzywych w zakresie wybranego parametru. Bez względu na miejsce lokalizacji źródła zanieczyszczenia można stosować modele, opisujące rozkład parametrów złożowych dla całego złoża. Jak wskazuje analiza, zastosowanie ogólnie przyjętych zależności prognostycznych nie musi prowadzić do oznaczenia rzeczywistego rozkładu danego parametru mimo zastosowania różnych metod prognostycznych. Największe dopasowanie prognozowanych wyników do rzeczywistości wykazują wartości gęstości przestrzennej. W przypadku zastosowania metod prognostycznych w odniesieniu do tego parametru średnia wartość błędu nie przekracza 2%.

Prowadzone są badania określenia tzw. współczynnika dopasowania. Współczynnik ten jest propozycją autora na możliwość jak najdokładniejszego przewidzenia właściwego rozkładu wybranego parametru jakościowego w węglu (urobku węglowym) w zależności od jego zanieczyszczeń. Wielkość współczynnika jest wartością względną i zależy od zastosowanej metody oraz skali zanieczyszczenia.

Na podstawie przeprowadzonych i opisanych wyżej badań określono współczynnik odnoszący się do badanej populacji próbek, który po zastosowaniu pozwolił zmniejszyć

w sposób znaczący błąd wykonanej prognozy. Wyniki przeprowadzonych analiz opublikowane zostaną w kolejnej pracy z uwagi na kontynuację badań, ponieważ dalsze rozważania dotyczą próby określenia współczynnika dopasowania dla wybranych parametrów jakościowych dla kolejnej populacji próbek, tym razem pobieranych codziennie w kopalni „Murcki” od kilku lat.

Otrzymane wyniki z zastosowaniem współczynnika mogłyby stanowić podstawę do obliczeń dalszego zanieczyszczenia urobku na drogach jego odstawy.

LITERATURA

1. Dokumentacja geologiczna złoża węgla kamiennego KWK „Murcki” w Katowicach – praca niepublikowana.
2. Dokumentacja pracy badawczo-rozwojowej, zp GIG 754/83/30. Główny Instytut Górnictwa, Katowice.
3. Miodoński G.: Pronoza jakości urobku z pokładów KWK „Murcki” z uwzględnieniem map jakości oraz ich budowy litologicznej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo z. 257, Gliwice 2003, s. 131-141.
4. Miodoński G.: Problematyka sporządzania prognozy wartości parametrów jakościowych węgla w KWK „Murcki” w świetle przeprowadzonych badań. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo z. 268, Gliwice 2005, s. 153-162.
5. Probiez K. i in.: Monitoring jakości węgla kamiennego od złoża poprzez procesy eksploatacji i przeróbki do produktu handlowego. Monografia, Wyd. Pol. Śl., Gliwice 2003.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Krystian Probiez