

Ocena dokładności prognozowania jakości strugi surowca na przykładzie wieloodkrywkowej kopalni węgla brunatnego

Assessment of the accuracy of forecasting quality of the raw material stream on the example of a multi open pit lignite mine



Dr inż. Wojciech Naworyta^{*}



Dr inż. Zbigniew Jagodziński^{**}

Treść: W artykule poddano ocenie dokładność prognozowania parametrów jakościowych węgla brunatnego w oparciu o wyniki rozpoznania eksploatacyjnego złóż. Porównano wyniki badań parametrów węgla w złożu z pomiarami dostaw węgla w elektrowni. Przedmiotem analiz były średniomiesięczne wartości parametrów – wartość opałowa Q_{ir} , kJ/kg, popielność A_r , %, zawartość siarki całkowitej S_r , % oraz zawartość piasku P_r , % w węglu w stanie surowym, eksploatowanym w czterech odkrywkach KWB Konin w latach 2008÷2010. Zbadano czy obserwowana zmienność parametrów w złożu oraz struktura tej zmienności identyfikowana metodą semiwariogramów ma wpływ na dokładność prognozowania. Mimo dużych wahań wartości parametrów węgla w poszczególnych złożach, w procesie urabiania, transportu i homogenizacji ulegają one znacznemu uśrednieniu. Różnice pomiędzy skrajnymi wartościami parametrów w dostawach do elektrowni są o około 50 % mniejsze niż wynikałoby to z prognoz opartych na badaniach złożowych. Wartości parametrów węgla w dostawach do elektrowni są na ogół wyższe niż wynikające z prognoz opartych na analizach złożowych, co prawdopodobnie jest efektem selektywnej eksploatacji złóż oraz częściowego osuszenia węgla. Najbardziej dokładne prognozy odnoszą się do wartości opałowej Q_{ir} i zawartości siarki w węglu S_r , a najmniej do zawartości piasku w węglu P_r , co ma związek z naturalną zmiennością tych parametrów obserwowaną w warunkach złożowych.

Abstract: The accuracy of forecasting the coal quality parameters has been assessed in this paper. The results of deposit exploration have been compared to the measurement results carried out on the supplied coal in the power plant. The subject of the analysis included the average monthly values of the parameters - calorific value Q_{ir} [kJ/kg], ash content A_r [%] total sulfur content S_r [%] and the sand content P_r [%] in the raw lignite, mined in four open pits of the Lignite Mine Konin during 22 months in years 2008-2010. The impact of natural parameters variability and the variability structure on the prediction accuracy has been evaluated. The results of analyses indicate that, despite fluctuations of the parameters in the single lignite deposit, the mining process, transport and homogenization considerably reduced the fluctuations of lignite parameters. The differences between extreme values of the parameters in deliveries to the power plants are approx. 50% smaller than it would result from the forecast based on measurements conducted directly in the deposit. The values of parameters in the lignite delivered to the power plants are generally higher than those resulting from forecasts based on the deposit analysis, which probably is a result of the partial drying of lignite. The most accurate forecasts relate to the calorific value Q_{ir} and sulfur content S_r , and the least accurate to the sand content in lignite P_r , which is associated with natural variability of these parameters observed in deposits.

Słowa kluczowe:

węgiel brunatny, parametry węgla, sterowanie jakością surowca, zmienność parametrów

Key words:

lignite, lignite parameters, quality control of raw materials, volatility of parameters

^{*}) AGH w Krakowie ^{**}) PAK Kopalnia Węgla Brunatnego Konin S.A.

1. Wprowadzenie

Kopalnia Węgla Brunatnego „Konin” eksploatuje węgiel brunatny metodą odkrywkową. Węgiel wykorzystywany jest do produkcji energii w elektrowniach Pątnów I i II oraz w elektrociepłowni Konin. Złoża konińskie w porównaniu do innych eksploatowanych złóż krajowych mają niewielkie zasoby, dlatego dla zapewnienia odpowiedniego poziomu dostaw kopalnia eksploatuje kilka złóż jednocześnie. Obok odpowiedniej podaży na poziomie wynikającym z mocy zainstalowanych bloków energetycznych konieczne jest utrzymanie relatywnie stałych parametrów węgla dostarczanego do elektrowni [4]. Węgle w złożach konińskich mają zróżnicowane parametry (tabl. 1). Dla utrzymania stałych parametrów strugi surowca na każdym etapie eksploatacji złóż realizuje się program sterowania jakością – od modelowania złoża przez projektowanie wydobycia, eksploatację i transport do homogenizowania na placu składowym. Jednym z ważnych etapów sterowania jakością jest odpowiedni dobór udziału węgla z poszczególnych eksploatowanych złóż. Proporcje dostaw programuje się na podstawie modeli, opracowanych na bazie rozpoznania eksploatacyjnego [5]. O ile z formalnego, górniczego i ekonomicznego punktu widzenia eksploatacja węgla brunatnego w kilku niewielkich odkrywkach jednocześnie jest zadaniem trudnym i skomplikowanym, to jednak dla potrzeb utrzymania stałych parametrów surowca jest to sytuacja korzystna. Sterowanie wydobyciem w kopalniach węgla brunatnego ma swoje ograniczenia. Wynikają one ze zmienności parametrów węgla w złożach, przyjętych kierunków wydobycia, których wybór dokonywany jest z uwzględnieniem wielu innych kryteriów niż tylko sterowanie jakością, a także z ograniczonej mobilności maszyn podstawowych układu KTZ kopalni [3].

Na podstawie danych z rozpoznania eksploatacyjnego, informacji o miesięcznych postępach eksploatacji, zakresie wydobycia i dostawach mas węgla z poszczególnych złóż dokonano analizy dokładności prognozowania jakości wydobywanego węgla. Prognozowane na podstawie rozpoznania eksploatacyjnego parametry węgla wydobywanych w czterech odkrywkach w 22. okresach miesięcznych porównano z parametrami wypadkowej strugi surowca pomierzonymi w elektrowni. W publikacji nie uwzględniono wahań tygodniowych lub dziennych, które ze względu na dużą zmienność węgla w eksploatowanych złożach musiały również występować.

W analizowanym okresie węgiel w KWB „Konin” wydobywany był w czterech odkrywkach: Józwin IIB, Drzewce, Kazimierz Północ oraz Lubstów. W odkrywkach Lubstów i Kazimierz Północ realizowano ostatni etap wydobycia. Transportem kolejowym węgiel był dostarczany do od-

biorców. Całkowita ilość węgla przeznaczona do produkcji energii elektrycznej dostarczana była własnym transportem kolejowym do dwóch elektrowni: Pątnów I (1200 MW) i Pątnów II (474). Załadunek węgla na wagony odbywał się w załadowniach usytuowanych przy odkrywkach O/Lubstów, Drzewce i jednej wspólnej załadowni obsługującej odkrywkę Józwin IIB i Kazimierz Północ. Przy tej ostatniej funkcjonuje plac składowy o pojemności 60 tys. Mg wyposażony w koparko-zwałowarkę, który pełni rolę magazynu węgla i placu uśredniającego. Osobnym transportem kolejowym część węgla kierowana była do elektrociepłowni Konin (198 MW). Nieznaczna część surowca po przesortowaniu sprzedawana była odbiorcom detalicznym (rys. 1). W przedstawionych analizach uwzględniono dostawy węgla do elektrowni Pątnów I i Pątnów II. Udział węgla z poszczególnych złóż w ogólnej ilości surowca kierowanej do głównych odbiorców w analizowanym okresie pokazano na rysunku 2.

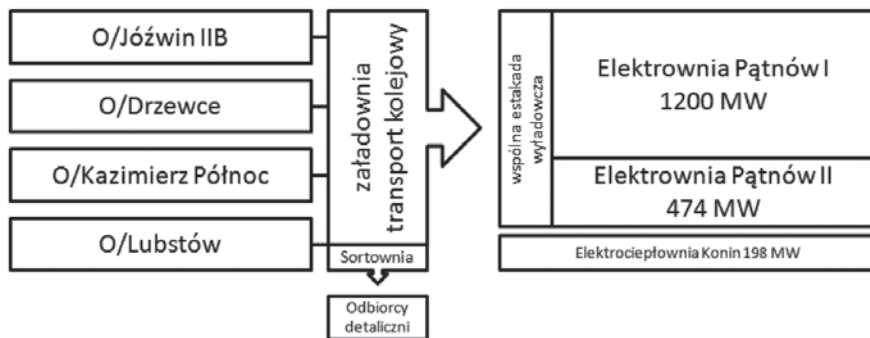
2. Materiał źródłowy

Materiał do analiz stanowiły wyniki badań parametrów jakościowych z otworów rozpoznania eksploatacyjnego. Otwory odwiercane ze stropu pokładu metodą bezrdzeniową rozmieszczone są w regularnej sieci w odstępach około 50 m. Analizuje się miąższość pokładu oraz parametry jakościowe węgla, tj. wartość opałowa węgla w stanie surowym Q_f , kJ/kg, popielność węgla surowego A^r , %, zawartość siarki całkowitej w węglu surowym S^r , % oraz zawartość piasku P^r , %. Wyniki analiz stanowią bazę dla wykonania modelu części złoża, na podstawie którego planuje się zadania dla poszczególnych koparek [5].

Jako materiał porównawczy wykorzystano wyniki analiz parametrów jakościowych łącznej strugi węgla dostarczanego do elektrowni. Parametry węgla z otworów wiertniczych i węgla dostarczanego do elektrowni oznaczane były w jednym laboratorium.

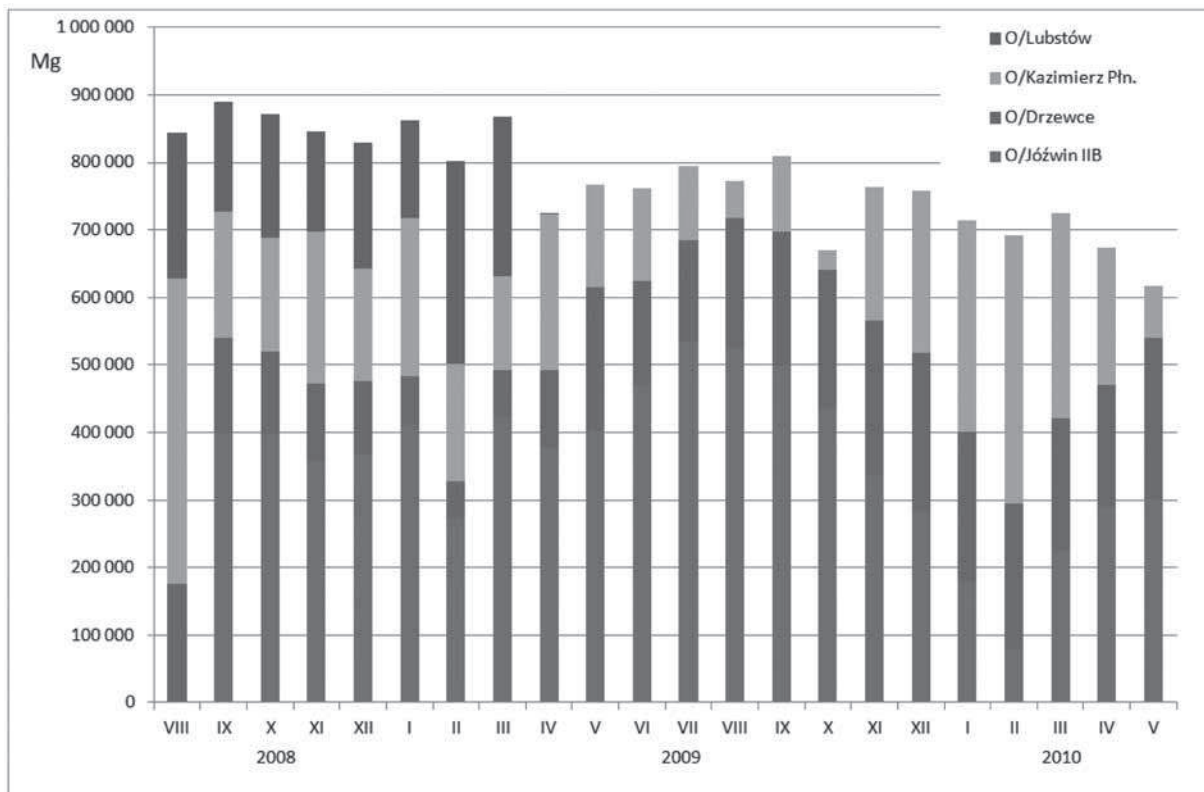
W analizach wykorzystano informacje z 21 otworów rozwierconych na części złoża Lubstów, 248 otworów w O/Kazimierz Północ, 404 otworów z O/Józwin IIB oraz 165 otworów z O/Drzewce Pole Bilczew. Przeanalizowano około 2-letni okres eksploatacji w postępach miesięcznych od 1 sierpnia 2008 do 31 maja 2010 roku.

W celu przypisania otworów rozpoznania eksploatacyjnego do odpowiedniego okresu wydobycia posłużono się granicami rzeczywistych miesięcznych postępów eksploatacji na złożach. Przykład złoża Drzewce z lokalizacją otworów oraz granicami bloków eksploatacji w kolejnych miesiącach pokazano na rysunku 3.



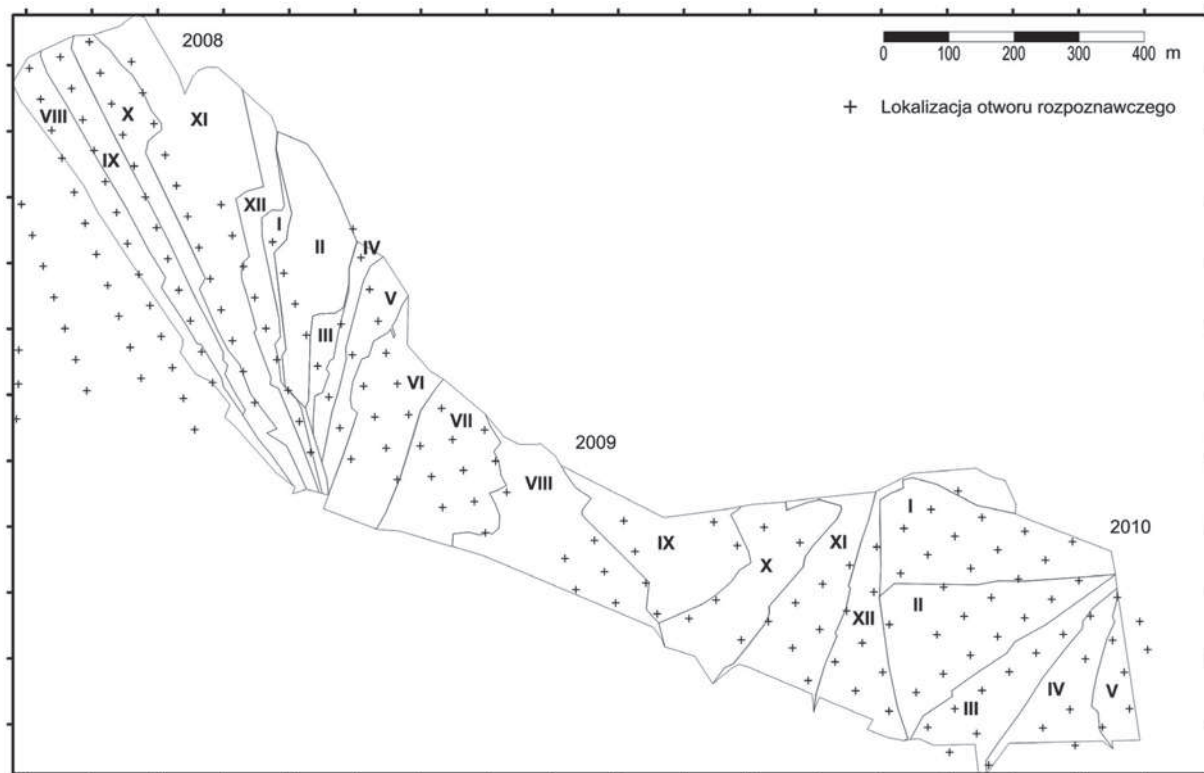
Rys. 1. Kierunki przepływu węgla z kopalni do odbiorców w latach 2008÷2010 (opracowanie własne)

Fig. 1. Flow of lignite stream from open pits to customers in the years 2008÷2010



Rys. 2. Masy węgla [Mg] wydobyte w odkrywkach O/Lubstów, O/Kazimierz Północ, O/Józwin IIB oraz O/Drzewce w okresie od sierpnia 2008 do maja 2010r. dostarczone do elektrowni Pątnów I i II (opracowanie własne)

Fig. 2. Lignite masses [Mg] exploited in outcrops Lubstów, Kazimierz Północ, Józwin IIB and Drzewce from August 2008 to May 2010, delivered to power plants Pątnów I and II



Rys. 3. Lokalizacja otworów rozpoznania eksploatacyjnego na tle granic miesięcznych bloków eksploatacyjnych, przykład złoża Drzewce (opracowanie własne)

Fig. 3. Location of boreholes and borders of monthly operating blocks on the example of the Drzewce deposit

3. Metoda analizy

Na podstawie informacji z otworów eksploatacyjnych w blokach złoża wyznaczonych przez granice miesięcznych postępów eksploatacji obliczono wartości średnie czterech parametrów jakościowych węgla: Q_i^r , kJ/kg, A^r , %, S_i^r , % oraz P^r , %. Uwzględniając udział masy węgla z każdej odkrywki w ilości surowca dostarczanego do elektrowni obliczono średnią ważoną parametrów łącznej masy węgla. Średnie wartości parametrów obliczone na podstawie analizy węgla w złożach porównano ze średniomiesięczną wartością parametrów surowca dostarczanego do elektrowni. Obliczono różnice pomiędzy wynikami.

Na podstawie otrzymanych wyników zbadano czy istnieje zależność pomiędzy naturalną zmiennością parametrów w złożach a dokładnością prognozy jakości węgla. Przyjęto hipotezę, że jeżeli parametr węgla jest mało zmienny oraz wykazuje duży stopień autokorelacji, to na podstawie ograniczonej ilości obserwacji z otworów rozpoznawczych można dokładnie prognozować jakość dostaw węgla. I odwrotnie, jeżeli parametr wykazuje dużą zmienność, a w ogólnej zmienności parametru przeważa udział losowy, to prognoza oparta na obserwacjach będzie mniej dokładna [2]. Zmienność parametrów oszacowano na podstawie wskaźnika zmienności V , %, który jest ilorazem odchylenia standardowego i wartości średniej. Strukturę zmienności parametrów węgla, udział składnika nielosowego w ogólnej zmienności oceniono metodą wariogramów przez oszacowanie wartości liczbowej parametrów tj. zasięgu autokorelacji R , m oraz udział składnika nielosowego U_n , %.

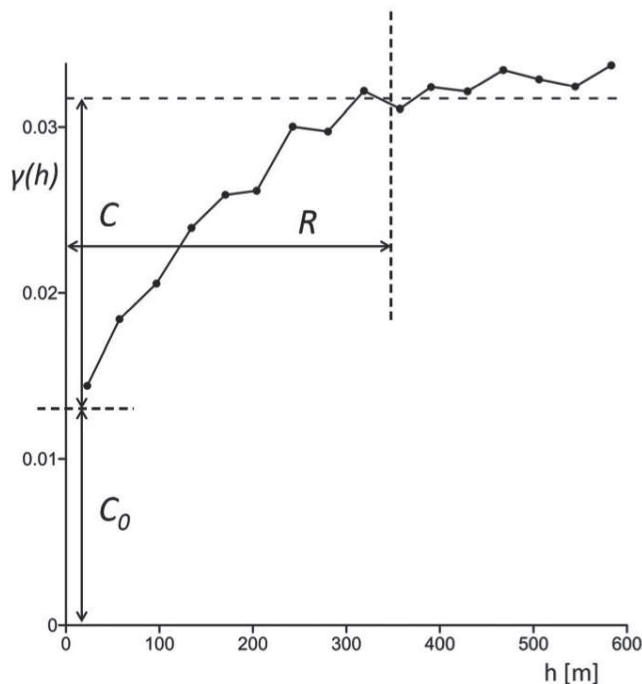
Wariogram jest podstawowym narzędziem analizy geostatystycznej (rys. 4). Wzór zaproponowany przez Matherona [1] ma postać

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N_h} \sum_{i=1}^n (z_{i+h} - z_i)^2 \quad (1)$$

gdzie:

- $\gamma(h)$ wartość wariogramu dla par obserwacji odległych o h ,
- N_h ilość wykorzystanych do obliczenia par obserwacji odległych o h ,
- z_i wartość parametru w pierwszym punkcie pary oraz
- z_{i+h} wartość parametru w drugim punkcie analizowanej pary.

Wariogram $\gamma(h)$ wskazuje, jak średnio różnią się od siebie wartości badanego parametru dla obserwacji oddalonych od siebie o przyjętą odległość h . Cechą większości wariogramów empirycznych jest to, że po osiągnięciu pewnej maksymalnej wartości wraz ze zwiększającą się odległością h zaczynają zbliżać się do wartości odpowiadającej wartości wariancji globalnej oszacowanej na bazie wszystkich znanych wartości w badanym obszarze ($C_0 + C$). Odległość, przy której wariogram osiąga wartość wariancji określana jest mianem zasięgu autokorelacji (R). Pary obserwacji oddalone o $h > R$ są w stosunku do siebie niezależne. Najczęściej pary obserwacji położone blisko siebie statystycznie różnią się mniej niż te, które oddalone są bardziej. Zjawisko to określa się mianem autokorelacji i wskazuje, jak bardzo obserwacje położone w pewnej odległości h są do siebie podobne. Im wyższa wartość wariogramu, tym większa różnica pomiędzy badanymi parametrami czyli mniejsza autokorelacja. Istnienie autokorelacji jest dowodem na udział składnika nielosowego w zmienności badanego parametru złoża. W interpretacji zmienności parametru metodą wariogramu istotną rolę odgrywa wartość tzw.



Rys. 4. Przykładowy wariogram i jego podstawowe cechy: zasięg R , m, wariancja lokalna C_0 i wariancja zmienności przestrzennej C (opracowanie własne)

Fig. 4. Exemplary variogram and its main features: range R , nugget effect C_0 and the variance of the spatial variability C

wariancji lokalnej – C_0 . Jest to wartość wariogramu, która mimo malejącej odległości h jest różna od zera.

$$\lim_{h \rightarrow 0} \gamma(h) \neq 0 \quad (2)$$

Wartość ta nie wynika z pomiaru, lecz jest efektem ekstrapolacji wariogramu w kierunku osi pionowej wykresu. Na wartość wariancji lokalnej wpływa nie tylko naturalna zmienność lokalna parametru, ale również błąd pomiaru. Dla oceny, jaki udział ma zmienność nielosowa w ogólnej zmienności parametru, stosuje się wskaźnik zmienności nielosowej U_n . Jest to stosunek wariancji C do amplitudy semiwariogramu ($C + C_0$) (rys. 4). Im większy jest udział wariancji lokalnej C_0 w zmienności parametru, tym bardziej losowy charakter ma jego zmienność w przestrzeni złoża i tym mniejszą wartość przyjmuje wskaźnik U_n .

4. Wyniki

W tabelicy 1 zestawiono statystyczne cechy węgla z czterech eksploatacyjnych złóż. Opis bazuje na otworach w granicach bloków eksploatacyjnych. Obok średniej arytmetycznej i odchylenia standardowego podano wartości minimalne i maksymalne oraz wartość współczynnika zmienności V , %.

Na rysunku 5 przedstawiono wariogramy ilustrujące charakter zmienności parametrów jakościowych węgla brunatnego w złożach eksploatacyjnych odkrywkami – O/Józwin IIB, O/Kazimierz Północ i O/Drzewce. Ze względu na niewielką liczbę obserwacji (21) nie wykonywano wariogramów dla parametrów złoża Lubstów. Obok każdego wariogramu podano wartość zasięgu autokorelacji R , m oraz wartość wskaźnika U_n , %.

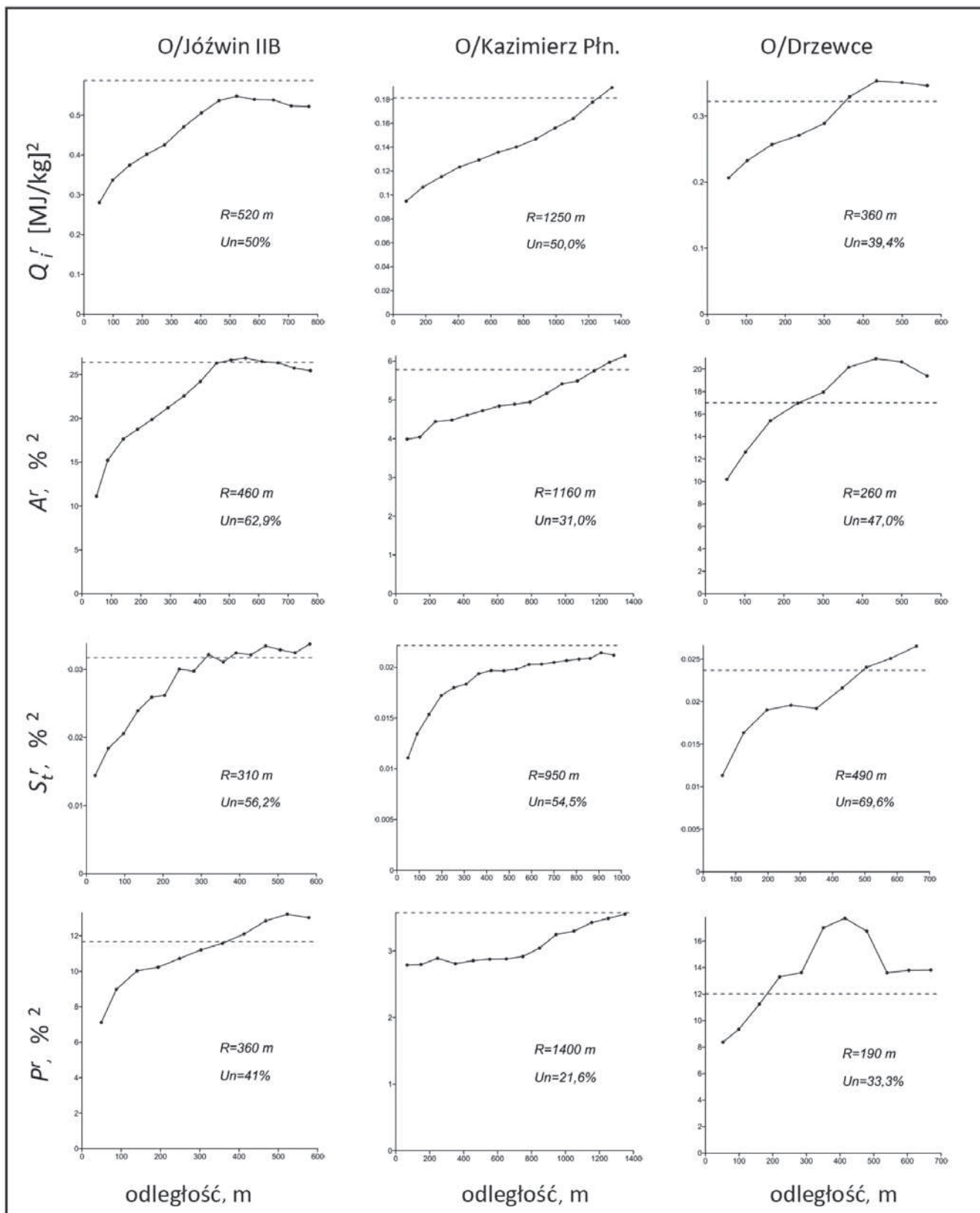
Tablica 1. Charakterystyka statystyczna węgla brunatnego w analizowanych częściach złóż eksploatowanych odkrywkami O/Józwin IIB, O/Drzewce, O/Kazimierz Płn. i O/Lubstów, na podstawie wyników rozpoznania eksploatacyjnego (opracowanie własne)

Table 1. Statistical characteristics of lignite of the parts of deposits operated by outcrops O/Józwin IIB, O/Drzewce, O/Kazimierz Północ and O/Lubstów, based on boreholes

Odkrywka	Parametr	Liczba obserwacji N	Wartość średnia μ	Odchylenie Standardowe s	Współczynnik zmienności $V, \%$	Wartość min.	Wartość maks.
O/Józwin II B	Q_i^r , kJ/kg	404	8895	830	9,3	5044	9942
	A_i^r , %		8,30	5,80	69,9	1,1	32,2
	S_i^r , %		1,11	0,20	18,0	0,02	2,56
	P_i^r , %		2,67	4,31	161	0,30	25,2
O/Drzewce	Q_i^r , kJ/kg	165	8242	646	7,8	6010	9460
	A_i^r , %		6,93	3,87	55,8	4,0	27,0
	S_i^r , %		0,95	0,19	20	0,5	2,11
	P_i^r , %		1,33	1,67	126	0,4	10,3
O/Kazimierz Północ	Q_i^r , kJ/kg	248	9476	414	4,4	7347	10243
	A_i^r , %		6,07	2,34	38,5	3,78	28,3
	S_i^r , %		1,05	0,13	12,4	0,71	1,54
	P_i^r , %		1,20	2,15	179	0,2	25,5
O/Lubstów	Q_i^r , kJ/kg	21	8625	406	4,7	7364	9318
	A_i^r , %		10,99	3,12	28,4	6,8	19,4
	S_i^r , %		0,99	0,24	24,2	0,44	1,4
	P_i^r , %		3,10	2,34	75,5	0,6	9,7
Złóża ogółem	Q_i^r , kJ/kg	838	8931	808	9,1	5044	10243
	A_i^r , %		7,44	4,72	63,5	1,1	32,2
	S_i^r , %		1,07	0,20	19,0	0,02	2,56
	P_i^r , %		1,98	3,39	171	0,2	25,5

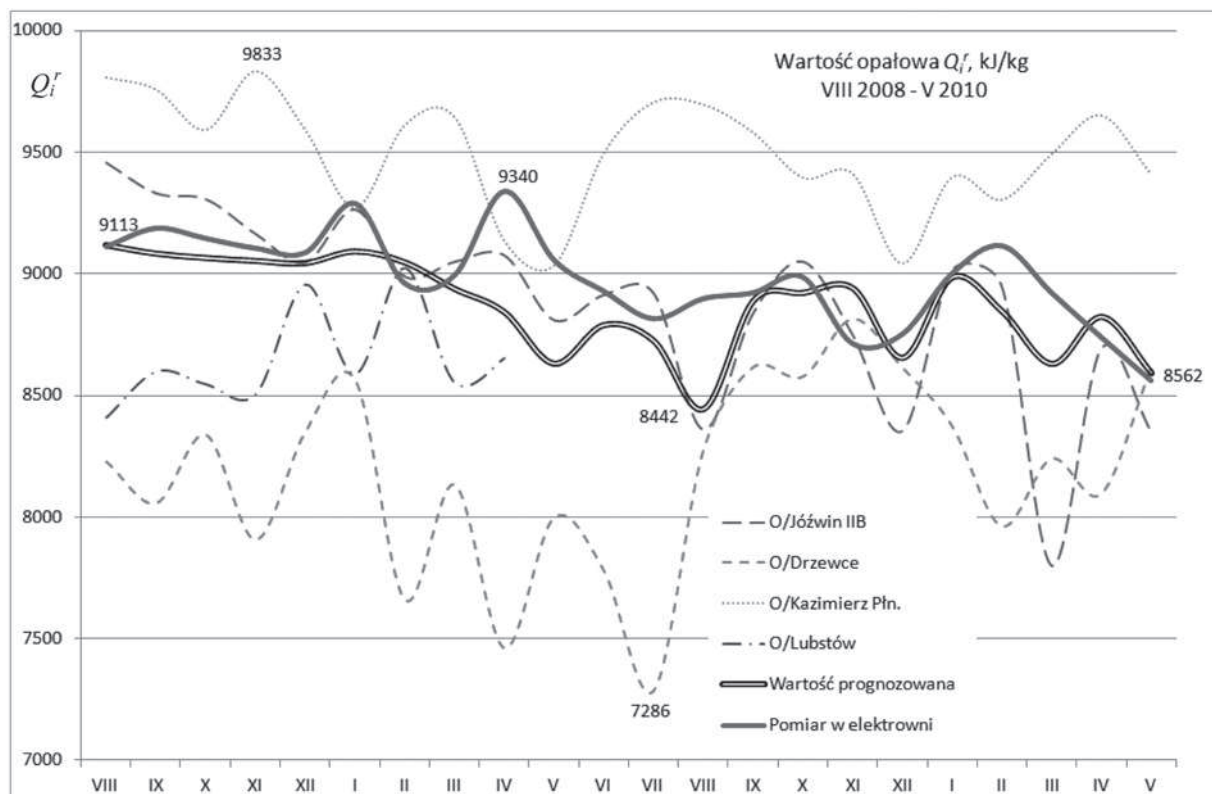
Na rysunkach wynikowych (rys. 6, 7, 8 i 9) zestawiono średniomiesięczne wartości parametrów jakościowych węgla eksploatowanych odkrywkami O/Lubstów, O/Kazimierz Płn., O/Józwin IIB i O/Drzewce w miesięcznych blokach eksploatacyjnych w okresie od sierpnia 2008 do maja 2010 r., prognozowaną średnią ważoną parametrów węgla z eksploatowanych

w danym miesiącu złóż oraz średniomiesięczną wartość parametrów węgla dostarczanego do elektrowni. Na każdym rysunku opisano liczbowe wartości maksymalne i minimalne stwierdzone na konkretnych złóżach oraz w prognozowanej średniej masie węgla ze złóż i w węglu dostarczonym do elektrowni. Wartości te zestawiono w tablicy 2.



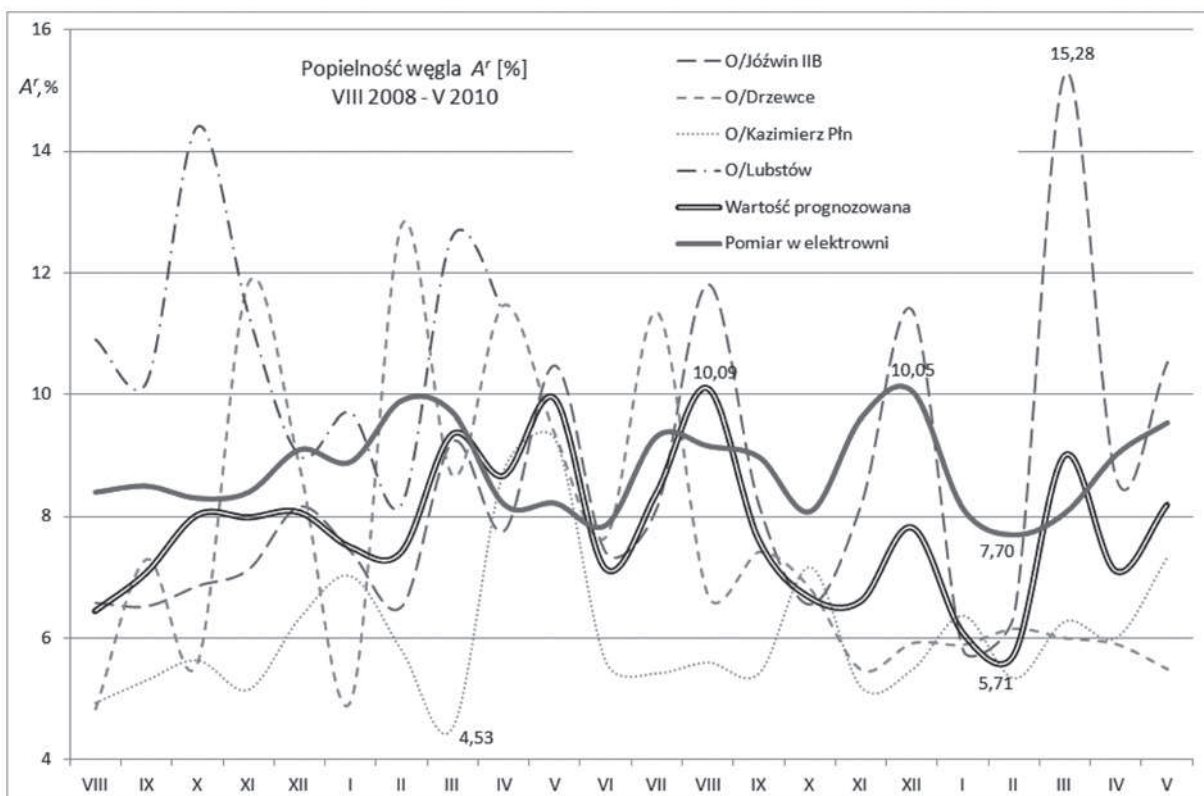
Rys. 5. Wariogramy parametrów jakościowych węgla brunatnego w trzech złożach eksploatowanych odkrywkami O/Józwin IIB, O/Kazimierz Północ i O/Drzewce (opracowanie własne)

Fig. 5. Variograms of lignite quality parameters in three deposits operated by outcrops O/Józwin IIB, O/Kazimierz Północ and O/Drzewce



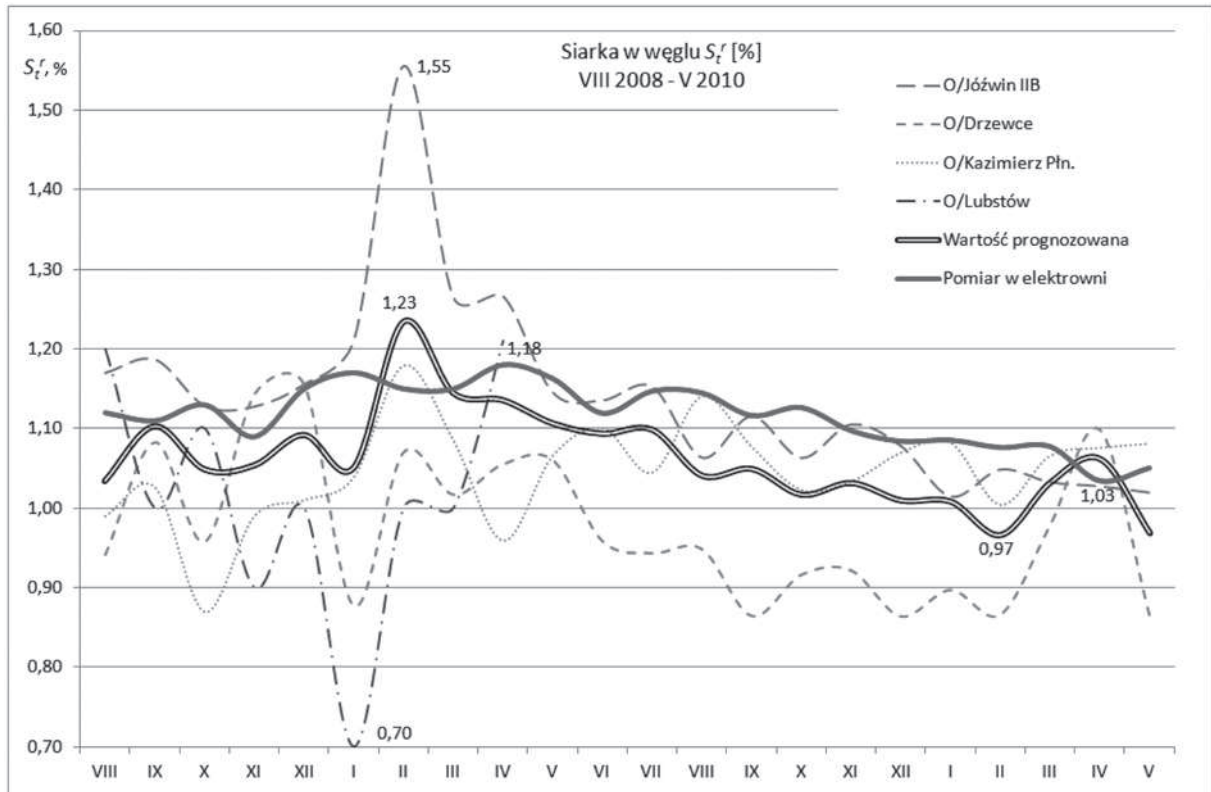
Rys. 6. Średnia wartość opałowa węgla Q_r – w miesięcznych blokach eksploatacyjnych, średniomiesięczna prognozowana ważona wartość opałowa oraz średniomiesięczna wartość opałowa zmierzona w elektrowni (opracowanie własne)

Fig. 6. Calorific value Q_r [kJ/kg] – the monthly average value in operated blocks of deposits, weighted predicted average value and the value measured in the power station



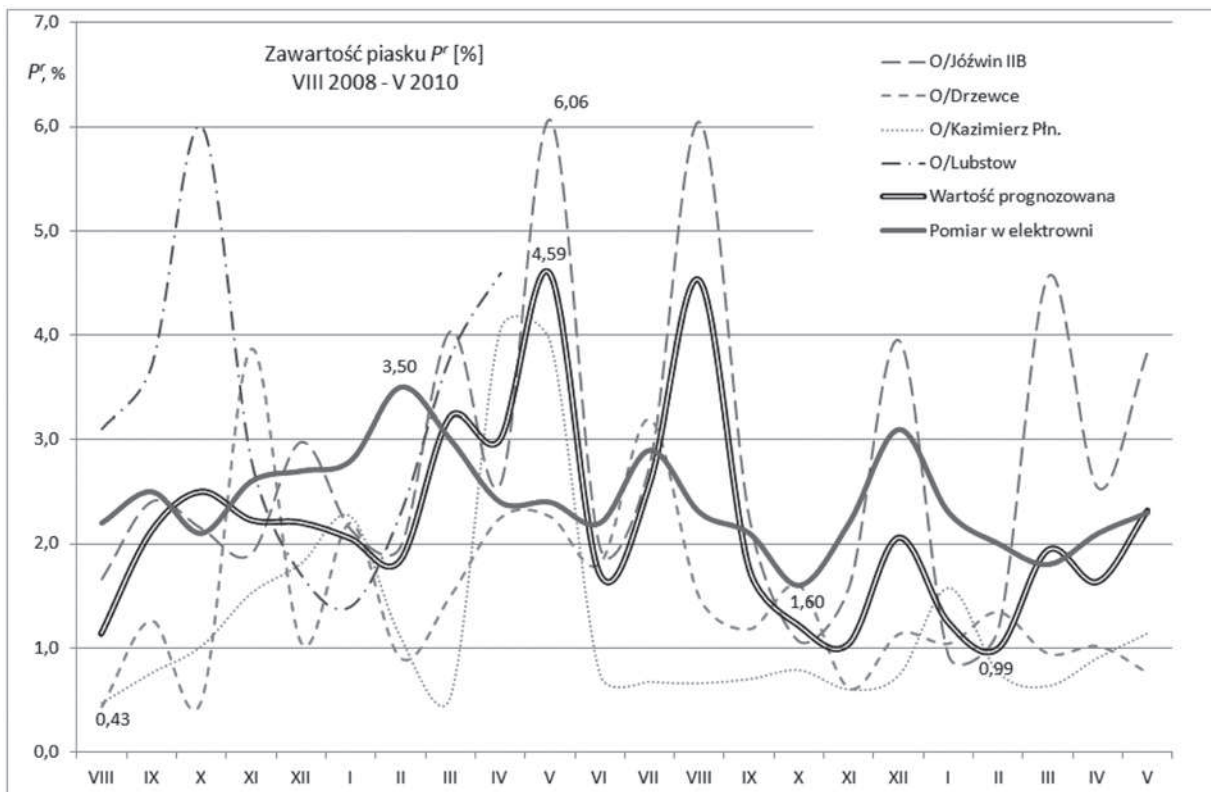
Rys. 7. Popielność węgla A_r – średnia w miesięcznych blokach eksploatacyjnych, prognozowana miesięczna średnia ważona oraz średnia miesięczna zmierzona w elektrowni (opracowanie własne)

Fig. 7. Ash content in lignite A_r [%] – the monthly average value in operated blocks of deposits, weighted predicted average value and the value measured in the power station



Rys. 8. Zawartość siarki w węglu S_f – średnia w miesięcznych blokach eksploatacyjnych, prognozowana średnia miesięczna ważona oraz średnia miesięczna mierzona w elektrowni (opracowanie własne)

Fig. 8. Sulfur content in lignite S_f [%] – the monthly average value in operated blocks of deposits, weighted predicted average value and the value measured in the power station



Rys. 9. Zawartość piasku w węglu P_r – w miesięcznych blokach eksploatacyjnych, prognozowana średnia miesięczna ważona oraz średnia miesięczna mierzona w elektrowni (opracowanie własne)

Fig. 9. Sand content in lignite P_r [%] – the monthly average value in operated blocks of deposits, weighted predicted average value and the value measured in power station.

W tabelicy 2 zestawiono skrajne wartości parametrów węgla obserwowane w poszczególnych złożach, prognozowane wartości skrajne w wypadkowej masie surowca, a także wartości skrajne zmierzone w elektrowni. Podano najmniejsze i największe obserwowane różnice pomiędzy prognozowanymi wartościami na podstawie informacji ze złóż i wartościami pomierzonymi w elektrowni. W ostatniej kolumnie podano różnice pomiędzy obserwowanymi skrajnymi wartościami parametrów. Warto zwrócić uwagę, że najmniejsze różnice, poza wyjątkiem wartości opalowej, obserwowane są w dostawach do elektrowni. Jest to wpływ selektywnej eksploatacji węgla ze złóż oraz homogenizacji węgla w procesie urabiania, transportu i na placu składowym.

5. Wnioski

Na podstawie przedstawionych analiz można sformułować następujące wnioski:

- 1) Parametry analizowanych złóż charakteryzują się zróżnicowaną zmiennością. Najmniej zmienna jest wartość opałowa Q_i^r , której współczynnik zmienności $V_{Q_i^r}$ przyjmuje wartość od 4,4 % w węglu O/Kazimierz Płn. do 9,3 %

- 2) W strukturze zmienności wszystkich parametrów obserwuje się udział składnika nielosowego U_n (rys. 5). Największą wartość tego wskaźnika wykazuje zawartość siarki S_i^r – od 54,5 % w węglu O/Kazimierz Płn. do 69,6 % w węglu złoża Drzewce. Najmniejszą wartość U_n obserwuje się w przypadku zawartości piasku P^r – od 21,6 % w węglu O/Kazimierz Płn. do 41 % w węglu O/Józwin IIB. Zmienność P^r ma charakter najbardziej losowy, co przekłada się na niską dokładność prognozowania zawartości piasku w masie urabianego węgla. Na wysoką wartość wariancji lokalnej C_0 w strukturze tego parametru może mieć wpływ sposób oznaczania parametru w laboratorium. W odróżnieniu od P^r , prognoza zawartości siarki S_i^r cechuje się dużą dokładnością, co można wiązać z dużym udziałem składnika nielosowego U_n i niską wartością wariancji lokalnej C_0 w strukturze tego parametru.

Tablica 2. Skrajne wartości parametrów węgla brunatnego w złożach, w prognozowanej średniej ważonej ze złóż oraz pomierzone w dostawach węgla do elektrowni (opracowanie własne).

Table 2. Extreme values of lignite parameters – in deposits, in the predicted weighted average of total lignite stream and the measured in the lignite delivered to the power station.

Parametr		Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Zakres min. - maks.
Q_i^r , kJ/kg	W złożu	7286/Drzewce	9833/Kazimierz Płn	2547
	Średnia ważona w złożach	8442	9113	671
	Pomiar w elektrowni	8562	9340	778
	Skrajne różnice, %	0,08	5,3	
A^r , %	W złożu	4,53/Kazimierz Płn	15,28/Józwin IIB	10,75
	Średnia ważona w złożach	5,71	10,09	4,38
	Pomiar w elektrowni	7,70	10,05	2,35
	Skrajne różnice, %	3,41	31,38	
S_i^r , %	W złożu	0,70/Lubstów	1,55/Józwin IIB	0,85
	Średnia ważona w złożach	0,97	1,23	0,26
	Pomiar w elektrowni	1,03	1,18	0,15
	Skrajne różnice, %	0,48	10,28	
P^r , %	W złożu	0,43/Drzewce	6,06/Józwin IIB	5,63
	Średnia ważona w złożach	0,99	4,59	3,6
	Pomiar w elektrowni	1,60	3,50	1,9
	Skrajne różnice, %	0,73	96,64	

- 3) Mimo dużego zróżnicowania wartości parametrów w poszczególnych złożach (tabl. 1) w wyniku selektywnej eksploatacji i odpowiedniego doboru proporcji węgla wahania parametrów w łącznej strudze urobku zostały znacznie ograniczone. Największą redukcję osiągnięto w przypadku wartości opałowej Q_i^r : od 2,5 MJ/kg w poszczególnych złożach do 0,67 MJ/kg w wypadkowej masie surowca. Najmniejszą redukcję wahań wartości obserwuje się w przypadku zawartości piasku P^r .
- 4) Krzywe wartości prognozowanej i wartości pomierzonej (rys. 6, 7 i 8) wykazują dużą korelację. Najmniejsze różnice obserwuje się w przypadku wartości opałowej Q_i^r od 0,08 % do 5,3 % i siarki S_i^r [%] od 0,48 % do 10,28 %. Największe różnice obserwuje się dla krzywych piasku P^r od 0,73 % do 96,64 % (rys. 9). W większości przypadków wartości parametrów pomierzonych w elektrowni są wyższe niż prognozowane; poza nielicznymi wyjątkami zjawisko to ma charakter systematyczny. Może mieć to związek z selektywnym wybieraniem złoża jak również z częściową utratą wilgoci w procesie wydobycia, transportu i składowania.
- 5) W krzywych prognozowanych i pomierzonych wartości opałowej Q_i^r jak również w krzywych zawartości siarki S_i^r widoczny jest wyraźny trend spadkowy. Wynika on ze zmieniającej się w długim okresie czasu wartości tych parametrów w eksploatowanych złożach. Trendy te wskazują na ograniczenia sterowania jakością urobku, które wynikają z charakteru złóż, głównych kierunków eksploatacji oraz małej mobilności maszyn podstawowych układu KTZ kopalni.

Praca zrealizowana została w ramach badań statutowych WGiG, AGH, umowa nr 11.11.100.597 w 2015 roku.

Literatura

1. Matheron G., 1962–1963 – Traité de géostatistique appliquée. t. I (1962), s. 334, t. 2 (1963), s. 172, Editions Technip., Paris.
2. Naworyta W.: Analiza zmienności parametrów złożowych węgla brunatnego pod kątem sterowania jakością strumienia urobku, Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t. 24, z. 2/4, 2008, s. 97÷110.
3. Naworyta W., Sypniewski Sz.: O problemie sterowania jakością strugi urobku w kopalniach węgla brunatnego w kontekście właściwego rozpoznania parametrów jakościowych złoża, Górnictwo Odkrywkowe, R. 54, nr 2, 2013, s. 58÷65.
4. Naworyta W., Wasilewska-Błaszczuk M.: Analiza parametrów złoża węgla brunatnego dla potrzeb projektowania elektrowni, Polityka Energetyczna, t. 17, z. 4, 2014, s. 127÷136.
5. Szamalek A.: Informatyzacja i wizualizacja procesu wydobywczego na przykładzie kopalni odkrywkowej KWB „Konin” w Kleczewie S.A [w] Geomatyka górnicza. Praktyczne zastosowania. Monografia pod redakcją A. Dyczko i A. Krawczyka, Wydawnictwo Fundacji dla AGH, Kraków 2011, s. 75÷84.

Serdeczne podziękowania za umożliwienie prowadzenia badań i udostępnienie wyników pomiarów należą się Panu Dr inż. Sławomirowi Mazurkowi – Prezesowi i Wiceprezesowi KWB „Konin” w Kleczewie S.A. w latach 2006÷2014.