

węgiel brunatny, parametry złoża
analiza statystyczna

Ewa JAGÓRA, Jarosława SZWED-LORENZ*

ANALIZA ZMIENNOŚCI GŁÓWNYCH PARAMETRÓW ZŁOŻA WĘGLA BRUNATNEGO BELCHATÓW W ZACHODNIEJ CZĘŚCI POŁA SZCZERCÓW

W artykule przedstawiono wyniki analizy statystycznej wybranych parametrów (miąższość złoża, stosunek N:W, wartość opałowa, zawartość popiołu i siarki całkowitej) złoża węgla brunatnego Belchatów w zachodniej części pola Szczerców. Dokonano oceny zmienności poszczególnych parametrów decydujących o przemysłowej wartości złoża.

1. WSTĘP

Pole Szczerców stanowi zachodnią część złoża węgla brunatnego Belchatów, podzielonego na trzy pola udokumentowane w różnych kategoriach poznania (rys. 1.).

Pole Belchatów – zajmuje środkową część złoża, jest obecnie eksploatowane, wydobyto już ponad połowę zasobów, zakończenie eksploatacji przewiduje się w 2019 r.



Rys. 1. Złoże węgla brunatnego Belchatów (wg Ciuk, 1980)

Fig. 1. Belchatów lignite deposit (after Ciuk, 1980)

* Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, pl. Teatralny 2, 50-051 Wrocław

Pole Kamięńsk – stanowi wschodnią część złoża, zasoby zaliczone do pozabilansowych i niekorzystny stosunek N:W.

Obecnie możemy już mówić o Odkrywce Szczerców gdyż od 2002 roku prowadzone są prace udostępniające złoże, a nadkład składowany jest na zwałowisku zewnętrznym. Znajomość wartości wybranych do analizy parametrów węgla i ich zmienności jest bardzo ważna dla przemysłowej oceny surowca i możliwości jego wykorzystania. Tym ważniejsza im bliższy jest termin rozpoczęcia eksploatacji.

2. BUDOWA GEOLOGICZNA ZŁOŻA

Złoże węgla brunatnego Bełchatów zalega w rowie tektonicznym Kleszczowa o długości około 40 km, szerokości od 1,5 do 3,5 km i głębokości 150 do 350 m. Struktura ta znajduje się w obrębie synklinorium szczecińsko-lódzko-miechowskiego. Budowa geologiczna interesującego nas pola Szczerców jest podobna do budowy geologicznej pola Bełchatów, gdyż jest to część tego samego złoża. W profilu stratygraficznym złoża wyróżniamy osady mezozoiczne i kenozoiczne, a rozgraniczający oba pola wysad solny Dębiny zbudowany jest z osadów paleozoicznych - cechsztyńskich ilów, gipsów i soli kamiennej.

Na obszarze pola Szczerców mezozoik reprezentowany są przez ilaste i węglanowe osady górnej jury i kredy.

Na osadach mezozoicznych zalegają cztery kompleksy trzeciorzędowe: podwęglowy, węglowy, ilasto - węglowy i ilasto - piaszczysty (Kasiński i Piwocki, 1994; Szwed - Lorenz, 2001; Borowicz i in., 1996).

Kompleks podwęglowy o miąższości około 50 m nie jest rozbity na kolejne serie trzeciorzędu i zaliczany jest łącznie do paleocenu, eocenu i oligocenu. Kompleks ten budują odwapnione margle i gezy pojawiające się w brzeźnych partiach rowu oraz zalegające ponad nimi warstwy piasków i mułków z pojedynczymi soczewkami węgla.

Kompleks węglowy (mioceński) można podzielić na dwa subkompleksy: węglowy nieproduktywny i węglowy produktywny.

Subkompleks węglowy nieproduktywny jest zbudowany z osadów limnicznych i bagienno – limnicznych, podrzędnie w rejonach elewacji podłoża mezozoicznego stokowo-wietrzeniowych. Występują tu głównie osady ilaste i mułkowe, często zawęglone z dużą ilością ksyliłów, przewarstwieniami węgla i ilów zawęglonych. Maksymalna miąższość kompleksu wynosi 40 – 45 m.

Subkompleks węglowy – produktywny składa się na większości obszaru z jednej warstwy węgla. Według propozycji klasyfikacji miękkich węgla brunatnych Kwiecińskiej i Wagnera (1997) jest to węgiel ksyloedetrytowy, detroksylytowy i detrytowy z wkładkami węgla ksylytowego. Średnia grubość pokładu węgla wynosi 55 m. Najpłycej zalega on w rejonie zachodnim pola Szczerców, zapadając stopniowo

ku wschodowi, aż do głębokości około 100 m. Przewarstwienia płonne występują w części spągowej oraz w strefach brzeżnych. Są to mułki i ły silnie zawęglone.

Kompleks ilasto-węglowy budują osady limniczne drobnoziarniste i pylaste jak mułki, ły i piaski pylaste, podrzędnie węgiel brunatny i kreda jeziorna. Średnia miąższość tego kompleksu waha się na całym obszarze w granicach 30 – 40 m. Na osadach kompleksu ilasto-węglowego, bądź węglowego zalegają bruki krzemienne (spąg kompleksu ilasto-piaszczystego). Ich obecność stwierdzono również w pewnych strefach na osadach kompleksu podwęglowego bądź bezpośrednio na skałach podłoża mezozoicznego (Frankowski i in., 2005).

Kompleks ilasto-piaszczysty zawarty jest pomiędzy dwoma powierzchniami erozyjnymi w stropie i spągu. Litologicznie dominują osady ilaste oraz kreda jeziorna w części dolnej i środkowej

Osady czwartorzędowe przykrywają kompleksy trzeciorzędowe na całym obszarze pola Szczerców, a ich miąższość średnia wynosi od 40 do 80 m. Miejscami zalegają one bezpośrednio na podłożu mezozoicznym. Plejstocen reprezentują piaski, piaski ze żwirem, osady jeziorne i bagienne oraz gliny zwałowe. Holocen stwierdzono tylko w obniżeniach terenu. W dolinach rzek są to piaski, mady rzeczne i niekiedy torfy; na wzniesieniach piaski wydmowe.

Na polu Szczerców podobnie jak i na polu Bełchatów dominującym elementem strukturalnym jest uskok południowy (Gotowała, 1994). Jego krawędź w rejonie zachodnim sięga na głębokość 70 – 100 m. Uskok północny można wyraźnie zidentyfikować w rejonie wkopu udostępniającego, w kierunku wschodnim staje się on nieczytelny. Tektoniczne deformacje podłoża mezozoicznego mają znaczący wpływ na zaleganie i deformacje osadów trzeciorzędowych a więc i pokładu węgla. Intensywne deformacje można zaobserwować przy uskoku południowym, ale szczególnie ich nasilenie występuje w rejonie wysadu solnego, gdzie pokład ustawiony jest prawie pionowo i można to uznać za wychodnię na głębokości 5 – 6 m pod powierzchnią terenu. W utworach czwartorzędowych stwierdzono liczne zaburzenia glacitektoniczne oraz osuwiskowe.

3.ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Przez zmienność złoża kopaliny użytecznej rozumiemy zróżnicowanie wartości jego parametrów w poszczególnych punktach przestrzeni złożowej. Praktycznie są to punkty rozpoznawcze tj. miejsca pomiarów danych parametrów lub miejsca pobrania prób w celu określenia jego właściwości jakościowych.

Zmienność poszczególnych parametrów złoża ilościowo opisuje się najczęściej za pomocą współczynnika zmienności V . Współczynnik zmienności jest to iloraz odchylenia standardowego i średniej arytmetycznej (Nieć, 1982) Ocenę zmienności wybranych parametrów złożowych (miąższość złoża, stosunek N:W, wartość opałowa

Q_i^r siarka całkowita S_t^d zawartość popiołu A^d) wykonano na podstawie wyników analizy statystycznej. Analizie statystycznej poddano 3826 wyników z 134 otworów wiertniczych zawartych w Bazie Danych Geologicznych. Dla utworzonych zbiorów poszczególnych parametrów wyliczono średnią arytmetyczną (X), wartość modalną (Mo), medianę (Me), odchylenie standardowe (S), współczynnik zmienności (V), wartość minimalną (X_{min}) i maksymalną (X_{max}) oraz wykonano histogramy rozkładów wybranych parametrów w celu graficznego przedstawienia ich zmienności (Rys.2-6). Rozkłady poszczególnych parametrów pokazują częstość występowania danego parametru w poszczególnych klasach wartości.

Tabela 1
Zestawienie zmienności poszczególnych parametrów węgla w zachodniej części Pola „Szczerców”

Zmienność	Parametr węgla	Współczynnik zmienności V [%]
duża	N : W	78,54
	Miąższość	44,63
przeciętna	S_t^d	29,94
	A^d	20,59
mała	Q_i^r	12,02

Oprócz zmienności w poziomym rozprzestrzenieniu zawartości parametrów złożowych wykonano również dla A^d , Q_i^r , S_t^d ich zmienność w profilach pionowych. Przeanalizowano 3 otwory wiertnicze usytuowane na linii przekroju geologicznego 18WE, który przebiega z zachodu na wschód a więc w kierunku posuwania się frontu eksploatacyjnego (rys. 7-15).

4. ANALIZA ZMIENNOŚCI WYBRANYCH PARAMETRÓW ZŁOŻA

Wyniki analizy statystycznej wybranych parametrów złoża w zachodniej części pola Szczerców zestawiono w tabeli 2.

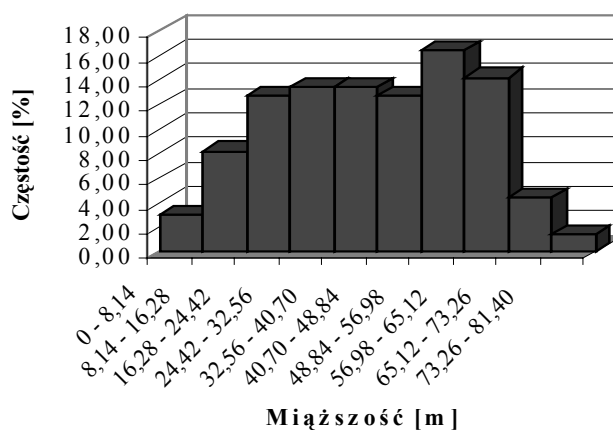
Analizując rozkład miąższości węgla (rys. 2.) można stwierdzić, że większość obserwacji mieści się aż w sześciu klasach o łącznym przedziale 16,28 - 65,12m i są one dosyć równomiernie obsadzone. Najwięcej obserwacji (17 %) skupia przedział od 48,84 – 56,98, a najmniej klasa 73,26 – 81,40. Histogram ma wielomodalny charakter, co świadczy o zróżnicowaniu tego parametru w złożu.

Stosunek nadkładu do złoża (N:W) wyróżnia się największym współczynnikiem zmienności - 78,54% na tle innych analizowanych parametrów (rys. 3.) Najbardziej frekwentną klasą zawierającą najwięcej obserwacji (50 %) jest klasa 1,68 – 3,36,

a cały rozkład ma wyraźną skośność dodatnią, co dowodzi, że mimo dużej wartości V rozkład N:W jest dla tej części złoża korzystny (rys. 3.).

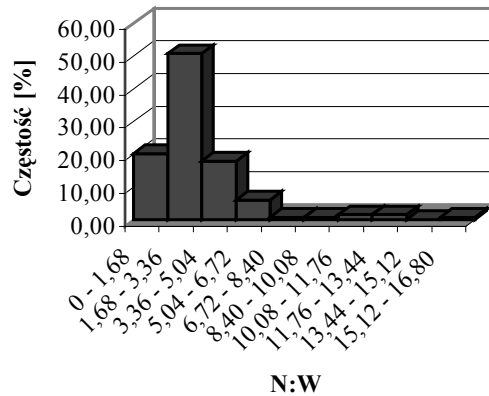
Tabela 2
Wyniki analizy statystycznej wybranych parametrów złoża w zachodniej części pola Szczerców

Parametry węgla Dane statystyczne	A^d [%]	Q_i^r [MJ/kg]	S_t^d [%]	N:W	Miąższość [m]
\bar{X}	29,35	7,42	2,61	3,09	39,98
Mo	26,84	7,90	2,47	2,52	*
Me	28,28	7,52	2,42	2,31	39,95
S	6,04	0,89	0,78	2,42	17,84
V	20,59	12,02	29,94	78,54	44,63
X_{\min}	19,76	5,11	1,09	0,76	6,80
X_{\max}	48,72	9,29	5,50	16,79	81,40

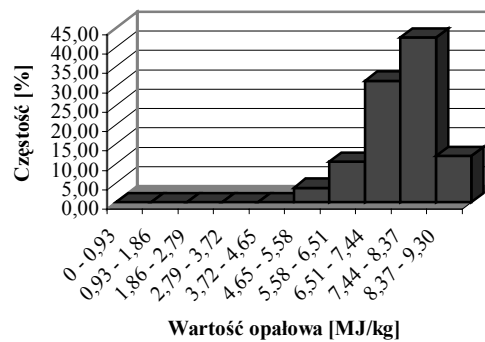


Rys. 2. Rozkład miąższości w pokładzie węgla w zachodniej części pola Szczerców
Fig. 2. Seam thickness distribution in western part of Szczerców mining field

W przypadku wartości opałowej współczynnik zmienności ma wartość 12,02 %, co wskazuje na małą zmienność tego parametru, ze względu na mały rozrzut wartości (od 5,11 MJ/kg do 9,29 MJ/kg). Jak wynika z histogramu (rys. 4.) najbardziej frekwentne klasy to 6,51 – 7,44MJ/kg oraz 7,44 – 8,37MJ/kg, skupiają one 73,9 % obserwacji. Rozkład wartości opałowej cechuje się skośnością ujemną, gdyż wartość modalna jest większa od wartości średniej (7,42).

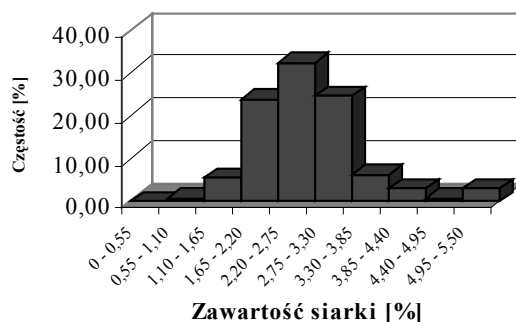


Rys. 3. Rozkład N:W w zachodniej części pola Szczerców
 Fig. 3. Overburden/lignite ratio in western part of Szczerców mining field



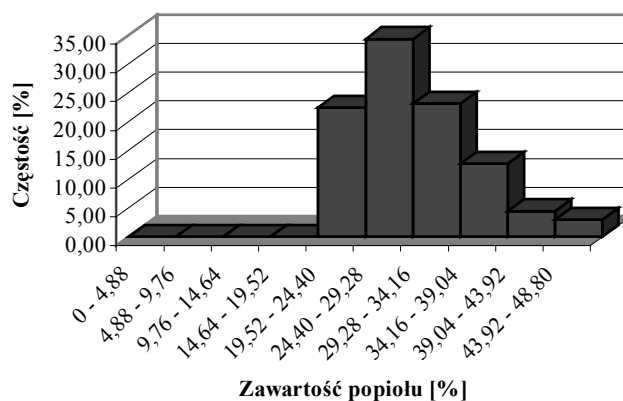
Rys. 4. Rozkład wartości opałowej w pokładzie węgla w zachodniej części pola Szczerców
 Fig. 4. Calorific value distribution of lignite seam in western part of Szczerców mining field

Zawartość siarki całkowitej (S_t^d) w złożu wykazuje przeciętną zmienność – współczynnik zmienności (V) wynosi 29,94 %. Histogram rozkładu tego parametru wykazuje duży rozrzut obserwacji (rys. 5.). Najbardziej liczna klasa skupiająca 42% obserwacji to przedział między 2,20 – 2,75 %, w którym mieści się średnia zawartość siarki całkowitej w węglu tej części pola Szczerców (2,61 %). Liczne są również klasy w przedziałach 1,65 – 2,20 % i 2,75 – 3,30 %. Wszystko to wskazuje na fakt dużego zasiarczenia tego węgla (Borowicz i Frankowski, 2004).



Rys. 5. Rozkład zawartości siarki całkowitej w pokładzie węgla w zachodniej części pola Szczerców
Fig. 5. Total sulphur content distribution in lignite seam in western part of Szczerców mining field

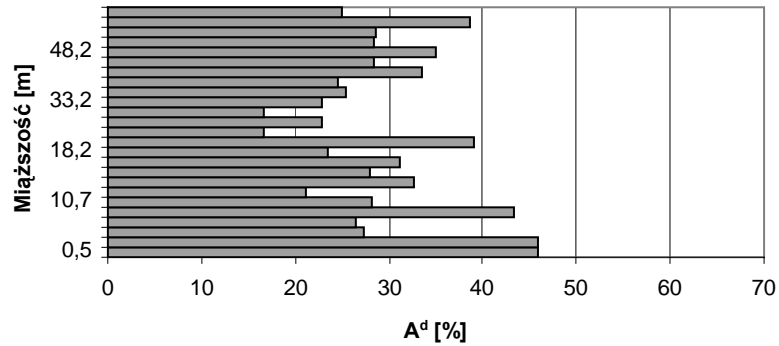
Wyliczony współczynnik zmienności dla popielności badanego węgla (A^d) wynoszący 20,59 % wskazuje na przeciętną zmienność tego parametru. Minimalna zawartość A^d wynosi 19,76 %, maksymalna – 48,76 %, a średnia 29,35 %. Wartości te dowodzą, że w zachodniej części pola Szczerców występuje duże zapozielenie. Najbardziej frekwentna klasa to przedział 24,40 – 29,28 % skupiająca 34,33 % obserwacji. Histogram jest jednomodalny o skośności dodatniej (rys. 6.).



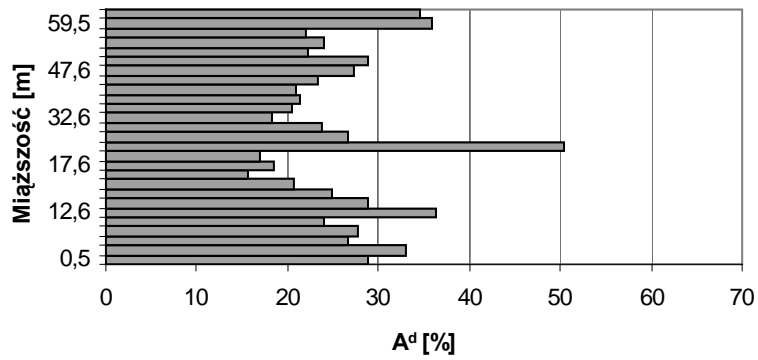
Rys. 6. Rozkład zawartości popiołu w pokładzie węgla w zachodniej części pola Szczerców
Fig. 6. Ash content distribution in lignite seam in western part of Szczerców mining field

Analiza histogramów głównych parametrów węgla w profilach pionowych pozwoliła na przedstawienie następujących stwierdzeń:

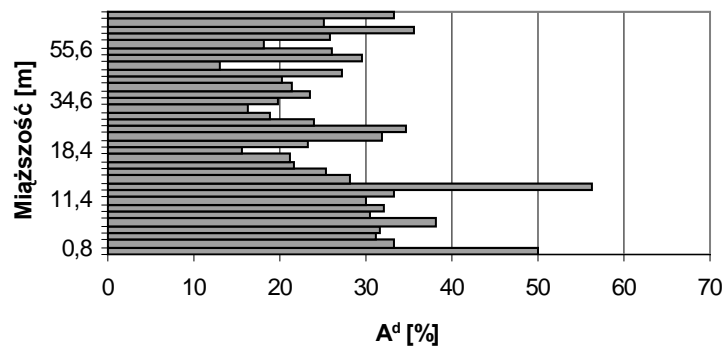
- Największą zmienność w otworach rozmieszczonych wzdłuż profilu 18WE wykazuje zawartość popiołu (A^d), co wiąże się z występowaniem przerostów płonnych w pokładzie (rys.7., 8., 9.).



Rys. 7. Rozkład zawartości popiołu w profilu pionowym dla otworu 23/18
Fig. 7. Vertical ash content distribution in 23/18 borehole

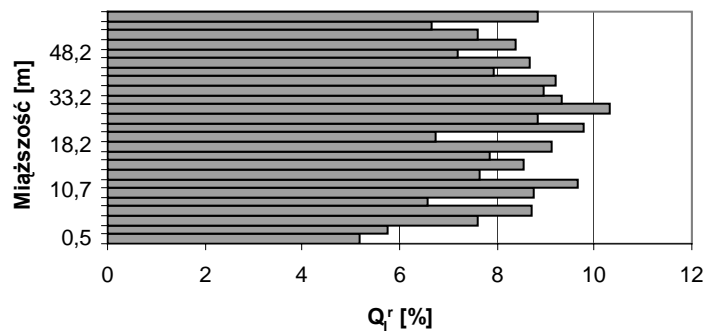


Rys. 8. Rozkład zawartości popiołu w profilu pionowym dla otworu 25/18
Fig. 8. Vertical ash content distribution in 25/18 borehole

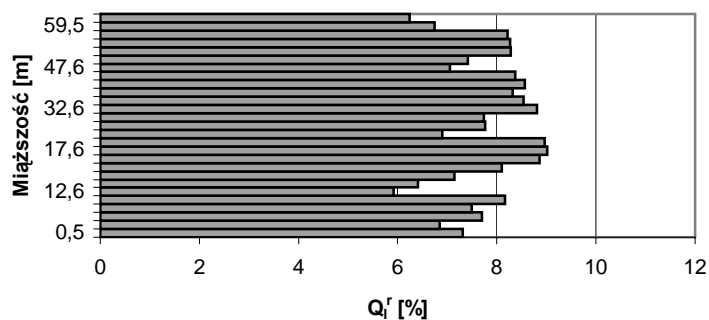


Rys. 9. Rozkład zawartości popiołu w profilu pionowym dla otworu 26/18
Fig. 9. Vertical ash content distribution in 26/18 borehole

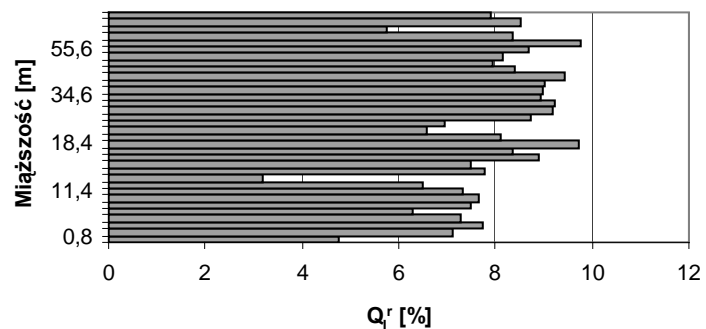
- Mało zróżnicowany jest rozkład wartości opałowej (Q_r^f) co wyraźnie pokazują rysunki 10, 11 i 12.



Rys.10. Rozkład wartości opałowej w profilu pionowym dla otworu 23/18
Fig. 10. Vertical calorific value distribution in 23/18 borehole

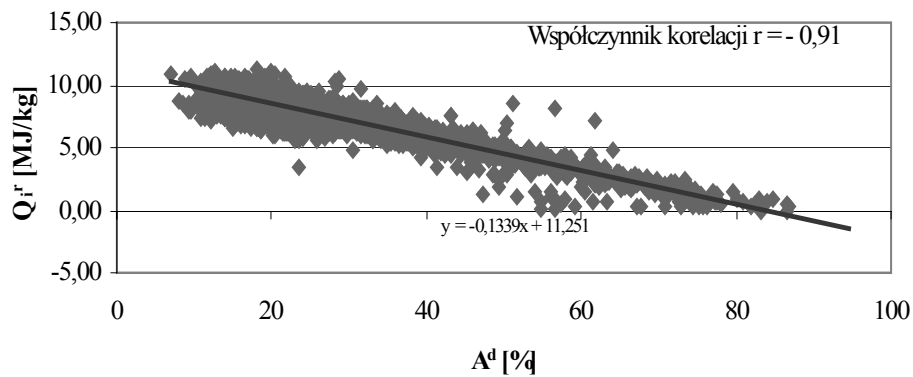


Rys. 11. Rozkład wartości opałowej w profilu pionowym dla otworu 25/18
Fig. 11. Vertical calorific value distribution in 25/18 borehole



Rys. 12. Rozkład wartości opałowej w profilu pionowym dla otworu 26/18
Fig. 12. Vertical calorific value distribution in 26/18 borehole

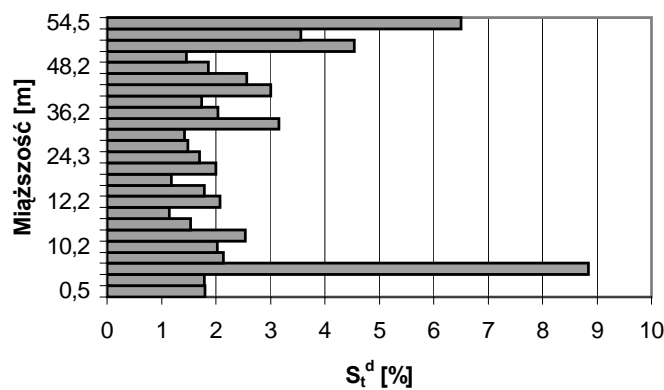
- Korelację między wartością opałową a zawartością popiołu przedstawiono na rys. 13. Współczynnik korelacji r wynosi $-0,91$ i wskazuje na odwrotne silne skorelowanie między tymi parametrami.



Rys. 13. Korelacja pomiędzy wartością opałową Q_i^r a zawartością popiołu A^d

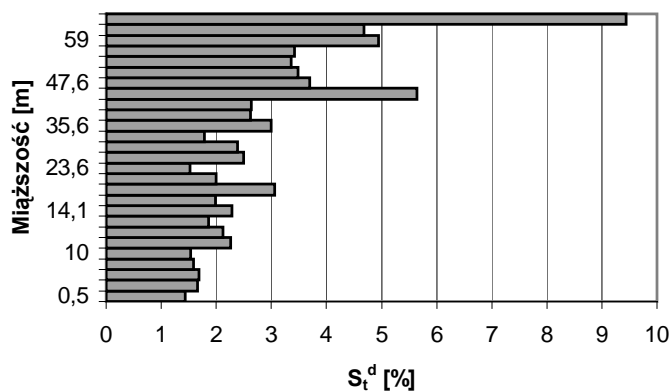
Fig. 13. Correlation between calorific value Q_i^r and ash content A^d

- Rozkład zawartości siarki wykazuje wyraźną zmienność i tendencję malejącą ku spągowi z wyjątkiem jednej warstewki w otw.23/18. (Rys.14.,15.,16.). Szereg anomalnych zawartości siarki przekraczających 5,0 %, nie można powiązać z przerostami płonymi. Należy więc przypuszczać, że wiąże się to z obecnością siarki w materiale wyjściowym bądź późniejszymi procesami diagenetycznymi, wietrzeniem czy krążeniem wód.

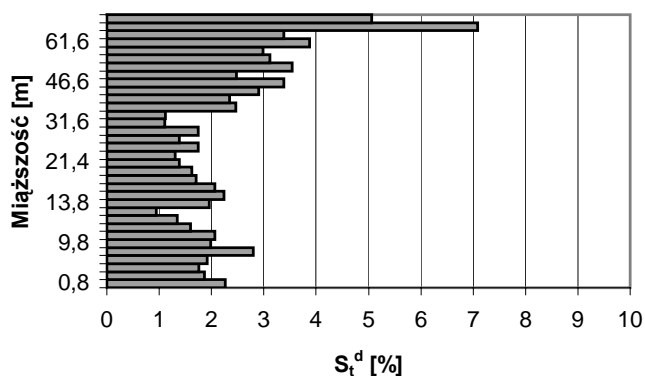


Rys. 14. Rozkład siarki całkowitej w profilu pionowym dla otworu 23/18

Fig. 14. Vertical total sulphur content distribution in 23/18 borehole



Rys.15. Rozkład siarki całkowitej w profilu pionowym dla otworu 25/18
 Fig. 15. Vertical total sulphur content distribution in 25/18 borehole



Rys.16. Rozkład siarki całkowitej w profilu pionowym dla otworu 26/18
 Fig. 16. Vertical total sulphur content distribution in 26/18 borehole

5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzoną analizę statystyczną głównych parametrów węgla brunatnego z zachodniej części pola Szczerców można podsumować następująco:

- Zmienność głównych parametrów węgla tj. miąższości, stosunku N:W, wartości opalowej (Q_i^r), popielności (A^d) i zawartości siarki całkowitej (S_t^d) oceniana na podstawie wskaźnika zmienności wykazuje zróżnicowanie zmienności od małej do dużej:
 - zmienność mała - Q_i^r
 - zmienność przeciętna - S_t^d , A^d
 - zmienność duża - N:W, miąższość
- Stwierdzono wyraźną i oczywistą korelację między Q_i^r i A^d .

3. Węgiel z zachodniej części pola Szczerców jest wysoko zasiarczony ($S_t^d = 2,61 \%$). Średnia zawartość popiołu (A^d) jest duża i wynosi 29,3 %. Wartość opałowa $Q_t^r = 7,42 \text{ MJ/kg}$ jest niska w porównaniu z polem Bełchatów i wschodnim rejonem pola Szczerców, gdzie wynosi 8,8 MJ/kg.
4. Parametry technologiczne węgla brunatnego w znacznym stopniu uzależnione są od miąższości pokładu węgla i występujących w nim przerostów. W tej części złoża ma najmniejszą miąższość i największe przerosty.
5. W początkowym okresie eksploatacji kopalnia Szczerców będzie najprawdopodobniej zmuszona do mieszania węgla z węglem o lepszej jakości z kopalni Bełchatów, aby spełnić wymagania stawiane przez elektrownie.

LITERATURA

- BOROWICZ A., SPECYLAŁ-SKRZYPECKA J., ŚLUSARCZYK G., KAWALEC W., *Wstępna ocena złoża węgla brunatnego Bełchatów – Pole Szczerców, przy użyciu techniki komputerowej*. Gór. Odkryw. Nr 3/1996.
- BOROWICZ A., FRANKOWSKI R., *Ocena zawartości siarki całkowitej w procesie dokumentowania złoża węgla brunatnego Bełchatów – Szczerców*. Gór. Odkryw. Nr 3-4/2004.
- CIUK E., *Tektonika rowu Kleszczowa i jej wpływ na warunki powstania złoża węgla brunatnego*. Przewodnik LII zjazdu PTG. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 1980.
- CZARNECKI L., FRANKOWSKI R., ŚLUSARCZYK G., *Syntetyczny profil stratygraficzny rejonu złoża „Bełchatów” dla potrzeb Bazy Danych Geologicznych*. Gór. Odkryw. Nr 3-4/1992.
- FRANKOWSKI R., GADEK A., BEDNARZ A., BOROWICZ A., SPECYLAŁ-SKRZYPECKA J., ŚLUSARCZYK G., *Geologiczno-górnictwo warunki zalegania bruków krzemionych w O/Szczerców*. Gór. Odkryw. Nr 2/2005.
- GOTOWAŁA R., *Modele tektoniki rowu Kleszczowa, interpretacja danych z wykorzystaniem metod komputerowych*. Mat. Konf. Nauk. Techn. Tektonika rowu Kleszczowa, Bełchatów 20-21.10.1994.
- KASINSKI J.R., PIWOCKI M., *Nowy model asocjacji brunatno-węglowej w rowie Kleszczowa (złoża Bełchatów)*. XVIII Sympozjum: Geologia Formacji Węglonośnych Polski. Wyd. AGH, Kraków 1994.
- KWIECIŃSKA B., WAGNER M., *Typizacja cech jakościowych węgla brunatnego z krajowych złóż według kryteriów petrograficznych i chemiczno-technologicznych dla celów dokumentacji geologicznej złóż oraz obsługi kopalni*. Wyd. Centrum PPGSMiE, Kraków 1994.
- NIEĆ M., *Geologia kopalniana*, Wyd. Geol. Warszawa 1982.
- SZWED-LORENZ J., *Studium zmienności petrologicznej II dolnomiocenckiego pokładu węglowego w Polsce*, Prace Nauk. Inst. Gór. Polit. Wr. Seria: Monografie nr 36. Oficyna Wyd. Polit. Wr. Wrocław 2001.
- Jednolita Baza Danych Geologicznych dla złoża węgla brunatnego „Bełchatów” wykonana i uzupełniana na bieżąco przez IGO Poltegor – Instytut i KWB „Bełchatów” S.A.

lignite, seam parameters, statistical analysis

ANALYSIS OF VARIABILITY OF MAIN PARAMETERS OF WESTERN PART OF SZCZERCÓW LIGNITE MINING FIELD

The results of statistical analysis of lignite deposit (thickness of seam, overburden/lignite seam ratio, calorific value, ash content and total sulphur in lignite) are presented in this article.

Estimation of the variability of several parameters that determine the commercial value of deposit was carried out on the basis of these results.