

**PRZYCZYNEK DO BADAŃ
LOKALNEJ, POZIOMEJ ZMIENNOŚCI
GŁÓWNYCH PARAMETRÓW JAKOŚCI WĘGLA BRUNATNEGO
W CENTRALNEJ CZĘŚCI ZŁOŻA BĘŁCHATÓW.
ANALIZY STATYSTYCZNE**

**Contribution to research of the local, horizontal variability
the main lignite qualitative parameters in the central part
of the Bełchatów lignite deposit. Statistical analysis**

Tomasz BARTUŚ

*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Zakład Geologii Podstawowej i Ochrony Środowiska; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;
e-mail: bartus@agh.edu.pl*

Treść: Złoże węgla brunatnego Bełchatów położone jest w centralnej Polsce w rowie tektonicznym Kleszczów graben. Przedmiotem badań była analiza statystyczna lokalnej, horyzontalnej zmienności wybranych parametrów złożowych z niewielkiego obszaru (8×8 m), położonego w centralnej części pola Bełchatów. W pobranych próbach węgla analizowano zawartość wilgoci całkowitej, zawartość popiołu, wartość opałową i zawartość siarki całkowitej. Analizie statystycznej podlegały miary położenia i rozrzutu, rozkłady i korelacje. Średnie wartości głównych parametrów jakościowych węgla, poza nieco niższymi zawartościami siarki całkowitej, mieszczą się w przedziałach podawanych przez KWB Bełchatów. Badania wykazały statystycznie istotną lokalną, lateralną zmienność parametrów: zawartości popiołu i zawartości siarki całkowitej. Dwuwymiarowa i wielowymiarowa analiza korelacji i regresji liniowej parametrów węgla potwierdziła znane z literatury związki pomiędzy zawartością wilgoci, popiołu i wartością opałową.

Słowa kluczowe: Bełchatów, węgiel brunatny, złoża węgla brunatnego, parametry węgla, statystyka, zmienność lokalna, horyzontalna

Abstract: The Bełchatów lignite deposit is located in the central part of Poland, in the tectonic Kleszczów graben. The theme of research has been statistical analysis of local, horizontal variability selected depositional parameters from small area (8×8 m), located in the central part of the Bełchatów area. In the investigations was used statistical methods like descriptive statistics, distribution analysis, correlation and regression analysis. Results of the descriptive statistics of the main lignite qualitative parameters beyond little lower capacity of the total sulfur content parameter are contained in to limits which are published by the Bełchatów mine. The research shows the statistical significance local, horizontal variability of ash and sulfur contents. Simple and multiple linear correlation and regression analysis acknowledge known from literature relations between moisture, ash content and calorific value.

Key words: Bełchatów, brown coal, lignite, lignite deposits, lignite parameters, statistics, local, horizontal variability

WPROWADZENIE

Złoże Bełchatów jest największym polskim złożem węgla brunatnego. W związku z tym, że węgiel brunatny z Bełchatowa zużywany jest głównie do celów energetycznych, spośród licznych jego właściwości, parametrów i wskaźników, których jest ok. 100 (PN-91/G-04510), najważniejsze są te, które decydują o jego przydatności energetycznej. Największe znaczenie spośród nich mają: zawartość wilgoci całkowitej, zawartość popiołu i – obliczana na podstawie ciepła spalania – wartość opałowa. Z powodu zaostrzenia przepisów ochrony środowiska stosunkowo niedawno do wymienionych parametrów dołączono zawartość siarki całkowitej.

Jednym z podstawowych zadań geologicznej obsługi kopalni jest obliczanie zasobów kopaliny oraz prognozowanie parametrów węgla w blokach eksploatacyjnych. Poza rutynowymi badaniami złoża węgla brunatnego Bełchatów doczekało się również kilku szczegółowych opracowań z zakresu statystycznych analiz parametrów złożowych i jakościowych kopaliny (Specylak *et al.* 1995, Słomka *et al.* 2002, 2003, Mucha *et al.* 2003, Bartuś 2005).

W praktyce geologicznej istnieje cały szereg metod analitycznych wykorzystywanych do oceny lub estymacji różnorodnych parametrów węgla (Mucha 1991, Ciepliński & Uberman 1995). Ocena taka odbywa się najczęściej w oparciu o analizę danych pochodzących z sieci otworów wiertniczych i odsłonieć. Dane pochodzące z tak utworzonej sieci opróbowania, w zależności od jej gęstości, w lepszym lub gorszym stopniu odzwierciedlają regionalną zmienność parametrów złożowych. Powstaje jednak pytanie o wartość tak sporządzanych ocen, w przypadku gdy zmienność parametrów obserwowana w skali mniejszej od średniej gęstości sieci opróbowania, nazywana w opracowaniu zmiennością lokalną, okaże się wyższa od zmienności regionalnej.

W praktyce górniczej ocena różnorodnych parametrów węgla odbywa się w oparciu o założenie o niewielkiej zmienności parametrów obserwowanej w małej skali w stosunku do zmienności regionalnej.

Celem tego opracowania było wstępne rozpoznanie lokalnej, horyzontalnej zmienności podstawowych parametrów technologiczno-chemicznych węgla brunatnego z wybranego fragmentu pola Bełchatów.

OBSZAR BADAWCZY I METODYKA

Do analizy wybrano fragment głównego pokładu węgla (pokład D) (Czarnecki *et al.* 1992, Matl 2000) położony w środkowej części pola Bełchatów (centralna część złoża Bełchatów). Cały obszar opróbowania leżał w obrębie stropu pokładu głównego, pomiędzy poziomami paratonsteinów TS-5 i TS-4 (Wagner 2000), w obrębie silnie zaburzonej strefy północnej krawędzi rowu drugiego rzędu (Kasiński 1984, Wysokiński & Zapaśnik 1984, Gotowała 1994, Hałuszczak 1994, Gotowała & Hałuszczak 1999) (Fig. 1).

Zgodnie z polską normą PN-G/04200 zastosowano powierzchniowo-punktowy system opróbowania. Wybrany obszar na kilka godzin przed opróbowaniem został świeżo odsłonięty spychaczem i wyrównany. W celu dokładnego wyznaczenia miejsca opróbowania, z zastosowaniem dalmierza laserowego, odbiornika GPS i taśmy mierniczej, wyznaczono

sznurową siatkę kwadratową o długości boku 8 na 8 m (Fig. 1C, 2). Jej północno-wschodni narożnik położony był w odległości 93 m od 118. przęsła taśmociągu (Fig. 1B). Rzędna pionowa miejsca opróbowania wynosiła ok. 36 m n.p.m.

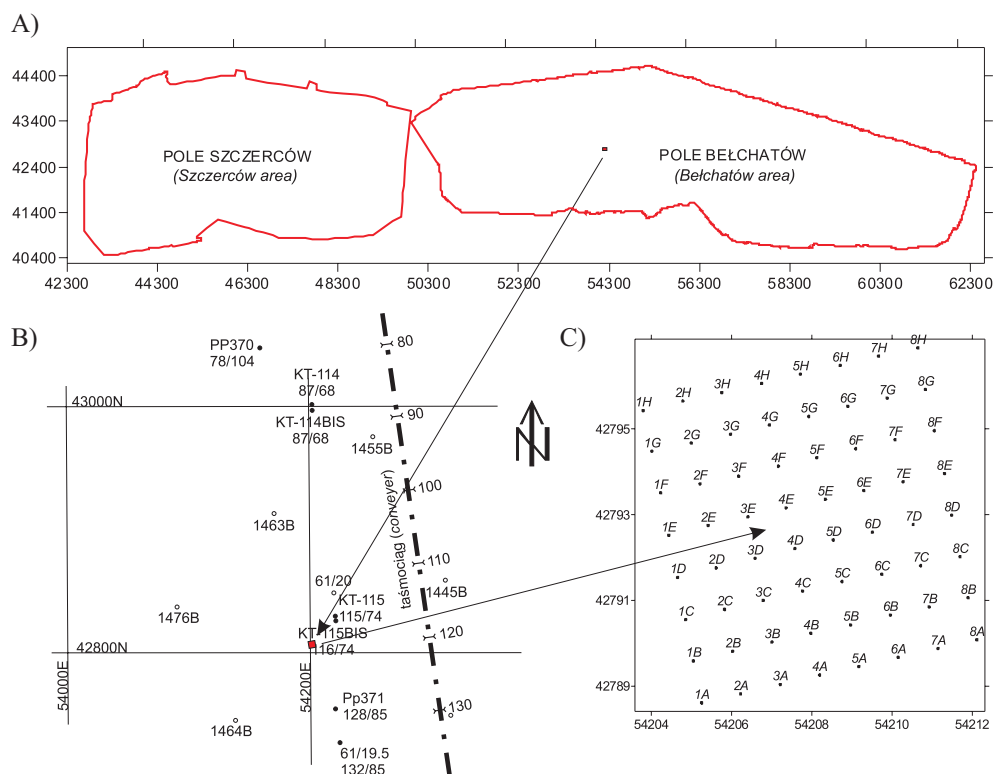


Fig. 1. Plany sytuacyjne obszaru opróbowania: A) mapa złoża Bęłchatów z zaznaczonym miejscem opróbowania; B) fragment planu pracy (Plan K36 przenośnika przesuwającego B.701 POL 7/2003) z zaznaczonym miejscem opróbowania; C) mapa siatki opróbowania z numerami prób

Fig. 1. Situation plans of the sampling area: A) Deposit map of Bęłchatów with the sampling place; B) piece of the work plan (K36 Moving Conveyor Plan B.701 POL 7/2003) with the sampling place; C) grid of the sampling area with the sample numbers

Orientacja siatki opróbowania jest zrotowana w stosunku do lokalnego układu odniesienia KWB Bęłchatów (Fig. 1C). Siatkę podzielono na 64 równe pola. Każda z części miała powierzchnię 1 m². Pobierano po jednej próbie z każdego pola (łącznie 64 próby). Pobór prób odbywał się ręcznie, po wcześniejszym odsłonięciu niezwiędniętej calizny skały. Masa każdej próby była w przybliżeniu jednakowa i wynosiła ok. 4 kg. Odpajane części skały gromadzono osobno w workach foliowych. W celu uniknięcia odparowania wilgoci naturalnej worki uszczelniano. W dalszej części rozważań siatka opróbowania będzie nazywana polem doświadczalnym.



Fig. 2. Opróbowanie pola doświadczalnego. Pole Bełchatów

Fig. 2. Sampling of the experimental area. Bełchatów area

Przed analizami laboratoryjnymi próby składowane były w niskich temperaturach (do kilku °C). Okres od pobrania prób do ich analizy w wypadku wszystkich prób był jednakowy.

W prezentowanych tutaj badaniach stosowano metody statystyki klasycznej (analizę rozkładów, miary pozycyjne, miary rozrzutu, analizę korelacji i regresji).

W związku z niewielką liczbą prób zgodność rozkładów z rozkładami teoretycznymi (normalnym lub logarytmiczno-normalnym) testowano testami: χ^2 i ciągłym testem Kołmogorowa–Smirnowa (PN-83/N-01052/07). Wyliczone wartości testów porównano z odpowiednimi wartościami krytycznymi na poziomie istotności $\alpha = 0.05$. Procedura badawcza analizy korelacji i regresji opierała się na polskich normach PN-86/N-01052/10 i PN-86/N-01052/11.

MATERIAŁ BADAWCZY

Pod względem petrograficznym wśród pobieranych prób dominowały odmiany detrytowo-ksylitowe, ksylitowo-detrytowe i ksylitowo-ziemiste (Gabzdyl 1987, Kwiecińska & Wagner 1997).

Przygotowanie prób do analiz oraz same analizy wykonywało laboratorium KWB Bełchatów. W celu umożliwienia porównań z danymi zgromadzonymi w geologicznej bazie danych KWB Bełchatów (JBDG) wszelkie analizy wykonywano według standardowej procedury stosowanej na kopalni (PN-80/G-04511, PN-80/G-04512, PN-81/G-04513, PN-76/G-04514/00, PN-77/G-04514/09, PN-77/G-04514/11, PN-90/G-04514/16).

Rejestrowano następujące parametry jakościowe węgla w stanie roboczym: W_t^r – zawartość wilgoci całkowitej, A^r – zawartość popiołu, A_{50}^r – zawartość popiołu przy zawartości wilgotności całkowitej w stanie roboczym (W_t^r) na poziomie 50%, Q_i^r – wartość opałową, Q_{i50}^r – wartość opałową przy zawartości wilgotności całkowitej w stanie roboczym (W_t^r) na poziomie 50%, S_t^r – zawartość siarki całkowitej oraz A^d – zawartość popiołu w stanie suchym (Tab. 1).

Tabela (Table) 1

Zestawienie wyników oznaczeń prób węgla z pola doświadczalnego. Złoże Bełchatów.
Pole Bełchatów

*Juxtaposition results of lignite samples from the experience area. Bełchatów lignite deposit.
Bełchatów area*

Nr próby Sample number	W_i^r [%]	A^r [%]	A_{50}^r [%]	A^d [%]	Q_i^r [kcal/kg]	Q_i^r [kJ/kg]	Q_{i50}^r [kcal/kg]	Q_{i50}^r [kJ/kg]	S_i^r [%]
1A	59.0	4.2	5.2	10.4	1804	7553	2328	9747	0.14
1B	56.4	3.9	4.5	9.0	1995	8353	2373	9935	0.16
1C	55.3	3.7	4.1	8.2	2029	8495	2339	9793	0.20
1D	56.5	5.3	6.1	12.2	1896	7938	2266	9487	0.19
1E	56.3	5.2	6.0	12.0	1919	8034	2280	9546	0.18
1F	57.3	4.8	5.6	11.2	1853	7758	2269	9500	0.18
1G	54.1	5.7	6.2	12.4	2007	8403	2238	9370	0.21
1H	55.7	5.5	6.2	12.4	1942	8131	2267	9491	0.22
2A	58.2	4.4	5.2	10.4	1811	7582	2281	9550	0.14
2B	55.4	3.7	4.2	8.4	1985	8311	2296	9613	0.19
2C	55.0	3.4	3.8	7.6	2033	8512	2324	9730	0.21
2D	58.0	3.3	3.9	7.8	1864	7804	2323	9726	0.20
2E	55.8	6.0	6.7	13.4	1895	7934	2220	9295	0.23
2F	55.7	8.0	9.1	18.2	1846	7729	2159	9039	0.16
2G	57.0	5.4	6.2	12.4	1832	7670	2225	9316	0.21
2H	56.2	5.9	6.8	13.6	1883	7884	2232	9345	0.21
3A	57.2	4.0	4.7	9.4	1892	7921	2308	9663	0.15
3B	58.0	3.5	4.1	8.2	1849	7741	2312	9680	0.18
3C	55.4	3.6	4.1	8.2	2013	8428	2328	9747	0.20
3D	57.3	3.7	4.3	8.6	1853	7758	2269	9500	0.19
3E	58.6	4.3	5.1	10.2	1809	7574	2306	9655	0.19
3F	55.7	6.2	7.0	14.0	1925	8060	2261	9466	0.19
3G	55.2	7.1	7.9	15.8	1892	7921	2179	9123	0.25
3H	52.9	17.4	18.5	37.0	1342	5619	1461	6117	0.21
4A	57.7	4.2	5.0	10.0	1833	7674	2273	9517	0.18
4B	55.8	3.2	3.6	7.2	1996	8357	2334	9772	0.19
4C	54.5	5.1	5.6	11.2	2026	8482	2284	9563	0.21
4D	58.8	3.8	4.6	9.2	1787	7482	2294	9605	0.18
4E	58.1	3.9	4.7	9.4	1830	7662	2296	9613	0.21
4F	53.9	4.8	5.2	10.4	2072	8675	2297	9617	0.21
4G	54.7	9.0	10.0	20.0	1755	7348	1998	8365	0.20
4H	55.8	7.5	8.5	17.0	1757	7356	2064	8642	0.26
5A	56.3	3.7	4.2	8.4	1972	8256	2341	9801	0.18
5B	55.0	4.2	4.6	9.2	2016	8441	2305	9651	0.21

Tabela (Table) 1 cd.

Nr próby Sample number	W_t^r [%]	A^r [%]	A_{50}^r [%]	A^d [%]	Q_i^r [kcal/kg]	Q_i^r [kJ/kg]	Q_{i50}^r [kcal/kg]	Q_{i50}^r [kJ/kg]	S_t^r [%]
5C	55.2	4.7	5.3	10.6	2039	8537	2343	9810	0.18
5D	55.8	3.3	3.8	7.6	2018	8449	2359	9877	0.23
5E	54.3	6.2	6.8	13.6	2010	8415	2254	9437	0.19
5F	55.8	4.4	5.0	10.0	1950	8164	2282	9554	0.22
5G	57.0	4.7	5.5	11.0	1842	7712	2237	9366	0.25
5H	57.4	6.4	7.5	15.0	1688	7067	2082	8717	0.20
6A	57.1	4.4	5.1	10.2	1896	7938	2306	9655	0.18
6B	53.9	4.8	5.3	10.6	2047	8570	2269	9500	0.25
6C	55.7	4.5	5.1	10.2	1974	8265	2304	9646	0.21
6D	55.6	5.5	6.1	12.2	1927	8068	2244	9395	0.20
6E	58.6	3.9	4.7	9.4	1795	7515	2289	9584	0.20
6F	53.9	3.6	3.9	7.8	2078	8700	2484	10400	0.19
6G	57.8	4.3	5.3	10.6	1823	7633	2268	9496	0.23
6H	55.6	6.9	7.7	15.4	1817	7607	2119	8872	0.19
7A	56.5	4.7	5.4	10.8	1909	7993	2281	9550	0.19
7B	58.3	3.2	3.8	7.6	1851	7750	2335	9776	0.19
7C	57.1	3.6	4.1	8.2	1857	7775	2261	9466	0.20
7D	53.8	5.4	5.8	11.6	2024	8474	2239	9374	0.24
7E	54.1	3.1	3.4	6.8	2119	8872	2360	9881	0.19
7F	58.7	3.5	4.2	8.4	1813	7591	2318	9705	0.19
7G	56.3	3.8	4.4	8.8	1951	8168	2316	9697	0.25
7H	57.7	4.2	4.9	9.8	1844	7720	2286	9571	0.18
8A	56.7	4.8	5.5	11.0	1950	8164	2342	9805	0.20
8B	58.2	3.9	4.7	9.4	1807	7566	2276	9529	0.19
8C	58.4	3.8	4.5	9.0	1806	7561	2288	9579	0.20
8D	53.5	4.1	4.4	8.8	2065	8646	2264	9479	0.22
8E	56.3	3.9	4.4	8.8	1905	7976	2264	9479	0.21
8F	58.6	3.1	3.7	7.4	1814	7595	2312	9680	0.19
8G	56.2	3.9	4.4	8.8	1925	8060	2280	9546	0.22
8H	53.1	3.8	4.0	8.0	2126	8901	2306	9655	0.21

W_t^r – zawartość wilgoci całkowitej w stanie roboczym, A^r – zawartość popiołu w stanie roboczym, A_{50}^r – zawartość popiołu w stanie roboczym przy zawartości W_t^r na poziomie 50%, A^d – zawartość popiołu w stanie suchym, Q_i^r – wartość opałowa w stanie roboczym, Q_{i50}^r – wartość opałowa w stanie roboczym przy zawartości W_t^r na poziomie 50%, S_t^r – zawartość siarki całkowitej w stanie roboczym
 W_t^r – total moisture on “as received” basis, A^r – ash content on “as received” basis, A_{50}^r – ash content on “as received” basis includes total moisture (W_t^r) = 50%, A^d – ash content on “air dried” basis, Q_i^r – calorific value on “as received” basis, Q_{i50}^r – calorific value on “as received” basis includes total moisture (W_t^r) = 50%, S_t^r – total sulfur content on “as received” basis

Do dalszych analiz wytypowano następujące parametry węgla w stanie roboczym: zawartość wilgoci całkowitej (W_t^r), zawartość popiołu (A^r), wartość opałową (Q_t^r) i zawartość siarki całkowitej (S_t^r).

W związku z dużą różnorodnością zaburzeń występującymi w złożu Bełchatów (Specylak *et al.* 1995) oraz tym, że badania lokalnej, poziomej zmienności parametrów węgla ograniczono do jednego, izolowanego fragmentu złoża (pole doświadczalne), należy się liczyć z możliwością regionalnego różnicowania zmienności parametrów węgla. Z powyższych względów prezentowane poniżej wyniki należy traktować w sposób przyczynkowy i wymagający badań potwierdzających przeprowadzonych w innych częściach pola Bełchatów.

Na etapie weryfikacji danych stwierdzono wyraźne różnice w wartościach parametrów jakości węgla w próbie 3H i w pozostałych próbach (Tab. 1). Najwyraźniej odzwierciedla się to w anomalnie wysokiej zawartości popiołu i korespondującej z tym parametrem niskiej wartości opałowej. Powodem wystąpienia próby o tak wyraźnie odbiegających parametrach, może być obecność w niej materiału paratonsteinu TS-5 stwierdzonego makroskopowo w pobranej w niewielkiej odległości od niej próbie (6H) (Fig. 1C). W związku podejrzeniem, że huraganowa próba pochodzi z obcej populacji, wszelkie dalsze analizy prowadzono zarówno z jej uwzględnieniem (liczba elementów analizowanej populacji $N = 64$), jak i po jej usunięciu ($N = 63$). Wyniki analiz statystycznych populacji próby pomniejszonej o element 3H (w przypadku gdy różnice są istotne) przedstawiane są w opracowaniu w nawiasach okrągłych.

WYNIKI BADAŃ

Analiza podstawowych parametrów statystycznych

Analizowano podstawowe parametry statystyczne, takie jak: miary przeciętne, pozytywne, rozrzutu, asymetrii. Szczegółowe wyniki przedstawia tabela 2.

Średnie wartości najważniejszych parametrów wyniosły odpowiednio: zawartość wilgoci całkowitej – 56.25%, zawartość popiołu – 4.81 (4.61)%, wartość opałowa – 1904.4 (1913.33) kcal/kg, zawartość siarki całkowitej – 0.2%. Po porównaniu otrzymanych wyników ze średnimi wartościami wybranych parametrów węgla z pola Bełchatów publikowanymi przez KWB Bełchatów (Tab. 3) należy stwierdzić, że zawartość wilgoci i wartości opałowe mieszczą się w średnich podawanych przez kopalnię, natomiast w przypadku zawartości popiołu i zawartości siarki całkowitej wartości są nieznacznie niższe.

Poszczególne parametry węgla charakteryzowały się następującymi odchyleniami standardowymi: zawartość wilgoci całkowitej – 1.58%, zawartość popiołu – 2.02 (1.25)%, wartość opałowa – 121.7 (99.3) kcal/kg, zawartość siarki całkowitej – 0.02% (Tab. 2).

Na uwagę zasługują bardzo niskie wartości współczynników zmienności. W przypadku wilgoci całkowitej wartość tego współczynnika wynosi 3%, a dla wartości opałowej – 6 (5)%. Nieznacznie wyższą wartość ma współczynnik zmienności dla siarki całkowitej – 12% (Tab. 2). Najwyższym współczynnikiem zmienności cechuje się zawartość popiołu – 42 (27)%.

Tabela (Table) 2

Statystyki opisowe parametrów jakości węgla w polu doświadczalnym. Złoże Belchatów. Pole Belchatów

Descriptive statistics of qualitative lignite parameters from the experimental area. Belchatów lignite deposit. Belchatów area

Parametr	Jedn.	N	Średnia	Ufność –95%	Ufność 95%	Mediana	Min.	Maks.	Dolny kwartył	Góry kwartył	Roz- step	Roz- step kwartyli	Odc. std.	Skośność	Kurtoza	Wsp. zmienn.
W_t^r	[%]	64 (63)	56.25 (56.30)	55.86 (55.92)	56.64 (56.69)	56.25 (56.30)	52.9 (53.1)	59.0 (59.0)	55.25 (55.30)	57.55 (57.70)	6.1 (5.9)	2.3 (2.4)	1.58 (1.53)	–0.13 (–0.08)	–0.8 (–0.86)	0.03 (0.03)
Ar	[%]	64 (63)	4.81 (4.61)	4.31 (4.30)	5.32 (4.93)	4.25 (4.20)	3.1 (3.1)	17.4 (9.0)	3.75 (3.70)	5.35 (5.30)	14.3 (5.90)	1.6 (1.6)	2.02 (1.25)	4.15 (1.40)	23.57 (1.98)	0.42 (0.27)
Q_i^r	[kcal/kg]	64 (63)	1904.42 (1913.33)	1874.02 (1888.35)	1934.8 (1938.37)	1896.0 (1896.0)	1342.0 (1688.0)	2126.0 (2126.0)	1831.0 (1832.0)	2001.5 (2007.0)	784.0 (438.0)	1.6 (1.6)	121.7 (99.3)	–1.37 (0.19)	5.92 (–0.75)	0.06 (0.05)
S_t^r	[%]	64 (63)	0.20 (0.20)	0.19 (0.19)	0.21 (0.21)	0.20 (0.20)	0.14 (0.14)	0.26 (0.26)	0.19 (0.19)	0.21 (0.21)	0.12 (0.12)	0.02 (0.02)	0.02 (0.02)	0.12 (0.14)	0.67 (0.63)	0.12 (0.12)

Jedn. – jednostki. N – liczebność populacji próby (zbiór 63 elementów próby otrzymano po usunięciu próbki 3H), Średnia – średnia arytmetyczna, Ufność –95%, 95% – przedziały ufności –/+ 95%, Min. – minimalna wartość parametru, Maks. – maksymalna wartość parametru, Wsp. zmienn. – współczynnik zmienności

Parametr – parameter, Jedn. – units, N – numerical force of the sample population (63-elements sample population obtained by removal 3H sample), Średnia – arithmetic average, Ufność –95%, 95% – confidence interval –/+ 95%, Mediana – median, Min. – minimal value, Maks. – peak value, Dolny kwartył – lower quartile, Górny kwartył – upper quartile, Rozstęp – range, Rozstęp kwartyli – quartile range, Odc. std. – standard deviation, Skośność – skewness, Kurtoza – kurtosis, Wsp. zmienn. – coefficient of variation

Tabela (Table) 3

Parametry jakościowe węgla brunatnego ze złoża Bełchatów (folder reklamowy KWB Bełchatów)

Qualitative parameters of the Bełchatów lignite deposit (Advertising folder of the Bełchatów mine)

Parametr złożowy <i>Deposit parameter</i>	Jednostka <i>Unit</i>	Przedział wartości <i>Partition of value</i>
Q_i^r	[MJ/kg]	7.6–8.1
	[kcal/kg]	1815–1935
W_t^r	[%]	śr. 53–58
S_t^r	[%]	0.50–0.83
A^r	[%]	6.5–11

Znane z opracowania T. Bartusia (Bartuś 2005) wartości współczynników generalnej zmienności parametrów węgla z pola Bełchatów podano w tabeli 4.

Tabela (Table) 4

Porównanie współczynników zmienności dla pola doświadczalnego i całego pola Bełchatów

Comparison of coefficients of variation for the experimental area and whole Bełchatów area

Parametry złożowe <i>Depositional parameters</i>	V_{loc} [%]	V_{gen} [%]
W_t^r	3 (3)	1.7
A^r	42 (27)	41
Q_i^r	6 (5)	20
S_t^r	12 (12)	40

V_{loc} [%] – współczynniki lokalnej, poziomej zmienności parametrów węgla, V_{gen} [%] – współczynniki generalnej zmienności parametrów jakości węgla w polu Bełchatów (Bartuś 2005)

V_{loc} [%] – coefficients of the local, horizontal variation of lignite parameters, V_{gen} [%] – coefficients of the general variation of lignite qualitative parameters in to the Bełchatów deposit (Bartuś 2005)

Wartości ujęte w tabeli, poza regionalną zmiennością poziomą, zawierają w sobie także informację o zmienności pionowej, wzdłuż osi otworów wiertniczych i jako takie mogą być porównywane z wynikami otrzymanymi w polu doświadczalnym tylko orientacyjnie. Należy zauważyć, że współczynniki lokalnej zmienności parametrów węgla w przypadku wartości opałowej i zawartości siarki całkowitej osiągają znacznie niższe wartości niż w przypadku zmienności generalnej. Inaczej sprawa wygląda w przypadku dwóch pozostałych parametrów

węgla. Lokalne zmienności zawartości wilgoci całkowitej i zawartości popiołu osiągają, a nawet nieznacznie przekraczają poziom charakterystyczny dla całego pola Bełchatów. W przypadku uwzględnienia pomniejszonej, 63-elementowej populacji próby, współczynnik lokalnej, poziomej zmienności zawartości popiołu maleje w porównaniu z obliczeniami dla pełnej, 64-elementowej populacji o ponad 1/3, osiągając bardziej prawdopodobny, niższy poziom od zmienności generalnej.

Badanie postaci rozkładów

Rozkłady wszystkich analizowanych parametrów węgla przedstawiają pełną 64-elementową populację próby. Należą do dwóch typów: symetrycznych – zbliżonych do normalnego, oraz logarytmiczno-normalnych – prawoskośnych.

Z przeprowadzonych analiz miar asymetrii (Tab. 2) i analizy histogramów wynika, że w przypadku zawartości wilgoci całkowitej (Fig. 3A), wartości opałowej (Fig. 3C) i zawartości siarki całkowitej (Fig. 3D) rozkłady charakteryzują się mniejszą lub większą symetrycznością. W przypadku zawartości popiołu (Fig. 3B) mamy do czynienia z rozkładem prawoskośnym logarytmiczno-normalnym z krótkim spłaszczeniem z prawej strony. Współczynnik asymetrii wynosił 4.15 (1.40). Rozkład ten świadczy o większym udziale prób węgla o niskiej zawartości popiołu.

We wszystkich przypadkach wyraźnie dominują klasy modalne, które wynoszą odpowiednio dla zawartości wilgoci całkowitej: 55–57%, dla zawartości popiołu: 3–4.5%, dla wartości opałowej: 1845–1935 kcal/kg i dla zawartości siarki całkowitej: 0.18–0.20%.

W wypadku rozkładów zawartości popiołu (Fig. 3B) i wartości opałowej (Fig. 3C) występują pojedyncze przypadki o wyraźnie wyższej zawartości popiołu i wyraźnie niższym poziomie wartości opałowej. Oba przypadki są spowodowane ekstremalnymi wartościami parametrów w próbce (3H) (Tab. 1).

Hipotezy o zgodności rozkładów empirycznych ze wspomnianymi rozkładami teoretycznymi poddano procedurze testowej (Tab. 5). Przeprowadzona analiza dowodzi, że w przypadku rozkładów zawartości wilgoci całkowitej, zawartości popiołu i wartości opałowej nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o zgodności rozkładu z wybranymi rozkładami teoretycznymi. Potwierdzają to zarówno test ciągły Kołmogorowa–Smirnowa, jak i klasyczny test χ^2 zgodności rozkładów. Najpewniejsze jest dopasowanie rozkładu wilgoci całkowitej do rozkładu normalnego. Świadczą o tym niskie wartości testów i wysoka wartość prawdopodobieństwa popełnienia błędu I rodzaju (Tab. 5). W wypadku zawartości popiołu i wartości opałowej hipotezy zerowe zostały przyjęte z podobnym prawdopodobieństwem. Inaczej jest w wypadku zawartości siarki całkowitej. O ile test χ^2 daje powody do odrzucenia hipotezy zerowej, o tyle ciągły test Kołmogorowa–Smirnowa, właściwszy dla populacji o niewielkiej liczebności prób, pozwala na jej przyjęcie (Tab. 5).

Przeprowadzone analizy w pełni potwierdzają cechy rozkładów badanych parametrów węgla znane z literatury (Słomka *et al.* 2002, 2003, Bartuś 2005).

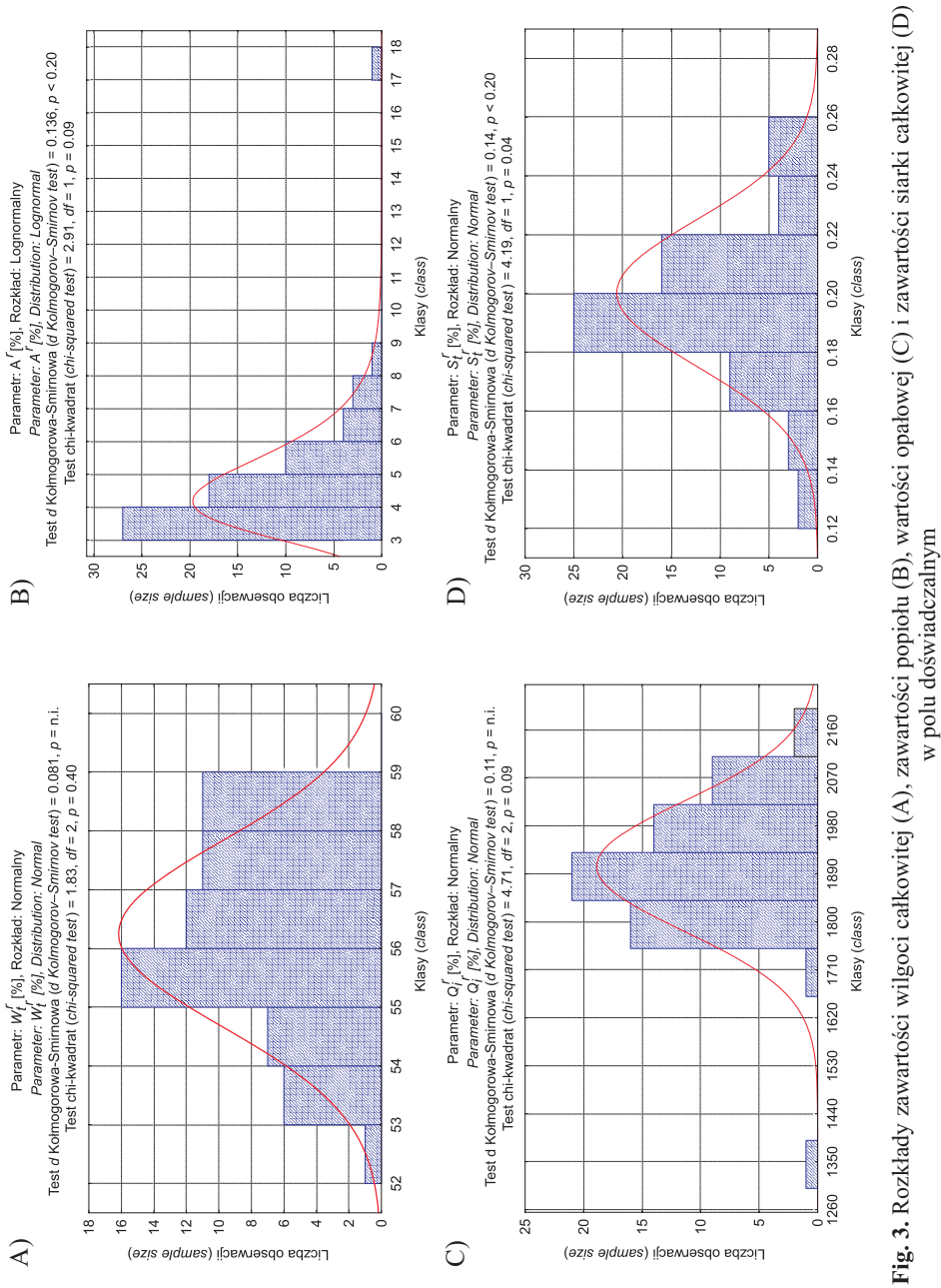


Tabela (Table) 5

Wyniki testowania zgodności rozkładów empirycznych z rozkładami teoretycznymi

Results of tests of correspondence among the empirical distributions and theoretical distributions

Parametry złożowe <i>Depositional parameters</i>	Rozkład teoretyczny <i>Theoretical distribution</i>	Test χ^2			Test K-S	Wyniki testów <i>Tests results</i>	
		χ^2_{obl}	df	$P_{(\chi^2_{obl})}$	d_n	χ^2	K-S
W_t^r	normalny	1.83	2	0.4	0.08	+	+
A^r	lognormalny	2.91	1	0.08	0.14	+	+
Q_i^r	normalny	4.71	2	0.09	0.11	+	+
S_t^r	normalny	4.19	1	0.04	0.14	–	+

Test χ^2 – test chi-kwadrat, Test K-S – test ciągły Kołmogorowa–Smirnowa, χ^2_{obl} – wynik testu χ^2 , df – liczba stopni swobody, $P_{(\chi^2_{obl})}$ – prawdopodobieństwo błędu pierwszego rodzaju, d_n – wartość statystyki D, + lub – oznacza przyjęcie lub odrzucenie hipotezy zerowej

Test χ^2 – chi-squared test, Test K-S – Kolmogorov–Smirnov test, χ^2_{obl} – result of the chi-squared test, df – degrees of freedom, $P_{(\chi^2_{obl})}$ – possibility of first kind error committing, d_n – D statistic value, + or – means acceptance or rejection of null hypothesis

Analiza liniowej regresji i korelacji

Badanie liniowej regresji i korelacji parametrów węgla z pola doświadczalnego miało na celu ujawnienie charakteru i siły zależności między nimi.

W prowadzonej analizie liniowej regresji i korelacji istotne znaczenie mają normalne lub przynajmniej zbliżone do normalnych postacie rozkładów poszczególnych parametrów (PN-86/N-01052/10-11, Greń 1976). W przypadku logarytmiczno-normalnego rozkładu zawartości popiołu zaszła potrzeba symetryzacji rozkładu. Dokonano tego przez logarytmowanie każdej obserwacji. Wyniki testu Kołmogorowa–Smirnowa badającego zgodność zlogarytmowanego rozkładu „log A^r ” z rozkładem normalnym, na poziomie istotności 0.05 nie dały powodu do odrzucenia hipotezy zerowej.

Właściwą analizę regresji i korelacji ograniczono, ze względu na niewielką ilość danych, do badania jakości dopasowania modelu liniowego dla najprostszych przypadków dwuwymiarowych (Fig. 4) oraz ogólnego modelu wielorakiego (Fig. 5).

Hipotezę o braku skorelowania zmiennych zależnych i niezależnych testowano zgodnie z polską normą PN-86/N-01052/11, z zastosowaniem testu t .

Wykresy zamieszczone na figurach 4 i 5 przedstawiają korelacje z dopasowanymi modelami regresji, obliczonymi na podstawie 63-elementowej populacji próby.

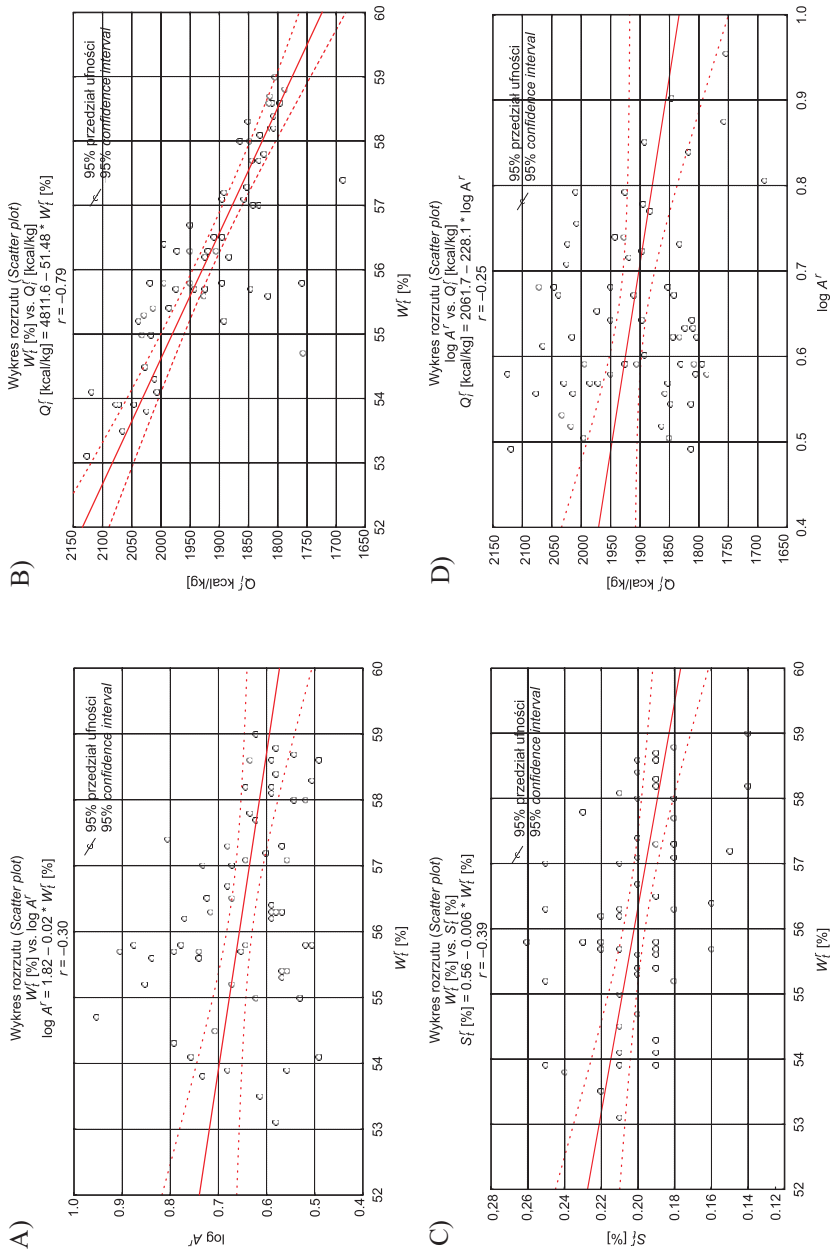


Fig. 4. Wykresy rozrzutu wraz z prostymi regresji dla par parametrów: W_f^r vs. $\log A^r$ (A), W_f^r vs. Q_f^r (B), W_f^r vs. S_f^r (C) oraz $\log A^r$ vs. Q_f^r (D) z pola doświadczalnego

Fig. 4. The scatter diagram and linear regression of the couple parameters: W_f^r vs. $\log A^r$ (A), W_f^r vs. Q_f^r (B), W_f^r vs. S_f^r (C) and $\log A^r$ vs. Q_f^r (D) from the experimental area

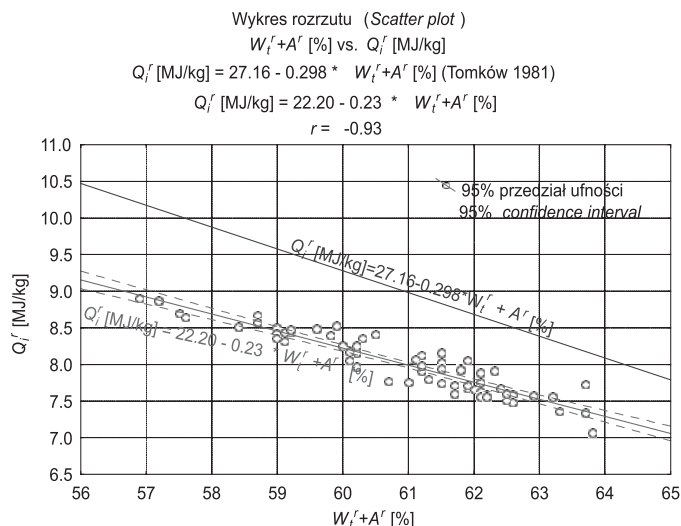


Fig. 5. Wykres rozrzutu wraz z prostą regresji dla sumarycznej zawartości wilgoci całkowitej i zawartości popiołu oraz wartości opałowej w polu doświadczalnym. Przerywaną linią zaznaczono teoretyczną prostą regresji znaną z opracowania Tomków (1981)

Fig. 5. The scatter diagram and linear regression of the summary moisture (W_i') and ash content (A') vs. calorific value (Q_i') from the experimental area. The theoretical linear regression, known from Tomków publication (1981) was marked by the intermittent line

Na podstawie przeprowadzonych badań należy stwierdzić istnienie silnej, istotnej, ujemnej korelacji pomiędzy zawartością wilgoci i wartością opałową (Fig. 4B). Współczynnik korelacji Pearsona wzrósł po odrzuceniu próby 3H, z wartości $r = -0.46$ do wartości $r = -0.79$. Interesujące wyniki otrzymano w przypadku analizy korelacji pomiędzy zawartością popiołu i wartością opałową (Fig. 4D). Zgodnie z oczekiwaniami, podobnie jak w poprzednim przypadku, otrzymano korelację ujemną i statystycznie istotną. Obserwowano jednakże aż dwukrotny spadek współczynnika Pearsona od wartości średniej ($r = -0.50$) do słabej ($r = -0.25$). Analiza związku korelacyjnego pomiędzy zawartością wilgoci a zawartością popiołu (Fig. 4A), niezależnie od zmian liczby elementów w populacji próby, wykazała istnienie słabej, ale istotnej korelacji ujemnej ($r = -0.30$). W przypadku zależności zawartości siarki całkowitej od pozostałych parametrów węgla należy stwierdzić, że jedynie w powiązaniu z zawartością wilgoci możemy mówić o słabej, ale istotnej korelacji odwrotnej ($r = -0.39$) (Fig. 4C). Pozostałe wykresy rozrzutu miały postać losową, a dopasowanie prostej regresji miało charakter przypadkowy.

W ramach analizy wielorakiej, liniowej regresji i korelacji wykonano badanie związku pomiędzy sumą zawartości wilgoci i zawartości popiołu, nazywanymi wspólnie balastem, a wartością opałową. Zależność powyższa jest znana z literatury i może stanowić swoisty test błędów opróbowania i analiz laboratoryjnych. Według Tomków (1981), dla polskich miękkich węgli brunatnych, pochodzących z trzeciorzędu, zależność ta ma charakter regresji liniowej i wyrażona jest równaniem (1). Podobny model podają Twardowski & Fąfara (1995) (2).

$$Q_i^r = 27,16 - 0,298(W_i^r + A^r) \text{ [MJ/kg]} \quad (1)$$

$$Q_i^r = 29,08 - 0,3376W_i^r - 0,2774A^r \text{ [MJ/kg]} \quad (2)$$

Dla badanego pola doświadczalnego analiza dała rezultaty dające się opisać równaniem (3) (Fig. 5)

$$Q_i^r = 22,20 - 0,23(W_i^r + A^r) \text{ [MJ/kg]} \quad (3)$$

Na uwagę zasługuje bardzo wysoki współczynnik korelacji liniowej Pearsona: $r = -0.93$. Właściwie wszystkie próby leżą wzdłuż prostej regresji. Może to świadczyć o dobrej reprezentatywności prób i małych błędach analiz laboratoryjnych.

PODSUMOWANIE

Badania lokalnej, poziomej zmienności parametrów jakości węgla z pola Bełchatów (centralna część złoża Bełchatów) polegały na analizie prób kopaliny pobranych wcześniej z niewielkiego obszaru (8×8 m), położonego w środkowej części złoża (Fig. 1) i nazywanego w opracowaniu polem doświadczalnym (Fig. 2).

Chemicznych analiz prób węgla dokonało Laboratorium KWB Bełchatów (Tab. 1).

Do analiz wytypowano cztery najważniejsze z punktu widzenia wykorzystania węgla, parametry w stanie roboczym: zawartość wilgoci całkowitej (W_i^r), zawartość popiołu (A^r), wartość opałową (Q_i^r) i zawartość siarki całkowitej (S_i^r) (Tab. 2).

Analizie podlegały miary położenia i rozrzutu, rozkłady i korelacje.

Wyniki analiz statystycznych głównych parametrów jakościowych węgla brunatnego z pola doświadczalnego, poza nieco niższymi zawartościami siarki całkowitej, mieściły się w przedziałach podawanych przez KWB Bełchatów (Tab. 3). Najsilniej zmiennymi w skali lokalnej parametrami węgla okazały się zawartości popiołu oraz zawartości siarki całkowitej (Tab. 2).

Przeprowadzone badania wykazały, że część analizowanych parametrów jakościowych węgla (wartość opałowa i zawartość siarki całkowitej) cechuje się kilkukrotnie niższymi poziomami zmienności w porównaniu ze zmiennością tych samych parametrów w całym polu Bełchatów. W przypadku dwóch pozostałych parametrów (zawartości wilgoci całkowitej i zawartości popiołu) można mówić o porównywalnych poziomach zmienności lokalnej (w polu doświadczalnym) i zmienności generalnej (Tab. 4). Mając świadomość, że otrzymane wyniki pochodzą z jednego miejsca i wcale nie muszą odzwierciedlać poziomu zmienności lokalnej w całym złożu, należy postulować wykonanie badań porównawczych w innych rejonach i na innych poziomach eksploatacyjnych pola Bełchatów. Opisywana właściwość, w przypadku jej potwierdzenia, może implikować poważne problemy z poprawną estymacją i interpretacją zawartości wilgoci całkowitej i zawartości popiołu. Mając na uwadze rangę problemów wynikających ze złej oceny parametrów złożowych, należy stwierdzić, że badania zmienności lokalnej powinny wejść do kanonu obowiązków kopalnianych służb geologicznych.

Rozkłady wszystkich analizowanych parametrów węgla należą do dwóch typów: symetrycznych – zbliżonych do normalnego (zawartość wilgoci całkowitej, wartość opałowa i zawartość siarki całkowitej), oraz logarytmiczno-normalnych – prawoskośnych (zawartość popiołu) (Fig. 3, Tab. 5).

Przeprowadzone badania potwierdziły istnienie istotnych statystycznie związków pomiędzy zawartością popiołu i wartością opałową (Fig. 4D) oraz zawartością wilgoci i wartością opałową (Fig. 4B). Znaczne podobieństwo prostej regresji zależności sumarycznej zawartości wilgoci całkowitej i popiołu od wartości opałowej (Fig. 5) do znanego z literatury modelu regresyjnego, dla pochodzących z trzeciorzędu polskich miękkich węgla brunatnych, oraz wysoki współczynnik korelacji zależności empirycznej, świadczą o dużym stopniu zaufania do analizowanych danych.

Autor pragnie podziękować dr. hab. inż. Tadeuszowi Słomce, prof. nadzw. AGH za wsparcie koncepcyjne i redaktorskie.

Realizacja niniejszej pracy była możliwa dzięki wsparciu finansowemu udzielonemu przez Komitet Badań Naukowych, w ramach prac statutowych nr 11.11.140.159.

LITERATURA

- Bartuś T., 2005. *Statystyczne modele zmienności parametrów jakości węgla brunatnego w centralnej części złoża Bełchatów*. Manuskrypt rozprawy doktorskiej, Biblioteka Główna AGH, Kraków, 1–197.
- Ciepliński A. & Uberman R., 1995. Wykorzystanie konwencjonalnych i geostatystycznych metod badania zmienności parametrów złożowych do projektowania, planowania eksploatacji złóż zaburzonych węgla brunatnego. W: *Identyfikacja i modelowanie warunków zalegania oraz wybierania trudno urabialnych kompleksów geologicznych zaburzonych złóż węgla brunatnego*, Poltegor – Instytut, Wrocław, 41–81.
- Czarnecki L., Frankowski R. & Kuszneruk J., 1992. Syntetyczny profil litostratigraficzny utworów trzeciorzędu złoża Bełchatów. *Materiały XV Sympozjum „Geologia formacji węglonośnych Polski”*, Kraków, 18–23.
- Gabzdyl W., 1987. *Petrografia węgla*. Skrypt Uczelniany Politechniki Śląskiej nr 1337, Gliwice, 1–311.
- Gotowała R., 1994. Model tektoniki rowu Kleszczowa – interpretacja danych z wykorzystaniem metod komputerowych. *Materiały Konferencji „Tektonika rowu Kleszczowa – stan badań i główne zadania w aspekcie eksploatacji górniczej”*, Bełchatów, 92–103.
- Gotowała R. & Hałuszczak A., 1999. Pozycja i główne etapy młodopalpejskiego rozwoju rowu Kleszczowa w świetle badań mezostrukturalnych w odkrywce KWB Bełchatów i numerycznej analizy wyników wierceń. *Materiały Konferencji „Młodoalpejski rów Kleszczowa: rozwój i uwarunkowania w tektonice regionu. Odkrywka KWB Bełchatów i obszar radomszczańsko-wieluńsko-lódzki”*, Wrocław, 23–31.
- Greń J., 1976. *Statystyka matematyczna modele i zadania*. PWN, Warszawa, 1–362.

- Hałuszczak A., 1994. Główne etapy ewolucji strukturalnej utworów kenozoicznych rowu Kleszczowa. *Materiały Konferencji „Tektonika rowu Kleszczowa – stan badań i główne zadania w aspekcie eksploatacji górniczej”*, Bełchatów, 78–90.
- Kasiński J.R., 1984. Tektonika synsedymentacyjny jako czynnik warunkujący sedymentację formacji brunatnowęglowej w zapadliskach tektonicznych na obszarze zachodniej Polski. *Przegląd Geologiczny*, 5, 260–268.
- Kwiecińska B. & Wagner M., 1997. *Typizacja cech jakościowych węgla brunatnego z krajowych złóż według kryteriów petrograficznych i chemiczno-technologicznych dla celów dokumentacji geologicznej złóż oraz obsługi kopalń*. Wydawnictwo PPGSMiE PAN, Kraków, 1–87.
- Matl K., 2000. Wybrane elementy budowy geologicznej złoża Bełchatów. *Prace Geologiczne PAN O/Kraków*, nr 147, IGSMiE PAN, Kraków, 11–19.
- Mucha J., 1991. *Wybrane metody matematyczne w geologii górniczej*. Skrypty Uczelniane nr 1215, Wydawnictwa AGH, Kraków, 1–157.
- Mucha J., Słomka T., Mastej W., Bartuś T. & Słomka E., 2003. Modelowanie zmienności i dokładność oszacowania jakości węgla brunatnego w złożu Bełchatów (pole Bełchatów). *Materiały Sympozjum, Sympozja i Konferencje nr 62, Warsztaty Górnicze z cyklu „Zagrożenia naturalne w górnictwie”, Sesja okolicznościowa „Problematyka zagrożeń naturalnych w górnictwie”*, Bełchatów, IGSMiE PAN, Kraków, 221–233.
- Słomka T., Mucha J., Mastej W., Bartuś T., Dolik M., Słomka E. & Leśniak T., 2002. *Geostatystyczna analiza głównych parametrów jakościowych węgla brunatnego pola Bełchatów*. Archiwum KWB Bełchatów, nr umowy 02/88/2002, Kraków.
- Słomka T., Mucha J., Mastej W., Bartuś T., Słomka E. & Leśniak T., 2003. *Metodyka szacowania zasobów i jakości złoża węgla brunatnego „Bełchatów” (pole Bełchatów i pole Szczerców) przy zastosowaniu geostatystycznej procedury krigingu*. Archiwum KWB Bełchatów, nr umowy 8/99/2003, Kraków.
- Specylak J., Ślusarczyk G., Bednarz A. & Borowicz A., 1995. Modelowanie zaburzonych złóż węgla brunatnego. W: Identyfikacja i modelowanie warunków zalegania oraz wybierania trudno urabialnych kompleksów geologicznych zaburzonych złóż węgla brunatnego, Poltegor – Instytut, Wrocław, 7–40.
- Tomków K., 1981. Węgiel Brunatny: użytkowanie i przetwórstwo. W: Bolewski A. *et al.* (red.), Surowce mineralne świata. Węgiel Brunatny, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 131–192.
- Twardowski K. & Fąfara Z., 1995. Uniwersalny model statystyczny objaśniający zmienność wilgotności naturalnej węgla brunatnych. *Materiały VI Krajowego Zjazdu Górnictwa Odkrywkowego*, Konin, Kraków, 223–236.
- Wagner M., 2000. Petrografia i praktyczne znaczenie paratonsteinów ze złoża węgla brunatnego Bełchatów. *Prace Geologiczne PAN O/Kraków*, nr 147, IGSMiE PAN, Kraków, 101–122.
- Wysokiński L. & Zapaśnik T., 1984. Poligeniczność tektonicznego rowu Kleszczowa. *Technika Poszukiwań Geologicznych*, 2, 2–6.

- PN-76/G-04514/00: *Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości siarki. Terminologia i przygotowanie próbek.*
- PN-77/G-04514/09: *Paliwa stałe. Oznaczenie zawartości siarki. Oznaczenie zawartości siarki siarczanowej w węglu kamiennym i brunatnym.*
- PN-77/G-04514/11: *Paliwa stałe. Oznaczenie zawartości siarki. Oznaczenie zawartości siarki pirytowej w węglu kamiennym i brunatnym.*
- PN-80/G-04511: *Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości wilgoci.*
- PN-80/G-04512: *Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości popiołu metodą wagową.*
- PN-81/G-04513: *Paliwa stałe. Oznaczanie ciepła spalania i obliczanie wartości opałowej.*
- PN-83/N-01052/07: *Statystyka matematyczna. Badania statystyczne. Badanie zgodności rozkładu właściwości w populacji z rozkładem teoretycznym.*
- PN-86/N-01052/10: *Statystyka matematyczna. Badania statystyczne. Badanie współczynników regresji między właściwościami o dwuwymiarowym rozkładzie normalnym.*
- PN-86/N-01052/11: *Statystyka matematyczna. Badania statystyczne. Badanie współczynnika korelacji między właściwościami o dwuwymiarowym rozkładzie normalnym.*
- PN-90/G-04514/16: *Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości siarki całkowitej i popiołowej automatycznym analizatorem firmy Leco.*
- PN-91/G-04510: *Paliwa stałe. Symbole i współczynniki przeliczeniowe.*
- PN-G/04200: *Kopaliny. Próbki geologiczne. Ogólne wytyczne pobierania.*

Summary

The research of local, horizontal variability of qualitative lignite parameters from Bełchatów area (central part of the Bełchatów deposit) relied on samples of lignite analysis, early taken from small area (8×8 m) which was located in the central part of deposit (Fig. 1). In this article the studied area is named the experimental area (Fig. 2).

Chemical analysis lignite samples were carried by the KWB Bełchatów Laboratory (Tab. 1).

To the analysis was choose four main, from the point of view of coal utilization lignite, parameters on “as received” basis: total moisture (W_i^r), ash content (A^r), calorific value (Q_i^r) and sulfur content (S_i^r) (Tab. 2).

In the research statistical methods were used, like simple statistics, distribution analysis, correlation and regression analysis.

Results of the simple statistics of main lignite qualitative parameters beyond little lower capacity of the sulfur content parameter are contained in the limits which are published by the Bełchatów mine (Tab. 3). Most strongly variable in the local scale lignite parameters were ash content and sulfur content (Tab. 2).

Carried analyses have exerted that the part of parameters (calorific value and sulfur content) is featured by multiple lowest variables comparing to the same parameters general variables in the whole Bełchatów area. In the case of two other lignite parameters (total

moisture and ash content) we might talk about comparable levels of local variation (in the experimental area) and general variation (Tab. 4). Being aware of the fact that given findings come from a one source and they don't have illustrate a level local variability in whole deposit, it might be well to consider execution a comparative research in other areas and exploitation levels of the Bełchatów deposit. Described specificity, in the case of confirming it in the other parts of deposit, might imply serious problems in the total moisture and ash content estimation and interpretation. Having in mind rank of the problems results of the bad estimate qualitative lignite parameters, local variability researches should entry to the duty of the mine geological survey.

Distributions of all analyzed lignite parameters belong to two types: symmetrical – similar to the normal distribution (total moisture, calorific value and sulfur content) and logarithmic normal, positive skewness distribution (ash content) (Fig. 3, Tab. 5)

Carried research have confirmed statistical significance relationship between ash content and calorific value (Fig. 4D) and total moisture and calorific value (Fig. 4B). Considerable similarity of the regression line dependence between summary moisture and ash content and calorific value (Fig. 5), to the known from literature regression model for the Tertiary Polish lignite and high coefficient of correlation empirical dependence, shows high degree of confidence to the analyzed data.