

POZYCJA WĘGLA BRUNATNEGO ZE ZŁOŻA DĘBY SZLACHECKIE W KLASYFIKACJACH MIĘDZYNARODOWYCH

LOCATION OF THE LIGNITE FROM THE DĘBY SZLACHECKIE DEPOSIT IN THE INTERNATIONAL CLASSIFICATIONS

SANDRA PAWELEC¹, BARBARA BIELOWICZ¹

Abstrakt. Złoże Dęby Szlacheckie jest jednym z perspektywicznych złóż węgla brunatnego w Polsce. Jest ono zlokalizowane na granicy wału kujawsko-pomorskiego i niecki łódzkiej. Jest to złoże rozpoznane w kategorii C₁, którego zasoby bilansowe wynoszą 103 171 tys. Mg. Serię produktywną tworzy jeden I środkowopolski pokład węgla brunatnego o miąższości od 2,9 do 14,0 m, wieku środkowomiocenińskiego. Celem prezentowanej pracy jest scharakteryzowanie podstawowych parametrów technologicznych węgla brunatnego oraz zaklasyfikowanie go według obowiązujących obecnie norm.

Węgiel ze złoża Dęby Szlacheckie wykazał dobrą jakość technologiczną. Zawiera średnio 54,0% wag. wilgoci w stanie roboczym, 24,3% wag. popiołu w stanie suchym oraz 1,04% wag. siarki w stanie suchym, przy wartości opałowej 7612 kJ/kg. Zbieżność parametrów jakościowych węgla ze złoża Dęby Szlacheckie do węgla występujących w innych aktualnie eksploatowanych złożach KWB Konin daje możliwość przedłużenia działalności elektrociepłowni Konin lub Pątnów.

Według klasyfikacji *International Classification of In-Seam Coal* badany węgiel to *Humic low-rank C (orto-lignite)*. Na podstawie *Low Rank Coal Utilization – International Codification System* badany węgiel według wartości średnich ma zapis kodowy *Humic low-rank C (orto-lignite) 08 71 24 10*. W klasyfikacji PN-ISO 11760:2007 badany węgiel scharakteryzowano jako lignit/węgiel brunatny C (niski stopień uwęglenia) umiarkowanie wysokowitrynowy, umiarkowanie wysokopopiołowy.

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, jakość węgla, klasyfikacje węgla, Dęby Szlacheckie, KWB Konin.

Abstract. The Dęby Szlacheckie lignite deposit is one of the prospective deposits of Poland. It is located between the Pomeranian Trough and Łódź Basin. The abovementioned deposit is classified to the C₁ category of exploration, while its balance resources amount to 103,171 thousand Mg. Productive series is composed of one lignite seam with a thickness ranging from 2.9 to 14.0 metres. It is the 1st Mid-Polish lignite seam of Middle Miocene age. The aim of the present paper is to characterize the basic technological parameters of lignite and classify them according to the current standards.

Lignite from the Dęby Szlacheckie deposit is of good technological quality. It is characterized by the average moisture content of 54.0% by weight, average ash content on a dry basis amounting to 24.3% by weight, average sulphur content (dry basis) of 1.04%, and the net calorific value amounting to 7,612 kJ/kg. Both lignite from the Dęby Szlacheckie deposit and the other currently exploited deposits of the KWB Konin lignite have similar quality parameters, which offers the possibility of continued operation of the Konin and Pątnów combined heat and power plants.

According to the *International Classification of In-Seam Coals*, the tested coal can be classified as *humic low-rank C (ortho-lignite)*. On the basis of the *Low Rank Coal Utilization – International Codification System*, the international code – based on average values – of the examined coal is: *humic low-rank C (Ortho-lignite) 08 71 24 10*. According to the PN-ISO 11760:2007 Classification of Coals, the tested coal is classified as moderately high-vitrain, moderately high-ash lignite/low rank C.

Key words: lignite, lignite quality, lignite codification, Dęby Szlacheckie, Konin Lignite Mine.

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: spawelec@agh.edu.pl, bbiel@agh.edu.pl.

WSTĘP

Eksploracja i przetwarzanie węgla, w dobie zmieniającego się klimatu, są coraz bardziej problematyczne. W Polsce węgiel jest stosowany głównie jako paliwo przemysłowe do wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej. Polska jest czwartym na świecie, a drugim w Unii Europejskiej, producentem węgla brunatnego. Do połowy XX wieku w produkcji energii dominował węgiel kamienny, jednak w ciągu ostatnich kilku dekad ten trend stopniowo maleje. Spowodowane jest to restrukturyzacją i likwidacją kolejnych kopalń węgla kamiennego oraz wzrostem wydobycia i popytu na węgiel brunatny. Wynika to z faktu występowania bogatych złóż i stosunkowo niskiej ceny węgla brunatnego, z którego wyprodukowanie energii elektrycznej jest tańsze o ok. 20–30% od energii elektrycznej produkowanej z węgla kamiennego. Od wielu lat ponad 1/3 krajowej energii elektrycznej (53–55 TWh), jest produkowana przez elektrownie spalające węgiel brunatny (Widera i in., 2016). Strukturalnie branża węgla brunatnego w Polsce jest oparta na pięciu kopalniach połączonych z elektrowniami (Kasztelewicz, 2011). Są to:

- KWB Adamów – dwa złoża węgla: Adamów i Koźmin,
- KWB Bełchatów – dwa złoża węgla: Bełchatów, Szczerców, przygotowywane złożo Złoczew,
- KWB Konin – trzy złoża węgla: Pątnów IV, Drzewce i Tomisławice, przygotowywane złożo Dęby Szlacheckie i Ościsłowo,
- KWB Turów – złożo węgla: Turów,
- KWB Sieniawa – złożo węgla Sieniawa (Szufflicki i in., 2015).

Obecnie wydobywa się ok. 64 mln t węgla brunatnego rocznie (Szufflicki i in., 2015). Ten stan jest możliwy do utrzymania jeszcze przez ok. 15 lat, a następnie, jeżeli nie zostaną udostępnione do eksploatacji nowe złoża, wydobycie

tego surowca zacznie się gwałtownie zmniejszać. Taki spadek wydobycia może uniemożliwić realizację prognozowanego planu rozwoju gospodarczego Polski, który zakłada podwojenie produkcji energii elektrycznej do 2030 r. Wymaga to dobudowy nowych mocy wytwórczych oraz zmodernizowania już istniejących (Bromowicz i in., 2015). W związku z tą sytuacją, należy podjąć działania służące zagospodarowaniu nowych złóż węgla brunatnego. Jednym z perspektywicznych złóż, aktualnie rozpoznawanych, jest złożo Dęby Szlacheckie.

Celem prezentowanej pracy jest scharakteryzowanie podstawowych parametrów technologicznych węgla brunatnego ze złoża Dęby Szlacheckie oraz ustalenie jego pozycji w aktualnych międzynarodowych klasyfikacjach węgla. Obecnie jedynym obowiązującym dokumentem pomocniczym przy ocenie jakości kopaliny na etapie dokumentowania złoża jest Instrukcja Ministerstwa Gospodarki i Energetyki nr 3/1982 (GW-KB 94/82). Dodatkowo od 2007 r. obowiązuje w Polsce norma PN-ISO 11760:2007, będąca ogólną praktyczną klasyfikacją węgla bez części kodowanej. Jednakże w przemyśle w Polsce nadal stosuje się wycofaną klasyfikację *Węgiel brunatny do celów energetycznych – Wskaźniki kodowe* (PN-91/G-97051/01). Z drugiej strony przedsiębiorcy coraz częściej używają także Międzynarodowej Klasyfikacji Węgla w Pokładzie (*International Classification of Coal in Seam*, 1998), w której węgiel jest charakteryzowany za pomocą: stopnia uwęglenia, składu petrograficznego i gatunku określanego ilością zanieczyszczeń mineralnych. Uzupełnieniem tej klasyfikacji jest Międzynarodowa klasyfikacja kodowa dla użytkowania węgla niskouwęglonego (*LowRank Coal Utilization – International Codification System*, 2002).

LOKALIZACJA I FORMA ZŁOŻA

Złożo węgla brunatnego Dęby Szlacheckie administracyjnie jest zlokalizowane na terenie dwóch gmin: Babiak i Koło, znajdujących się w powiecie kolskim województwa wielkopolskiego. Pod względem geograficznym położone jest na granicy Nizin Wielkopolskich i Pojezierza Północno-Polskiego (Kondracki, 2002), natomiast pod względem geologicznym – na granicy wału kujawsko-pomorskiego i niecki łódzkiej (fig. 1) (Narkiewicz, Dadlez, 2008). Jest to złożo pokładowe, rozpoznane w kategorii C₁ o zasobach bilansowych wynoszących 103 171 tys. Mg (Szufflicki i in.,

2015). Powierzchnia złoża wynosi 2127,3 ha. Ma ono kształt rozczłonkowanej elipsy o długości ok. 11 km i szerokości w części północnej 1,5–4,0 km, a w części południowej – 7 km. Forma złoża jest wynikiem działania erozyjnych procesów wód polodowcowych, które przyczyniły się do powstania dolin i rynien rozcinających pokład węgla. Osady paleogenu i neogenu nie są zaburzone glacitektonicznie. W podłożu mezozoicznym wstępują struktury fałdowe oraz prawdopodobne uskoki (Bogacz i in., 2014).

GEOLOGIA

Według klasyfikacji genetycznej złożo Dęby Szlacheckie należy do typu epejrogenicznego i tektonicznego (Kasiński, Piwocki, 2002; Widera, 2016). Najstarszymi poznanymi osadami, znajdującymi się głęboko w podłożu złoża, są twory

cechsztyńskie w strukturze solnej Izbica Kujawska–Kłoda-wa–Łęczycza. Powyżej przekraczająco zalegają dolomity ju-



Fig. 1. Lokalizacja złoża węgla brunatnego Dęby Szlacheckie (wg Kasińskiego i in., 2006; uzupełniona)

Location of the Dęby Szlacheckie lignite deposit (after Kasiński *et al.*, 2006; supplemented)

rajskie z przewarstwieniami piaskowców, na których stwierdzono margle wapienste oraz piaszczyste z okresu kredy górnej (fig. 2). Strop osadów kredowych jest dość mocno zróżnicowany na obszarze całego złoża z powodu zaburzeń tektonicznych. Zauważalna jest tendencja do ich pogłębiania w kierunku północno-zachodnim. Na utworach kredy znajduje się paleogeńska zielonkawa zwietrzelina marglistą z glaukonitem o miąższości od 0,5 do 1,5 m. Powyżej wykształcone są skały oligocenu w formie ciemnoszarych i brunatnych mułowców pylasto-piaszczystych oraz piasków kwarcowo-glaukonitowych. Miąższość oligocenu w złożu waha się od 0,5 do 20,0 m. Neogen rozpoczynają środkowomiocénskie osady formacji ścinawskiej, reprezentowanej przez drobnoziarniste piaskowce kwarcowe z kilkunastocentymetrowymi warstwami węgla. Ponad nimi występuje formacja pawłowicka wykształcona jako osady piaszczysto-pylaste z iłami

i mułkami. Sumaryczna miąższość formacji ścinawskiej i pawłowickiej wynosi ok. 30 m. Bezpośrednie podłoże osadów węglowych tworzy formacja adamowska. Są to piaski o miąższościach od 5 do 10 m, szare przechodzące w czarno-brunatne z zauważalnym detrytusem. Zasadniczą częścią złoża węgla brunatnego jest kompleks węglowy zaliczany do dolnej części formacji poznańskiej (Piwocki, Ziemińska-Tworzydło, 1995) w obrębie, którego występuje I pokład węgla brunatnego (Widera, 2016). Jest to jeden zwarty pokład o miąższości od 2,9 do 14,0 m, średnio 6,8 m, zapadający w kierunku wschodnim. Głównymi litotypami węgla brunatnego występującymi w złożu są węgiel detrytowy oraz ksyloedetrytowy ze średnią zawartością ksyliłów ok. 20%. Lokalnie w węglu zaznacza się bituminizacja oraz fuzynizacja. W serii węglowej występują także przerosty zwęglonych iłów i piasków. Powyżej węgla zalegają ciemnoszare ily poz-

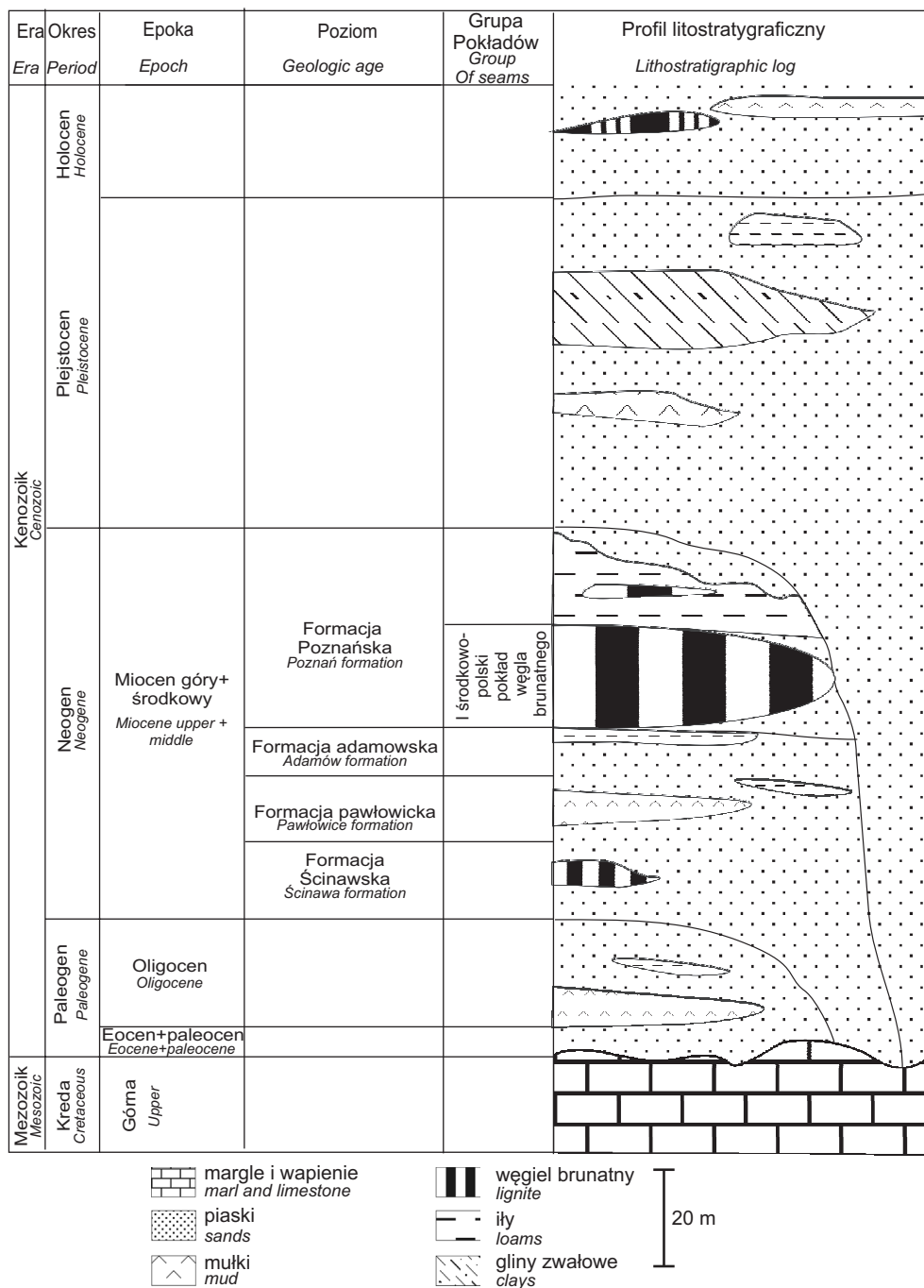


Fig. 2. Profil litostratygraficzny osadów w złożu węgla brunatnego Dęby Szlacheckie

Lithostatigraphic section of Dęby Szlacheckie lignite deposit

nańskie z kilkucentymetrowymi wkładkami węgla brunatnego. Całość profilu zakryta jest pokrywą czwartorzędową o miąższości dochodzącej do 80 m, reprezentowaną przez

plejstoceńskie piaski i gliny zwałowe, piaski i żwiry pochodzenia fluwioglacjalnego oraz holocenijskie gleby. Średnia grubość nakładu wynosi ok. 85,2 m (Bogacz i in., 2014).

METODY BADAŃ

Cena węgla brunatnego jest uzależniona od kosztów wydobycia, które są ściśle związane z warunkami geologiczno-górnictwem danego złoża oraz jakością węgla. Dlatego też

analiza techniczna jest kluczowa do oceny przydatności krajowego surowca dla energetyki. Określono jakość węgla na podstawie wyników analiz parametrów technologicznych

tylko wilgotności całkowitej węgla w stanie roboczym (W_f^r), zawartości popiołu w stanie suchym (A^d), wartości opałowej w stanie roboczym (Q_f^r) oraz zawartości siarki w stanie suchym (S_f^d), wykonanych w latach 2011–2013 przez Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A. w Krakowie. W związku z tym zbadano dane pochodzące z 73 otworów wiertniczych, na podstawie których stworzono według uśrednionych wyników (metodą średnich ważonych) mapy izolinowe rozkładu parametrów jakościowych. Mapy wykonano w programie Surfer 10 przy użyciu metody krigingu. Kontur złoża wyznaczono przez 1488 współrzędne układu 2000. W celu opracowania wyników i zbadania związków między wyznaczonymi parametrami wykonano szereg badań statystycznych w zakresie statystyki podstawowej i opisowej przez wyznaczenie: średniej, minimum, maksimum, odchylenia standardowego i współczynnika zmienności. Opis statystyczny wykonano na podstawie 322 próbek pobranych w interwałach ok. 1 m z rdzeni wiertniczych. W dalszej kolejności badano rozkład danych za pomocą wykreślonego dla nich histogramu. Następnie histogram ten porównano z naniesionym na niego rozkładem normalnym. W przypadku histogramu wielomodalnego zastosowano przekształcenie do rozkładu normalnego. Określono także współczynniki zmienności poszczególnych parametrów oraz przeprowadzono ocenę ich zmienności (tab. 1).

Tabela 1

Klasyfikacja stopnia zmienności na podstawie wartości współczynników zmienności (Mucha, 1994)

Classification of the degree of variability based on the values of variation coefficients (Mucha, 1994)

Współczynnik zmienności [%]	Zmienność
0–20	Bardzo słaba
21–40	Słaba
41–60	Umiarkowana
61–80	Dosyć silna
81–100	Silna
>100	Bardzo silna

Dodatkowo badany węgiel zaklasyfikowano zgodnie z Międzynarodową klasyfikacją węgla w pokładzie (1998), Międzynarodową klasyfikacją kodową dla użytkowania węgla niskouwęglonego (2002) oraz Polską klasyfikacją węgla (PN-ISO 11760/2007).

PARAMETRY JAKOŚCIOWE

W złożu Dęby Szlacheckie serię produktywną tworzy I środkowopolski pokład węgla brunatnego, wieku środkowioceńskiego (Widera, 2016). Pokład ten swoje największe rozprzestrzenienie wykazuje na monoklinie przedsudeckiej, bloku przedsudeckim, niecce mogiłęnsko-łódzkiej i wale kujawskim (Ney, 1996). Na obszarach tych występuje wiele złóż węgla brunatnego, które są lub były wcześniej

przedmiotem eksploatacji m.in. Władysławów, Lubstów, Adamów, Drzewce oraz Pątnów.

WILGOĆ CAŁKOWITA

Wilgość całkowita jest najmniej zmiennym parametrem w złożu Dęby Szlacheckie. Średnia jej wartość wynosi

Tabela 2

Analiza statystyczna parametrów technologicznych węgla ze złoża Dęby Szlacheckie
Statistical analysis of technological parameters of lignite from the Dęby Szlacheckie deposits

Lp.	Parametry statystyczne	Wilgość całkowita (W_f^r)	Popielność (A^d)	Wartość opałowa (Q_f^r)	Siarka całkowita (S_f^d)
1.	Średnia arytmetyczna	54,4% wag.	24,3% wag.	7612 kJ/kg	1,04% wag.
2.	Średnia ważona	54,0% wag.	24,3% wag.	7655 kJ/kg	1,59% wag.
3.	Wartość minimalna	28,2% wag.	9,8% wag.	2500 kJ/kg	0,11% wag.
4.	Wartość maksymalna	63,7% wag.	67,4% wag.	9993 kJ/kg	6,22% wag.
5.	Grupa modalna	55,0–60,0% wag.	15,0–20,0% wag.	7000–8500 kJ/kg	0,00–1,00% wag.
6.	Odchylenie standardowe	4,4	11,5	1034	0,95
7.	Współczynnik zmienności	8,18%	47,18%	13,58%	91,23%
8.	Zmienność	bardzo słaba	umiarkowana	bardzo słaba	silna

54,4% wag., przy maksymalnej 63,7% wag. oraz minimalnej 28,2% wag. (tab. 2). Wartości wilgotności poniżej 40,0% są najprawdopodobniej związane z dużą ilością substancji mineralnej w pobranych próbkach węgla. Wykazano, że węgiel brunatny, w którym stwierdzono znaczące ilości popiołu charakteryzuje się niską wilgotnością w stosunku do czystego węgla (Bielowicz, 2012a). Zdecydowana większość obszaru wykazuje wartości wilgotności w przedziale od 53,5–56,5% wag. (fig. 3). Najbardziej wilgotny węgiel spotykany jest w północno-zachodniej oraz południowej części złoża, gdzie wartości wilgotności przekraczają 58,5% wag. Obszary o najmniejszej wilgotności (poniżej 50,5% wag.) znajdują się w centrum oraz na południowym wschodzie. Jest to najprawdopodobniej związane z występowaniem stref zbrekcjowania oraz zapiaszczenia węgla, co sprzyja jego odwodnieniu.

Rozkład wilgotności całkowitej w poszczególnych próbkach wskazuje na dominację węgla o wilgotności wynoszącej od 50 do 60% wag. (fig. 4A). Zdecydowanie mniej jest próbek, w których węgiel charakteryzuje się wilgotnością mniejszą od 50% wag.

Węgiel brunatny ze złoża Dęby Szlacheckie, w porównaniu do innych złóż tego surowca, wykazał pośrednie wartości wilgotności złożowej (tab. 3). Wilgoć całkowita w badanym węglu jest podobna do innych złóż węgla z I środkowopolskim pokładem.

POPIELNOŚĆ

W Polsce przyjęto zawartość 40,0% wag. popiołu w stanie suchym jako maksymalną granicę umożliwiającą wykorzystanie węgla brunatnego do celów energetycznych (Kwiecińska, Wagner, 1997; Instrukcja GW-KB 94/82). W złożu Dęby Szlacheckie tylko 30 próbek węgla przekroczyło tę normę. Są to wartości skrajne i występują jedynie w 11 otworach wiertniczych we wschodniej części złoża. Związane jest to z głębszym zaleganiem węgla i zwiększoną zawartością piasku. Średnia popielność węgla to 24,3% wag. przy maksymalnej 67,4% wag. i minimalnej 9,8% wag. (tab. 2). Jednak przeważające zasoby złoża wykazują popielność rzędu 16,0–24,0% wag. popiołu w stanie suchym. Najmniejsze wartości stwierdzono w południowej i centralnej partii złoża, gdzie parametr ten jest niższy od 14,0% wag. (fig. 5). Na podstawie współczynnika zmienności zaklasyfikowano ten parametr do umiarkowanej grupy zmienności.

Dla złoża Dęby Szlacheckie najliczniej występujące wartości popielności zawierają się w przedziale 10,0–20,0% wag. (fig. 4B). Popielność poniżej 10,0% wag. wykazała jedna próbka węgla, natomiast 30 próbek przekroczyło wartość 40,0% wag., która klasyfikuje węgiel jako odpad produkcyjny.

Średnia popielność zawiera się w przedziałach wyznaczonych przez minimalną i maksymalną wartość tego parametru z innych złóż węgla (tab. 3).

WARTOŚĆ OPAŁOWA

Wartość opałowa jest obecnie najlepszym wskaźnikiem wartości cieplnej paliwa. Dla złoża Dęby Szlacheckie wynosi ona średnio 7612 kJ/kg, maksymalnie 9993 kJ/kg oraz minimalnie 2500 kJ/kg (tab. 2). Jest to parametr o bardzo słabej zmienności. Świadczy o tym fakt, że ponad 80% obszaru złoża wykazuje wartość opałową w przedziale 7001–9000 kJ/kg (fig. 6). Najbardziej korzystna wartość opałowa występuje w północnej i centralnej części złoża (powyżej 9000 kJ/kg). Najniższe wartości (poniżej 6000 kJ/kg) stwierdzono tylko w 20 próbkach (13 otworów) w południowej części złoża (fig. 6).

Większość próbek (ponad 80%) węgla brunatnego ze złoża Dęby Szlacheckie charakteryzuje się wartościami opałową w przedziale od 7000 do 9000 kJ/kg. Obszary o większych wartościach (powyżej 9000 kJ/kg) występują dość rzadko (19 próbek). Tylko jedna próbka wykazała wartość opałową rzędu 2500 kJ/kg (fig. 4C).

Średnia wartość opałowa w badanym złożu jest podobna do tych, które są obserwowane w innych złożach z I pokładem węgla (tab. 3). W Dębach Szlacheckich wartość opałowa jest zbliżona do wartości ze złoża Władysławów, oddalonego od złoża Dęby Szlacheckie o ok. 20 km na zachód.

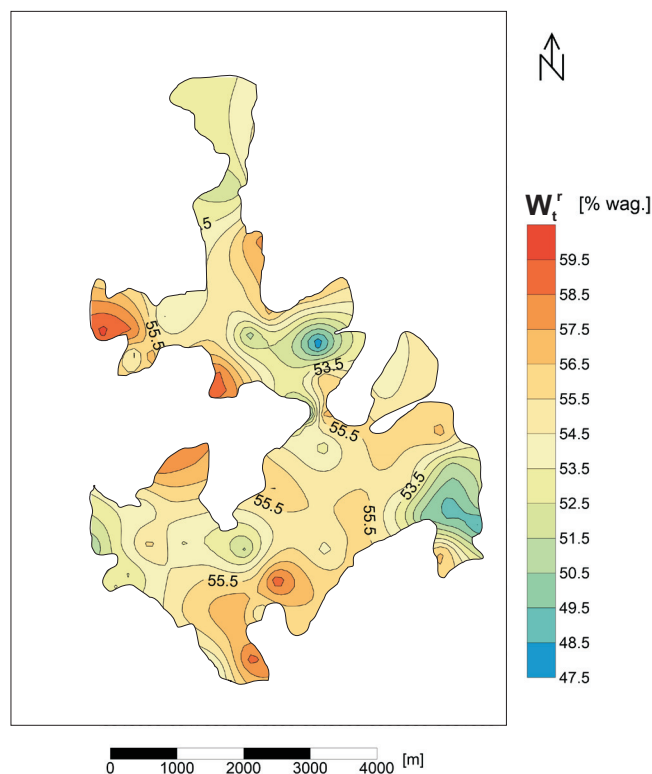


Fig. 3. Mapa izoliniowa wilgotności całkowitej węgla w złożu Dęby Szlacheckie

Isoline map of total lignite moisture from the Dęby Szlacheckie deposit

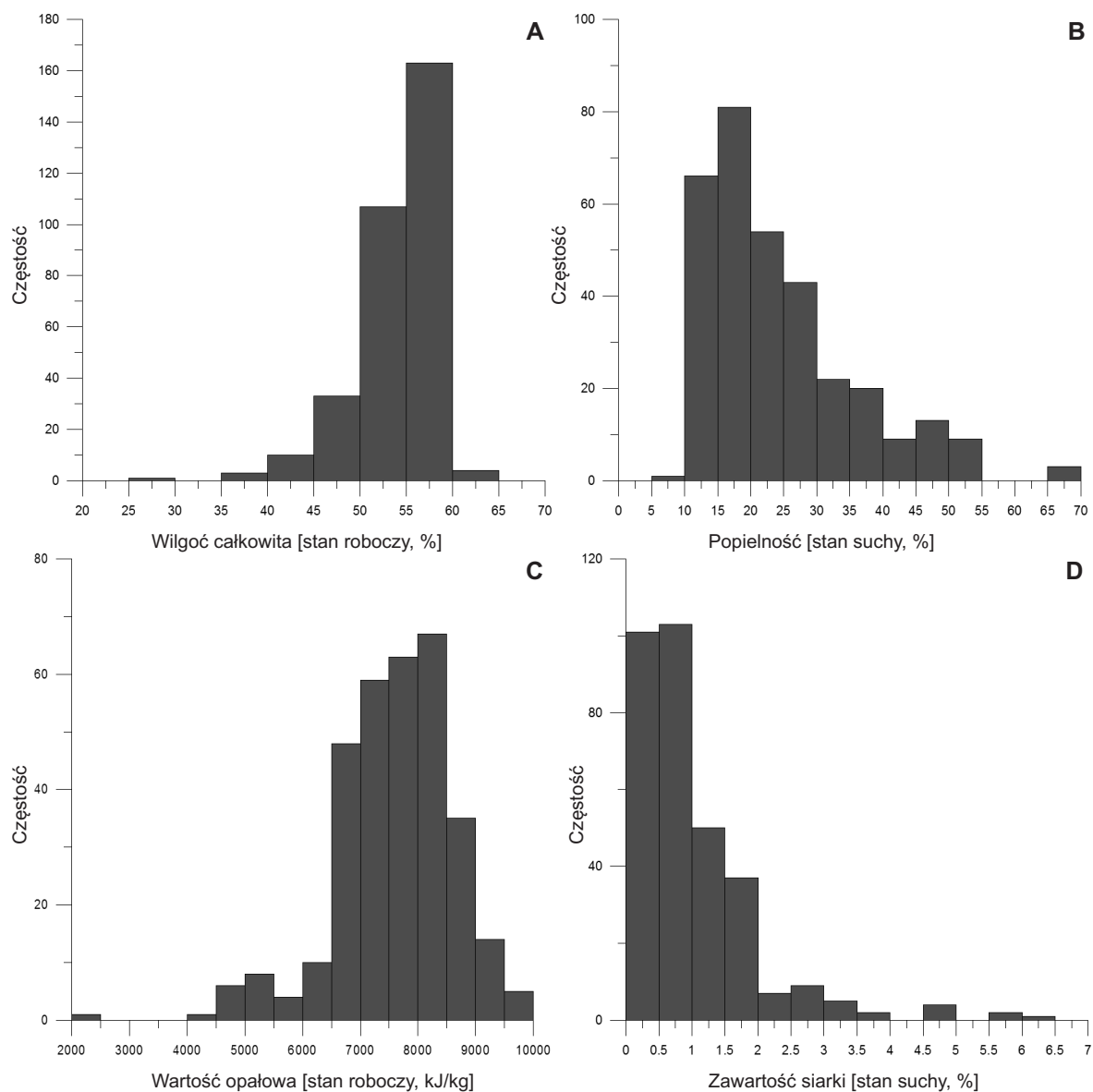


Fig. 4. Rozkład wartości parametrów technologicznych węgla brunatnego ze złoża Dęby Szlacheckie

Distribution of values of technological parameters of lignite from the Dęby Szlacheckie deposit

Tabela 3

Parametry jakościowe wybranych złóż węgla brunatnego (Bielowicz, 2012a, uzupełnione)

Technological parameters of selected lignite deposits (Bielowicz, 2012a, supplemented)

Złoża węgla brunatnego	Grupa pokładów	Wilgoć całkowita (W_t^d)	Popielność (A^d)	Wartość opałowa (Q_t^d)	Siarka całkowita (S_t^d)
		% wag.	% wag.	kJ/kg	% wag.
Dęby Szlacheckie	I	54,0	24,3	7612	1,04
Władysławów	I	46,3	27,3	7602	0,85
Lubstów	II	50,5	11,0	10354	1,27
Drzewce	I	58,4	12,7	8450	1,48
Ościsłowo	I	54,6	25,4	10272	1,75
Bełchatów	II+III	53,5	18,0	7879	1,13

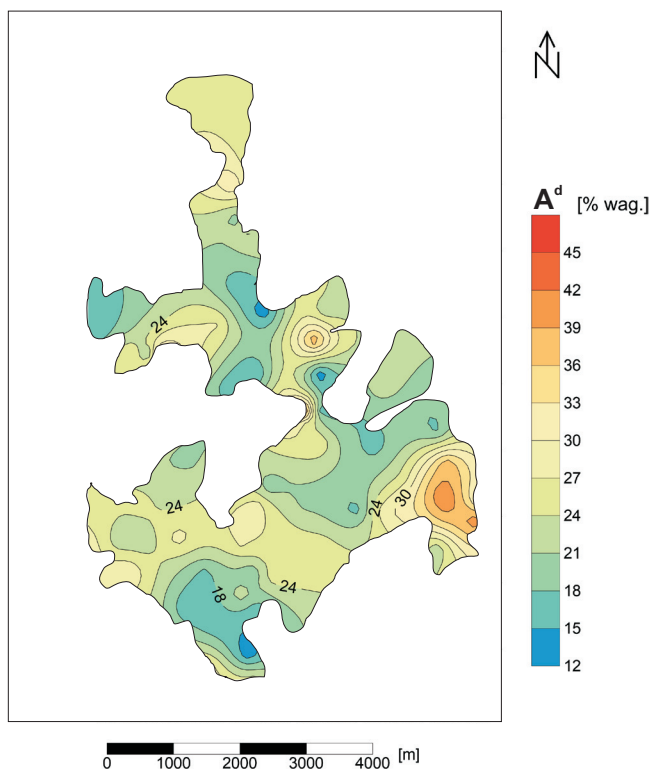


Fig. 5. Mapa izoliniowa popielności węgla w złożu Dęby Szlacheckie

Isoline map of ash content on a dry basis of lignite from the Dęby Szlacheckie deposit

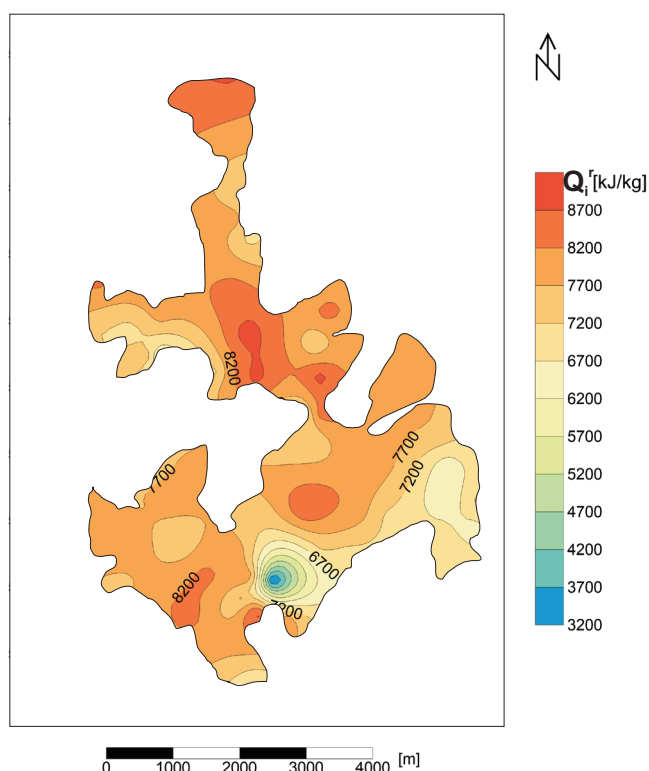


Fig. 6. Mapa izoliniowa wartości opalowej węgla w złożu Dęby Szlacheckie

Isoline map of net calorific value of lignite from the Dęby Szlacheckie deposit

ZAWARTOŚĆ SIARKI CAŁKOWITEJ

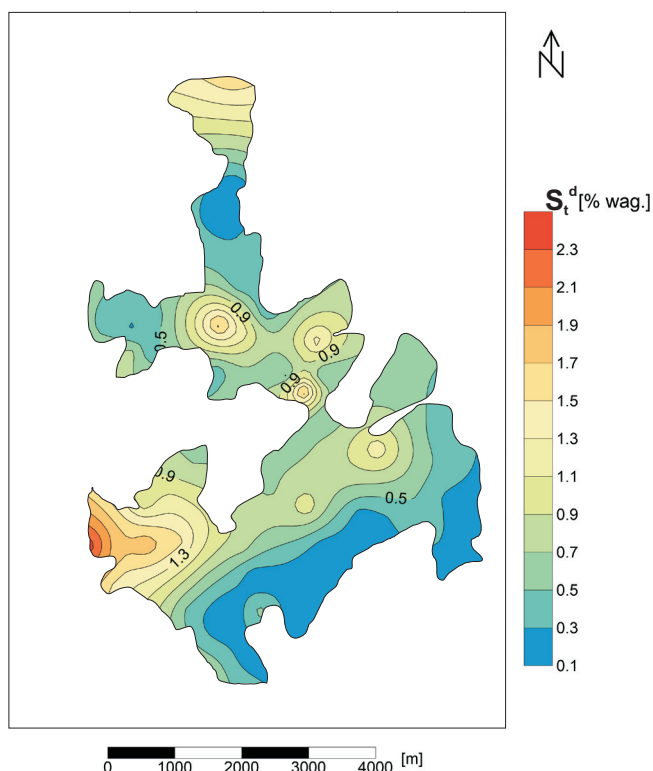
Rozkład zawartości siarki całkowitej w stanie suchym w złożu Dęby Szlacheckie jest bardzo nierównomierny. Średnia zawartość wynosi 1,04% wag., przy wartości minimalnej 0,11% wag. oraz maksymalnej 6,22% wag. (tab. 2). Jest to najbardziej zmienny parametr w złożu. Obszary o podwyższonej zawartości siarki występują głównie w północnej i południowo-zachodniej części złoża. Natomiast węgiel o obniżonej zawartości siarki jest charakterystyczny dla obszaru centralnego i południowo-wschodniego (fig. 7). Ponad 80% próbek węgla wykazało, że zawartość siarki jest niższa od 2,00% wag., dlatego z technologicznego punktu widzenia jest to węgiel słabo zasiarzony.

Rozkład zawartości siarki całkowitej wskazuje, że zdecydowaną grupą modalną jest przedział od 0,00 do 1,00% wag. 60 próbek wykazało zawartości siarki powyżej 2,00%, są one głównie związane ze strefami granicznymi złoża (fig. 4D).

Zawartość siarki całkowitej w węglu ze złoża Dęby Szlacheckie jest jedną z najniższych wartości wśród opisywanych złożeń (tab. 3). Świadczy to o tym, że spalanie tego węgla będzie mniej uciążliwe dla środowiska.

Fig. 7. Mapa izoliniowa całkowitej zawartości siarki w węglu ze złoża Dęby Szlacheckie

Isoline map of total sulphur content on a dry basis in lignite from the Dęby Szlacheckie deposit



WĘGIEL ZE ZŁOŻA DĘBY SZLACHECKIE W KLASYFIKACJACH

INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF COAL IN SEAM

Klasyfikacja węgla w pokładzie jest stosowana dla wszystkich typów węgla – tak brunatnego, jak i kamiennego – które charakteryzowane są na podstawie średniej refleksyjności wityrnytu, składu petrograficznego węgla w przeliczeniu na stan bezmineralny oraz popielności w stanie suchym. Dodatkowo dla węgla niskouwęglonego stosuje się również ciepło spalania w stanie maksymalnej zdolności chłonięcia wilgoci w przeliczeniu na stan bezmineralny (Bielowicz, 2012b). Według stopnia uwęglenia cały szereg węglowy został podzielony na węgiel niskouwęglony (*low-rank*) – *lignite* i *subbituminous coal*, średniouwęglony (*medium-rank*) – *bituminous coal* i wysokouwęglony (*high-rank*) – *anthracite*. *Low-rank* (niski stopień) w klasyfikacji węgla w pokładzie to węgiel o całkowitej wilgotności określanej według standardu ISO 1015 poniżej 75%, którego ciepło spalania w stanie maksymalnej zdolności chłonięcia wilgoci, ale w przeliczeniu na stan bezmineralny, jest wyższe od 8,3 MJ/kg, a niższe niż 24,0 MJ/kg. Parametr ten wyznacza jednocześnie podział węgla na trzy klasy, tj.:

- niski stopień uwęglenia C (*low-rank C, ortho-lignite*) określa węgiel, którego ciepło spalania w stanie maksy-

malnej zdolności chłonięcia wilgoci i bezpopiołowym wynosi 15 MJ/kg, a granicę między nim a torfem, którego klasyfikacja nie wyróżnia, stanowi 75% wilgotności węgla;

- niski stopień uwęglenia B (*low-rank B, meta-lignite*) oznacza węgiel o ciepłe spalania w stanie maksymalnej zdolności chłonięcia wilgoci i bezpopiołowym (*maf*) w granicach 15–20 MJ/kg;
- niski stopień uwęglenia A (*subbituminous coal*) to węgiel charakteryzujący się ciepłem spalania w stanie maksymalnej zdolności chłonięcia wilgoci i bezpopiołowym od 20 do 24 MJ/kg i refleksyjnością średnią wityrnytu poniżej 0,5%.

Według tej klasyfikacji badany węgiel to *humic low-rank C (ortho-lignite)*. Klasyfikację zaprojektowano na podstawie wartości minimalnych, maksymalnych oraz średnich wyżej wymienionych parametrów (fig. 8).

LOW RANK COAL UTILIZATION – INTERNATIONAL CODIFICATION SYSTEM

Międzynarodowa klasyfikacja kodowa dla użytkowania węgla niskouwęglonego jest uzupełnieniem *Klasyfikacji węgla w pokładzie*, która stanowi jej pierwszą część. Część dru-

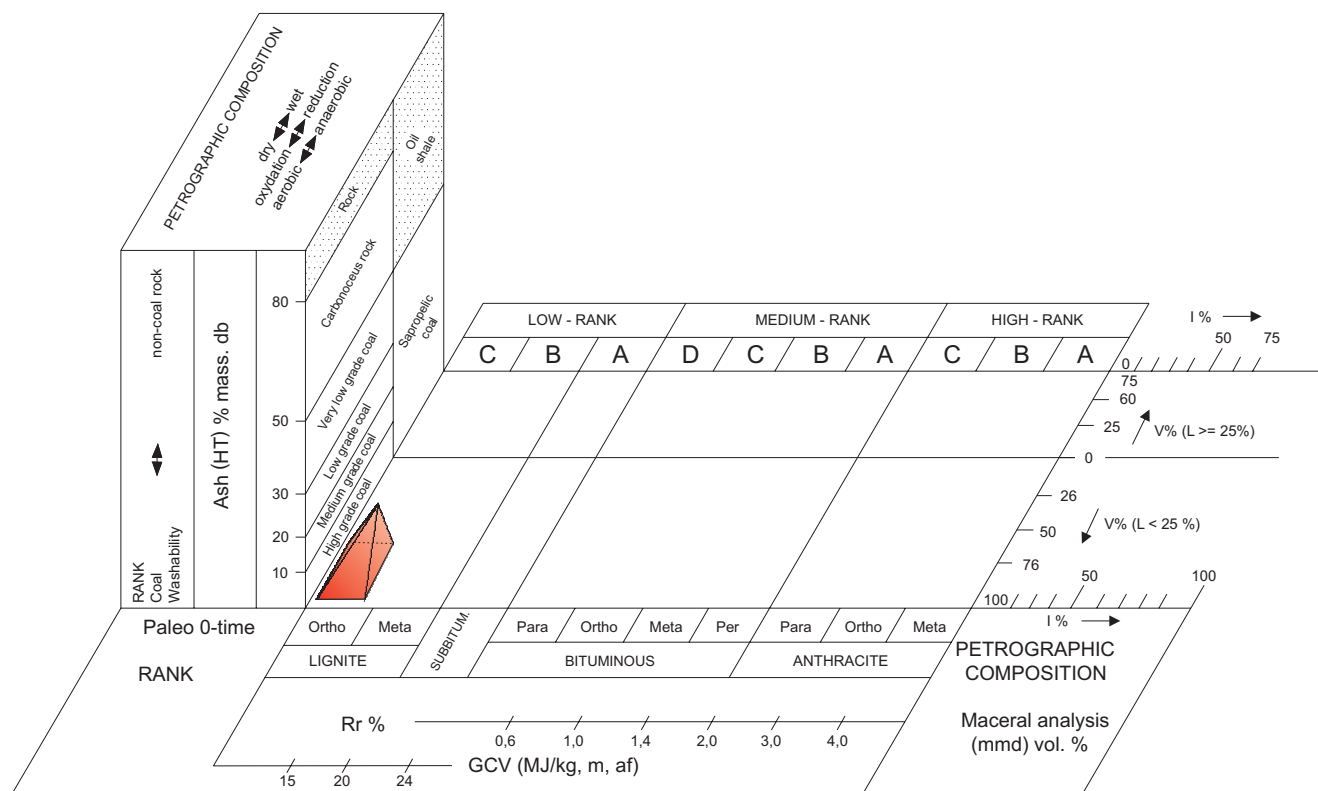


Fig. 8. Pozycja węgla brunatnego ze złoża Dęby Szlacheckie w międzynarodowej klasyfikacji węgla w pokładzie (UN-ECE, ENERGY/1998/19)

Position of lignite from the Dęby Szlacheckie deposit in *The International Classification of In-Seam Coals* (UN-ECE, ENERGY/1998/19)

ga polega na zakodowaniu wartości parametrów technologicznych, tj. ciepła spalania (Q_s^{daf}), całkowitej wilgoci w stanie bezpopiołowym (W_t^{ar}), popielności (A^d) i całkowitej zawartości siarki (S_t^d). W tej części klasyfikacji wprowadzono ośmiocyfrowy kod jakości węgla utworzony na podstawie czterech parametrów głównych, które określają ważne zdaniem twórców właściwości technologiczne. Należą do nich:

- ciepło spalania w MJ/kg, w stanie suchym, bezpopiołowym (Q_s^{daf}) – dwie pierwsze cyfry w klasach o rozstępie 1 MJ/kg. Przykładowo liczba 18 oznacza, że węgiel ma wartość opałową od 18,0 do 18,9 MJ/kg;
- całkowita wilgoć w procentach w stanie bezpopiołowym (W_t^{ar}) – trzecia i czwarta cyfra w klasach o rozstępie 1%. Na przykład liczba 35 oznacza, że wilgoć węgla mieści się w granicach 35,0–35,9%;
- całkowita zawartość popiołu w procentach w stanie suchym (A^d) – piąta i szósta cyfra w klasach o rozstępie 1%. Na przykład liczba 15 oznacza, że popielność węgla mieści się w granicach 15,0–15,9%;
- całkowita zawartość siarki w procentach w stanie suchym (S_t^d) – siódma i ósma cyfra w klasach o rozstępie

0,1%. Przykładowo kod 12 należy rozszyfrować jako zasarczenie węgla w granicach 1,20–1,29%.

Dodatkowo w dokumencie tym zaproponowano zastosowanie parametrów uzupełniających (*supplementary*), które pomagają wyznaczyć kierunek użytkowania dla danego węgla (Bielowicz, 2012a). Badany węgiel według wartości średnich ma zapis kodowy **humic low-rank C (ortho-lignite) 08 71 24 10**.

KLASYFIKACJA WĘGLA ISO 11760:2005

Klasyfikacja ta obowiązuje w Polsce od 2007 r. Zawiera ona trzy człony. Pierwszy dotyczy stopnia uwęglania i jest określany na podstawie wilgoci złożowej w stanie bezpopiołowym. Drugi polega na określeniu zawartości macerałów grupy huminitu bez substancji mineralnej. Trzecim członem jest określenie stopnia czystości węgla na podstawie popielności w stanie suchym (Bielowicz, 2012b). Według tej klasyfikacji badany węgiel scharakteryzowano jako: lignit/węgiel brunatny C (niski stopień uwęglania) umiarkowanie wysokowitrynowy, umiarkowanie wysokopopiołowy (fig. 9).

	niski stopień uwęglania			średni stopień uwęglania			wysoki stopień uwęglania				
	C	B	A	D	C	B	A	C	B		A
100											wysoko witrynowy
80											umiarkowanie wysoko witrynowy
60											średnio witrynowy
40											nisko witrynowy
20											
75	35	0,4	0,5	0,6	1,0	1,4	2,0	3,0	4,0	6,0	
	wilgoć			refleksyjność witryny R%							
	lignit/ węgiel brunatny		twardy węgiel brunatny	węgiel kamienny			antracyt				
	C	B	A	D	C	B	A	C	B	A	
	wysoko popiołowy		umiarkowanie wysoko popiołowy	średnio popiołowy	nisko popiołowy		bardzo nisko popiołowy				
	50	30	20	10	5	0					
	zawartość popiołu (% stan suchy)										

Fig. 9. Klasyfikacja węgla ISO 11760/2005 złoża węgla brunatnego Dęby Szlacheckie

The ISO 11760/2005 Classification for the Dęby Szlacheckie lignite deposit

PODSUMOWANIE

Węgiel brunatny jest jednym z najbardziej znaczących surowców energetycznych na świecie. W Polsce jednym z pięciu producentów węgla brunatnego jest KWB Konin, dzięki której uzyskuje się corocznie ok. 15% najtańszej energii w kraju. Jednym z perspektywicznych złóż, służącym przedłużeniu działalności KWB Konin, jest złożo Dęby Szlacheckie. Jest to złożo niezaburzone tektonicznie oraz zalegające pod stosunkowo niegrubym nadkładem. Badany węgiel wykazał dobre parametry jakościowe. Charakteryzuje się on dobrą wartością opałową, poprawną popielnością oraz bardzo słabym zasiarczeniem. Parametry energetyczne badanego węgla są zbliżone do węgla aktualnie eksploatowanego przez KWB Konin. Jest to o tyle istotne, że aktual-

nie działające elektrownie w Pątnowie czy Koninie nie będą miały problemu z użytkowaniem węgla ze złoża Dęby Szlacheckie. Podsumowując, węgiel brunatny ze złoża Dęby Szlacheckie jest dobrą kopalnią energetyczną, która pozwoli na przedłużenie działalności KWB Konin.

Podziękowania. Autorzy składają serdeczne podziękowania recenzentom pracy za udzielone wsparcie merytoryczne, techniczne oraz konstruktywne uwagi w dyskusji nad pracą.

Praca wykonana w ramach projektu sfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2013/09/D/ST10/04045 oraz Badań Statutowych nr 11.11.140.320.

LITERATURA

- BIELOWICZ B., 2012a — A new technological classification of low-rank coal on the basis of Polish deposits. *Fuel*, **96**: 497–510.
- BIELOWICZ B., 2012b — Schemat nowej technologicznej klasyfikacji krajowego węgla brunatnego zgodnej z zasadami międzynarodowymi. Wydaw. AGH, Kraków, 17–37, 66–74.
- BOGACZ A., FABRYCY K., GUTOWSKI T., JAROSZ M., KUĆ P., JAKUBAS A., 2014 — Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża węgla brunatnego Dęby Szlacheckie w kat. C1, Dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego Dęby Szlacheckie, Karków, 13–44.
- BROMOWICZ J., BUKOWSKI M., HAUSNER J., KASZTELEWICZ Z., KUDŁACZ M., KULCZYCKA J., PIESTRZYŃSKI A., STEINHOFF J., WILCZYŃSKI M., 2015 — Polityka surowcowa Polski. Coś czego nie ma, a jest bardzo potrzebne. Fundacja Gospodarki i Administracji Publicznej, 15–55, 84–121.
- KASIŃSKI J.R., MAZUREK S., PIWOCKI M., 2006 — Waloryzacja i ranking złóż węgla brunatnego w Polsce. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **187**.
- KASIŃSKI J.R., PIWOCKI M., 2002 — Low rank coals in Poland: prospection, mining, progress. *W: Proceedings of the IV European Coal Conference* (red. J. Jureczka, M. Podemski). *Pol. Geol. Inst. Sp. Pap.*, **7**: 18–30.
- KASZTELEWICZ Z. (red.), 2011 — Uwarunkowania zagospodarowania złóż węgla brunatnego na przykładzie planowanej wieloodkrywki Gubin–Mosty–Brody, Wydaw. AGH, Kraków.
- KONDRACKI J., 2002 — Geografia regionalna Polski. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- 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. Wydaw. PPGSMiE PAN, Karków.
- MUCHA J., 1994 — Metody geostatystyczne w dokumentowaniu złóż. Skrypt, Katedra Geologii Kopalnianej. AGH Kraków.
- NARKIWIECZ M., DADLEZ R., 2008 — Geologiczna regionalizacja Polski – zasady ogólne i schemat podziału w planie podkenozoicznym i podpermskim. *Prz. geol.*, **56**, 5: 391–397.
- NEY R. (red.), 1996 — Surowce mineralne Polski. Surowce energetyczne – Węgiel kamienny, Węgiel brunatny. Wydaw. PPGSMiE PAN, Kraków, 291–318.
- PIWOCKI M., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., 1995 — Litostratygrafia i poziomy sporowo-pyłkowe neogenu na Niziu Polskim. *Prz. Geol.*, **43**, 11: 916–927.
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M. (red.), 2015 — Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce według stanu na 31 XII 2014. Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- WIDERA M., 2016 — Genetic classification of Polish lignite deposit: A review. *Int. J. Coal Geol.*, **158**: 107–118.
- WIDERA M., KASZTELEWICZ Z., PTAK M. 2016 — Lignite mining and electricity generation in Poland: The current state and future prospects. *Energy Policy*, **92**: 151–157.

NORMY

- Instrukcja nr 3 Ministerstwa Gospodarki i Energetyki z dnia 10 listopada 1982 (GW-KB 94/82) w sprawie zakresu i metodyki badań węgla brunatnego.
- International Classification of In-Seam Coal, 1998. UN-ECE ENERGY/1998/50.
- Klasyfikacja węgla, 2007, PN-ISO 11760:2007.
- LowRank Coal Utilization – International Codification System, 2002 UN-ECE/ENERGY/50.
- PN-91/G-97051/01 Węgiel brunatny do celów energetycznych- Wskaźniki kodowe.

SUMMARY

In Poland, coal is used primarily to produce electricity and heat. Poland is the fourth largest producer of coal in the world, while the second in the European Union. The Dęby Szlacheckie lignite deposit is one of the prospective, currently explored deposits. The deposit is located between the Wielkopolska Lowlands and Polish Lakelands. In geological terms, it is located between the Pomeranian Swell and Łódź Basin. The aim of the present paper is to characterize the basic technological parameters of lignite from the Dęby Szlacheckie deposit. The lignite deposit was classified on the basis of the aforementioned parameters and the most recent classifications, including: the *International Classification of In-Seam Coals*, PN-ISO 11760:2007 Classification of Coals, and *Low Rank Coal Utilization – International Codification System*. Isopachous maps of the distribution of the quality parameters, such as total moisture, ash content, net calorific value and total sulphur content, were based on data from 73 boreholes. Statistical description has been developed on the basis of 322 samples. The histogram of the obtained values has allowed studying the data distribution, determining the variation coefficient for individual parameters, and to providing an assessment of the variability of the parameters. The average total moisture of the deposit was 54.0% by weight, ash content was 24.3% by weight, while the net calorific va-

lue and the total sulphur content amounted to 7,612 kJ/kg and 1.04% by weight, respectively. It should be noted that the sulphur content has the highest variability in the analyzed deposit.

According to the *International Classification of In-Seam Coal*, the tested coal can be classified as humic low-rank C (ortho-lignite). On the basis of the *Low Rank Coal Utilization – International Codification System*, the international code – based on average values – of the coal is: humic low-rank C (ortho-lignite) 08 71 24 10. According to the PN-ISO 11760:2007 Classification of Coals, the coal is classified as: moderately high-vitrain, moderately high-ash lignite/low rank C.

The analysis has shown that the lignite from the Dęby Szlacheckie deposit and the lignite currently exploited in the KWB Konin mine are characterized by similar parameters. This allows assuming that the Dęby Szlacheckie lignite deposit is suitable for use in the currently operating power plants in Pątnów and Konin. In addition, no tectonic disturbances have been observed in the area, and the deposit is covered by a relatively thin overburden. The tested coal shows good quality parameters. It has a good net calorific value, favourable ash content, and very low sulphur content.