

WYNIKI BADAŃ LITOLOGICZNYCH, STRATYGRAFICZNYCH, PETROGRAFICZNYCH, CHEMICZNO-TECHNOLOGICZNYCH I PETROFIZYCZNYCH UTWORÓW KARBONU

Janusz JURECZKA

STRATYGRAFIA I LITOLOGIA UTWORÓW KARBONU

Poniżej osadów czwartorzędu (otwór Wesola PIG 1) lub miocenu (otwór Wesola PIG 2H) w profilach obu wierceń występują utwory zaliczane do karbońskich formacji molasowych waryscyjskiego cyklu geosynklinalnego, reprezentowane przez utwory węglonośne – krakowską serię piaskowcową (tylko otwór Wesola PIG 2H), serię mułowcową, górnośląską serię piaskowcową i serię paraliczną (według podziału litostratygraficznego Państwowego Instytutu Geologicznego – [fig. 8](#)). Wymienione serie litostratygraficzne, w randze nieformalnych formacji, wyznaczono na podstawie badań próbek okruchowych i profilowania geofizycznego w odcinkach bezrdzeniowych oraz – w odcinkach rdzeniowych – na podstawie szczegółowego opisu litologiczno-sedymentologicznego rdzenia (Jureczka i in., 2015). Seria paraliczna, zalegająca na morskich utworach klastycznych odpowiadających utworom fliszowym (Kotas, 1995), obejmuje całość osadów węglonośnych deponowanych w warunkach paralicznych z wpływami okresowych zalewów morskich. Profile omawianych otworów obejmują tylko niewielką stropową partię tych osadów. Sedymentację w warunkach lądowych reprezentują pozostałe dwie serie litostratygraficzne – górnośląska seria piaskowcowa i seria mułowcowa, a także krakowska seria piaskowcowa, występująca w niewielkim spągowym odcinku w profilu otworu Wesola PIG 2H.

Utwory lądowe zalegają na osadach paralicznych z przerwą stratygraficzną. Na znacznych obszarach zagłębia – w tym również w rejonie otworów Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H – kontakt tych utworów z podłożem przebiega w spągu pokładu węgla 510. Jest to zasadnicza luka stratygraficzna w profilu karbonu GZW, która była i jest żywo dyskutowana (m.in. Gothan, Gropp, 1934; Gothan, 1952; Kotas, Kotasowa, 1984; Jureczka, Kotasowa, 1988; Kotas, 1995; Dopita i in., 1997).

Litologicznie utwory karbonu w profilach otworów Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H są zbudowane z osadowych skał klastycznych i fitogenicznych. Pod względem występowania podstawowych typów litologicznych skał, prze-

wiercony profil utworów karbonu wykazuje stosunkowo małe zróżnicowanie (analogicznie do innych otworów GZW). W GZW istotne zróżnicowanie litologiczne utworów karbonu odzwierciedla się głównie w wielkości udziału poszczególnych typów litologicznych i ich rodzajów, co jest szczególnie widoczne w przypadku utworów fitogenicznych oraz osadów piaszczystych i zlepieńcowych. Niestety, całkowity brak rdzenia z otworu Wesola PIG 2H oraz znacznej części profilu otworu Wesola PIG 1 nie pozwala szczegółowo ocenić zróżnicowania litologicznego w utworach węglonośnych. W szczególności odnosi się to do oceny zmienności piaskowców pod względem uziarnienia. Nie mniej jednak, biorąc pod uwagę wykształcenie profilu karbonu w innych otworach, w tym m.in. w pełnordzeniowych Ruptawa IG 1 i Chełmek IG 1 (Jureczka, 2015, 2018), należy zaznaczyć, że piaskowce o grubszym uziarnieniu (grubo- i bardzo gruboziarniste oraz różnoziarniste) występują głównie w obrębie utworów lądowych, szczególnie w górnośląskiej serii piaskowcowej i krakowskiej serii piaskowcowej. W serii paralicznej piaskowce takie występują sporadycznie. Powodem tych różnic są zmiany facjalne i paleogeograficzne, jakie zachodziły w środowiskach sedymentacji w czasie deponowania osadów karbońskich GZW. Środowiska te były zróżnicowane lateralnie i zmieniające się w czasie, a wydzielane w profilu karbonu jednostki litostratygraficzne odzwierciedlają w ogólnym ujęciu rozwój i zmiany sukcesji węglonośnej: od zanikania sedymentacji osadów morskich w środowiskach przybrzeżnych równin i delt, poprzez okres depozycji osadów paralicznych z wielokrotnymi ingresjami morza na obszary lądowe, na których następowała właściwa sedymentacja węglonośna, aż do całkowitego odcięcia wpływów morza i depozycji osadów lądowych głównie w warunkach rozległych równi aluwialnych rzek roztokowych i meandrujących, z licznymi torfowiskami.

Szczegółowy podział stratygraficzny profili obu wierceń przedstawia [tabela 10](#), przy czym, w przypadku otworu kierunkowego Wesola PIG 2H, podane głębokości jed-

EPOKA SERIES	WIEK STAGE		JEDNOSTKI LITOSTRATYGRAFICZNE LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS									
PENSYLVAN PENNSYLVANIAN	Gżel <i>Gzhelian</i> + Kazimów <i>Kasimovian</i> (?)	STEFAN STEPHANIAN	ARKOZA KWACZAŁSKA <i>KWACZAŁA ARCOSE</i>									
	Moskow <i>Moscovian</i>	WESTFAL WESTPHALIAN	KRAKOWSKA SERIA PIASKOWCOWA <i>Cracow Sandstone Series</i>	warstwy libiąskie <i>Libiąż Beds</i>		warstwy łaziskie s.l. <i>Łaziska Beds s.l.</i>		warstwy orzeskie s.s. <i>Orzesze Beds s.s.</i>		warstwy załęskie <i>Załęże Beds</i>		
				warstwy rudzkie s.s. <i>Ruda Beds s.s.</i>		warstwy siodłowe <i>Saddle Beds</i>		warstwy jejkowickie <i>Jejkowice Beds</i>				
	Baszkir <i>Bashkirian</i>	WESTFAL WESTPHALIAN	SERIA MULOWCOWA <i>Mudstone Series</i>	warstwy rudzkie s.s. <i>Ruda Beds s.s.</i>		warstwy siodłowe <i>Saddle Beds</i>		warstwy jejkowickie <i>Jejkowice Beds</i>		warstwy porębskie <i>Poruba Beds</i>		
				warstwy jejkowickie <i>Jejkowice Beds</i>		warstwy jakłowieckie <i>Jakłovec Beds</i>		warstwy gruszowskie <i>Hrušov Beds</i>		warstwy pietrkowickie <i>Petřkovice Beds</i>		
MISSISSIP MISSISSIPPIAN	Serpuchow <i>Serpukhovian</i>	NAMUR NAMURIAN	GÓRNOŚLAŃSKA SERIA PIASKOWCOWA <i>Upper Silesian Sandstone Series</i>	SERIA PARALICZNA <i>Paralic Series</i>	warstwy grodzieckie* <i>Grodziec Beds</i>		warstwy jakłowieckie <i>Jakłovec Beds</i>		warstwy gruszowskie <i>Hrušov Beds</i>		warstwy pietrkowickie <i>Petřkovice Beds</i>	
					warstwy florowskie* <i>Flora Beds</i>		warstwy gruszowskie <i>Hrušov Beds</i>		warstwy pietrkowickie <i>Petřkovice Beds</i>			
	Wizen <i>Visean</i>	NAMUR NAMURIAN	KULM FLYSCH ASSOCIATION	SERIA PARALICZNA <i>Paralic Series</i>	warstwy sarnowskie* <i>Sarnów Beds</i>		warstwy gruszowskie <i>Hrušov Beds</i>		warstwy pietrkowickie <i>Petřkovice Beds</i>		warstwy pietrkowickie <i>Petřkovice Beds</i>	
					warstwy sarnowskie* <i>Sarnów Beds</i>		warstwy gruszowskie <i>Hrušov Beds</i>		warstwy pietrkowickie <i>Petřkovice Beds</i>		warstwy pietrkowickie <i>Petřkovice Beds</i>	
	Wizen <i>Visean</i>		NAMUR NAMURIAN		KULM FLYSCH ASSOCIATION		WARSTWY MALINOWICKIE <i>Malinowice Beds</i>		WARSTWY ZAŁASKIE <i>Zalas Beds</i>		górne upper dolne lower	

karbon produktywny
coal-bearing Carboniferous

luka stratygraficzna
stratigraphic gap

* - wg podziału Doktorowicza-Hrebnickiego (1935)
w północno-wschodniej części GZW
after Doktorowicz-Hrebnički (1935) in the north-eastern part
of the Upper Silesian Coal Basin

— karbon produktywny
coal-bearing Carboniferous

~ luka stratygraficzna
stratigraphic gap

* - wg podziału Doktorowicza-Hrebnińskiego (1935)
w północno-wschodniej części GZW
*after Doktorowicz-Hrebniński (1935) in the north-eastern part
of the Upper Silesian Coal Basin*

Fig. 8. Podział litostratygraficzny karbonu GZW
(wg Dembowskiego, 1972b; ze zmianami Jureczki, 1988 i Kotasa i in., 1988; z uzupełnieniem Jureczki, 2015)

Lithostratigraphic division of the Carboniferous in the USCB
(after Dembowski, 1972b, Jureczka, 1988; Kotas, 1988; supplemented by Jureczka, 2015)

nostek stratygraficznych i ich miąższości są pozorne, liczone po długości otworu (MD). Nie są to wartości rzeczywiste, od powierzchni terenu. Z tego powodu, podane w tekście wartości odnoszą się do otworu pionowego Wesoła FIG 1 (oprócz krakowskiej serii piaskowcowej).

Procentowy udział poszczególnych typów litologicznych skał w jednostkach stratygraficznych przedstawia [tabela 11](#). Ze względu na ograniczony zasięg rdzeniowania udział ten został ograniczony tylko do określenia podstawowego typu litologicznego, bez uszczegółowienia, np.

Tabela 10

Stratygrafia profili otworów Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H

Stratigraphy of the Wesola PIG 1 and Wesola PIG 2H boreholes

Epoka Series	Wiek Stage			Jednostki litostratygraficzne Lithostratigraphic units		Wesola PIG 1		Wesola PIG 2H	
						Interwał Interval [m]	Mięższność Thickness [m]	Interwał Interval [m MD]	Mięższność Thickness [m MD]
pensylwan	moskow	westfal	B	KSP	warstwy łaziskie	–	–	51,00–127,00	76,00
			A	SM	warstwy orzeskie s.s.	28,00–266,00	238,00	127,00–460,00	333,00
	baszkir	namur	A		warstwy załęskie	266,00–801,86	535,86	460,00–911,00	451,00
			C	GSP	warstwy rudzkie s.s.	801,86–962,05	160,19	911,00–1159,50	248,50
			B		warstwy siódłowe	962,05–977,10	15,05	1318,00–1918,00	600,00
missisp	serpuchow		A	SP	warstwy porębskie	977,10–1000,00	22,90	1159,50–1318,00	160,50

Tabela 11

Procentowy udział podstawowych typów litologicznych w profilu karbonu

Percentage of the basic lithological types in the Carboniferous sediments

Seria Series	ZLP	PSC	MLC	ILC	LPW	LPS	WEH	WES	BKT	SDR
KSP*	43,42	56,58	0,00	0,00	–	–	–	–	–	–
SM**	0,02	26,63	50,02	16,27	0,22	–	6,78	–	–	0,05
GSP**	0,20	31,67	34,83	16,17	0,37	0,11	14,30	0,39	1,97	–
SP**	–	34,06	22,93	39,52	1,09	–	1,97	0,44	–	–

* Wesola PIG 2H, ** Wesola PIG 1

KSP – krakowska seria piaskowcowa; SM – seria mułowcowa; GSP – górnośląska seria piaskowcowa; SP – seria paraliczna; ZLP – zlepieńce; PSC – piaskowce; MLC – mułowce; ILC – ilowce; LPW – łupki węglowe; LPS – łupki sapropelowe; WEH – węgiel humusowy; WES – węgiel sapropelowy; BKT – brekcje tektoniczne; SDR – syderyty

KSP – Cracow Sandstone Series; SM – Mudstone Series; GSP – Upper Silesian Sandstone Series; SP – Paralic Series; ZLP – conglomerates; PSC – sandstones; MLC – mudstones; ILC – claystones; LPW – coal shales; LPS – sapropelic shales; WEH – humic coal; WES – sapropel coal; BKT – tectonic breccia; SDR – siderites

Tabela 12

Procentowy udział rodzajów piaskowców, mułowców i ilowców w rdzeniowanym profilu karbonu

Percentage of sandstones, siltstones and claystones types in the cored Carboniferous sediments

Seria Series	Piaskowce Sandstones					Mułowce Mudstones		Iłowce Claystones		
	rzn	bgr	gr	śr	dr	psc	–	pyl	wel	sap
SM	0,40	–	–	11,14	12,87	7,25	27,23	23,43	0,96	–
GSP	0,26	0,17	5,28	15,60	10,36	10,80	24,03	8,50	0,87	0,60
SP	–	–	–	–	34,06	1,75	21,18	17,03	0,22	–

SM – seria mułowcowa; GSP – górnośląska seria piaskowcowa; SP – seria paraliczna; rzn – różnoziarniste; bgr – bardzo gruboziarniste; gr – gruboziarniste; śr – średnioziarniste; dr – drobnoziarniste; psc – piaszczyste; pyl – pylaste; wel – węgliste; sap – sapropelowe

SM – Mudstone Series; GSP – Upper Silesian Sandstone Series; SP – Paralic Series; rzn – varied size grains; bgr – very coarse-grained; gr – coarse-grained; śr – medium-grained; dr – fine-grained; psc – sandy; pyl – silty; wel – carbonaceous; sap – sapropelic

w przypadku piaskowców bez określenia uziarnienia. Bardziej szczegółowe zestawienie litologiczne można przedstawić tylko dla odcinka rdzeniowanego w otworze Wesola

PIG 1, obejmującego dolną część serii mułowcowej, górnośląską serię piaskowcowa i stropową partię serii paralicznej (tab. 12).

WĘGLONOŚNE UTWORY LĄDOWE (28,00–977,10 m)

Górnośląska seria piaskowcowa (801,86–977,10 m, wg Wesola PIG 1)

W profilu karbonu otworów Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H sedimentację w warunkach lądowych rozpoczyna osady określone jako górnośląska seria piaskowcowa

(Kotas, Malczyk, 1972a) o miąższości ok. 175 m. W skali zagłębia odrębność litologiczno-facjalna tej serii wyraża się wyraźną przewagą utworów gruboklastycznych nad drobnoklastycznymi, występowaniem grubych pokładów węgla i brakiem poziomów z fauną morską. Jej charakterystyczną cechą jest szybka redukcja miąższości w kierunku

wschodnim, aż do całkowitego wyklinowania. Wynikiem tej redukcji jest stosunkowo niewielka miąższość serii w profilach otworów Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H, a co za tym idzie niereprezentatywność procentowego udziału poszczególnych typów litologicznych, szczególnie widoczna w przypadku piaskowców oraz w litologii warstw siodłowych ograniczonych do dwóch blisko siebie położonych pokładów węgla 501 i 510. Całość osadów omawianej serii w profilach omawianych otworów została wyznaczona na podstawie badań karotażowych, badań makroskopowych rdzenia i próbek okruchowych oraz korelacji z profilami innych otworów wiertniczych, w szczególności z rejonu kopalni „Mysłowice–Wesola”.

Granice stropową serii wyznaczono w stropie pakietu skał ilastych (z pokładem węgla 407/1), stanowiących poziom fauny słodkowodnej Hubert, który definiuje strop warstw rudzkich s.s. Jako reper korelacyjny, poziom faunistyczny Hubert często jest łączony z położonym wyżej pokładem 405, o dużej stałości i znacznej miąższości. Granicę spągową serii przyjęto w spągu grubego, 11-metrowego pokładu węgla 510, pod którym zalegają osady serii paralicznej. W otworach Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H pokład ten wraz z pokładem 501 o grubości ok. 3,50 m tworzy wiązkę dwóch pokładów, łatwo identyfikowanych i jednoznacznie wydzielanych w profilach wierzeń. Obecność tych pokładów pozwala jednocześnie rozdzielić profil serii na warstwy rudzkie sensu stricto oraz warstwy siodłowe. Warstwy siodłowe, reprezentowane przez pokłady 501 i 510 wraz z dzielącym je cieniem przerostem skały płonnej, obejmują interwał 962,05–977,10 m. Wyższa – zalegająca nad nimi część serii – należy do ogniwa warstw rudzkich s.s., których granicę spągową wyznacza strop pokładu 501.

W profilu otworu Wesola PIG 1 górnośląska seria piaskowcowa składa się głównie z osadów drobnoklastycznych – mułowców i iłowców (51% miąższości serii) oraz z piaskowców – z podrzędnymi zlepionkami – sięgającymi 32% profilu (tab. 11). Znaczną część piaskowców stanowią piaskowce grubo- i bardzo gruboziarniste oraz różnoziarniste (5,71%) – tab. 12. Zawartość węgla jest wysoka i wynosi 14,69%. Występuje tu 17 warstw i pokładów węgla, z czego 6 pokładów ma miąższość min. 1,00 m.

Pod względem stratygraficznym górnośląska seria piaskowcowa reprezentuje namur górny: warstwy rudzkie s.s. należą do namuru C, a warstwy siodłowe – do namuru B.

Seria mułowcowa (28,00–801,86 m, wg Wesola PIG 1)

Drugą – młodszą – jednostką litostratygraficzną utworów lądowych w profilach otworów Wesola PIG 1 i Wesola

PIG 2H jest seria mułowcowa (Porzycki, 1972), reprezentowana przez warstwy orzeskie sensu stricto i warstwy załęskie. Jako granicę pomiędzy nimi, w profilu otworu Wesola PIG 1, przyjęto pokład 327 na głębokości 266,00 m (nie stwierdzono tufitu definiującego granicę spągową warstw orzeskich s.s.). W profilu otworu Wesola PIG 2H granica ta ma charakter tektoniczny.

Serię wydzielono na podstawie badań karotażowych, badań makroskopowych rdzenia i próbek okruchowych oraz korelacji z otworami wiertniczymi rejonu kopalni „Mysłowice–Wesola”. Osady serii mułowcowej stanowią kontynuację sedimentacji stropowej części górnośląskiej serii piaskowcowej. Spągową granicę serii przyjęto w stropie omówionego wyżej poziomu fauny słodkowodnej Hubert, przy pokładzie 407/1. Granicę stropową serii stanowi erozyjny kontakt z osadami czwartorzędu w otworze Wesola PIG 1 lub erozyjny kontakt z osadami krakowskiej serii piaskowcowej w otworze Wesola PIG 2H, przebiegający w stropie pokładu 301 na głębokości 127,00 m.

Litologicznie seria mułowcowa jest wykształcona monotonnie z charakterystyczną cyklicznością osadów. Przeważają osady drobnoklastyczne – mułowce i iłowce, które stanowią 66,29% profilu, w tym głównie mułowce (50,02%). Udział piaskowców wynosi 26,63%. W odcinku rdzeniowanym są to niemal wyłącznie piaskowce drobno- i średnioziarniste (tab. 12). Węgloność serii w profilu otworu Wesola PIG 1 wynosi 6,78%; w obrębie serii stwierdzono występowanie 69 warstw i pokładów węgla o miąższościach do 2,1 m, w tym 31 pokładów o grubościach co najmniej 1,0 m. Reperowy pokład 405 (na głęb. 789,15 m) jest wykształcony częściowo jako łupek węglowy, razem z warstwami łupku węglowego ma łączną grubość blisko 3,0 m.

Pod względem stratygraficznym seria mułowcowa reprezentuje dolną część westfalu: warstwy orzeskie s.s. – westfal B, warstwy załęskie – westfal A.

Krakowska seria mułowcowa (51,00–127,00 m, wg Wesola PIG 2H)

W profilu otworu Wesola PIG 2H występuje jedynie spągowa część dolnego ogniwa krakowskiej serii piaskowcowej (Dembowski, 1972a) – warstwy łaziskie, zbudowane wyłącznie z osadów grubookruchowych – piaskowców średnio- i gruboziarnistych oraz zlepionków (100% profilu). Utwory te występują w strefie uskoku Książęcego. Stratygraficznie przewiercony odcinek warstw łaziskich należy do westfalu B.

SERIA PARALICZNA (977,10–1000,00 m, WG WESOLA PIG 1)

Utwory serii paralicznej (wg definicji Kotasa, Malczyka, 1972b) rozpoczynają profil utworów węglonośnych karbonu. Ich granicę spągową wyznacza strop leżących niżej warstw malinowickich, definiowany występowaniem osa-

dów poziomu morskiego Štur (XVI). Koniec sedimentacji paralicznej określa powierzchnia, na której leżą lądowe utwory węglonośne wyższej części karbonu. W profilach otworów Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H granicę stropową

serii wyznacza spąg pokładu węgla 510. Charakterystyczną cechą utworów paralicznych jest cykliczna budowa profilu, składającego się ze skał klastycznych i fitogenicznych oraz występowanie osadów o wyraźnych wpływach okresowych zalewów morskich lub deponowanych w warunkach przybrzeżnych (brachicznych).

Otwory Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H sięgnęły tylko stropowej partii serii paralicznej – warstw porębskich, bez-

pośrednio poniżej pokładu 510. Przewiercony odcinek profilu serii paralicznej składa się głównie z osadów drobno-klastycznych (62,45%). Udział piaskowców wynosi 34,06% i są to wyłącznie piaskowce drobnoziarniste. Ponadto, do głębokości 1000,00 m (otwór Wesola PIG 1) stwierdzono trzy cienkie warstwy węgla o grubości 0,10–0,25 m.

Pod względem stratygraficznym seria paraliczna w całości jest zaliczana do namuru A.

Włodzimierz KRIEGER

IDENTYFIKACJA POKŁADÓW WĘGLA ORAZ WĘGLONOŚNOŚĆ I WĘGŁOZASOBNOŚĆ UTWORÓW KARBONU

IDENTYFIKACJA POKŁADÓW WĘGLA

Otwory badawcze Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H odwiercono w centralnej części zagospodarowanego złoza węgla kamiennego „Wesola” (partia Az). Rozpoznanie geologiczne rejonu odwiertów jest związane z rozpoznaniem i eksploatacją tego złoza. Początki eksploatacji węgla kamiennego sięgają tu połowy XIX w. (eksploatacja powierzchniowa i wokół płytkich szybów). Eksploatację podziemną w skali przemysłowej rozpoczęto w 1911 r. W 1952 r. oddano do eksploatacji nową kopalnię „Wesola” (w latach 1967–1989 pod nazwą „Lenin”), którą w 1973 r. powiększono o pole południowe (obszar położony na południe od uskoku książęcego). Obecnie kopalnia funkcjonuje pod nazwą „Mysłowice–Wesola” (po połączeniu w 2007 r. z kopalnią „Mysłowice”). Rejon otworów badawczych Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H w partii Az złoza „Wesola” jest rozpoznany głównie robotami górniczymi i otworami dołowymi, a w mniejszym zakresie także powierzchniowymi otworami wiertniczymi. Otworów wiertniczych w tej partii złoza (przed uskokiem książęcym) odwiercono z powierzchni tylko 6 i są to otwory sprzed 50 lat, a niektóre jeszcze starsze (tab. 13). Pośród nich, istotne znaczenie dla rozpoznania głębszych partii złoza mają otwory Wesola 25 i 26, które przewierciły pokład 510. Dla stanu rozpoznania głębiej zalegających pokładów węgla znaczenie mają również położone w pobliżu, w skrzydle zrzuconym uskoku książęcego, dwa nowsze otwory: Lenin 1 i Łędziny Głęboka 22. W partii Az znajdują się także szyby główne kopalni (tab. 13).

Podstawowe znaczenie w rozpoznaniu pokładów węgla w partii Az złoza „Wesola” miały roboty górnicze związane z eksploatacją węgla, prowadzoną od blisko 90 lat. W tym okresie, nie licząc pokładu 501, eksploatacją objęto 11 pokładów warstw orzeskich s.s. i załęskich (tab. 14). Otwory Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H były wiercone

przez szereg pokładów węgla, dla których wykonano mapy strukturalno-złożowe, tak więc ich identyfikacja nie stwarzała większych problemów. Oprócz robót górniczych, stan rozpoznania tej części złoza uzupełnia kilkadziesiąt otworów dołowych o zróżnicowanych długościach, na ogół w granicach kilkunastu-kilkudziesięciu metrów, wierconych

Tabela 13

Otwory wiertnicze i szyby w rejonie otworów Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H w partii Az złoza „Wesola”

Boreholes and shafts in Wesola PIG 1 and Wesola PIG 2H boreholes region in the part Az of Wesola coal deposit

Nazwa otworu/szybu Borehole/shaft name	Rok odwiercenia/ zgłębienia Year of drilling	Głębokość Depth [m]	Ostatni przewiercony pokład The last drilled coal seam
otwory wiertnicze boreholes			
Wesola 26	1961	856,00	510
Wesola 4	1959	551,50	350
Wesola 1/145	1950	424,00	334
Wesola 67	1908	301,02	do stropu karbonu
Wesola 17	1960	867,90	404/5
Wesola 25	1961	972,00	510
Łędziny Głęboka 22*	1985	1391,10	510
Lenin 1*	1976	1290,00	407
szyby shafts			
Szyb Karol	1966	746,00	405/2
Szyb Bronisław	1942/1951	529,58	350
Szyb Piotr	1962	762,80	407/1

* otwory zlokalizowane w skrzydle zrzuconym uskoku książęcego

* boreholes localized in downthrown side of the książęcy fault

Tabela 14**Eksploracja pokładów węgla w partii Az złoża „Wesoła”**

Mining of coal seams within the Az part of the Wesoła coalfield

Lp. No.	Numer pokładu Coal seam identification number	Lata eksploatacji Years of mining	Odległość od pokładów 501–510 Vertical distance to the 501–510 seam [m]
1.	318	1924–1949	~800–880
2.	324	1963–1964	~760–830
3.	327	1949–1960	~750
4.	328	1952–1962	~700
5.	329	1953–1960	~690
6.	331	1955–1964	~630–660
7.	334	1957–1970	~610–630
8.	349	1967–1973	~410–430
9.	401	1974–1977	~280
10.	404/5	1978–1983	~210
11.	405/2	1981–1988	~180
12.	501	od 2012	–

w różnych latach zarówno w celach rozpoznawczych, jak i technicznych. Aktualnie eksploatowane są pokłady 416, 501 oraz 510, w którym odwiercono odcinek horyzontalny

otworu Wesoła PIG 2H. Należy przy tym zauważyć, że pokłady 501 i 510 w partii Az złoża stanowią praktycznie jeden gruby pokład węgla oddzielony przerostem o zmiennej miąższości nieprzekraczającej 1 m.

Końcowy wynik identyfikacji przedstawiono na karcie otworu (fig. 9 i 10¹). W otworze Wesoła PIG 1 w serii mułowcowej w warstwach orzeskich s.s. zidentyfikowano 5 pokładów: 314, 318, 320, 324 i 326, natomiast w warstwach załęskich – 21 pokładów: 327, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 337, 341, 342, 346, 349, 353, 354, 361, 364, 401, 404/1, 404/2, 404/5 i 405/2. W górnośląskiej serii piaskowcowej w warstwach rudzkich s.s. rozpoznano 4 pokłady: 407/1, 407/2, 414 i 416. Warstwy siodłowe reprezentują dwa pokłady: 501 i 510. W otworze Wesoła PIG 2H, ze względu na jego specyfikę i skrócenia tektoniczne, zidentyfikowano mniejszą liczbę pokładów (z wyjątkiem warstw orzeskich s.s.). W serii mułowcowej w warstwach orzeskich s.s. zidentyfikowano 7 pokładów: 301, 304, 308, 314, 318, 320 i 324, natomiast w warstwach załęskich – 8 pokładów: 334, 346, 349, 361, 401, 404/1, 404/5 i 405/2. W górnośląskiej serii piaskowcowej w warstwach rudzkich s.s. rozpoznano jeden pokład 407/1, a warstwach siodłowych – pokład 510.

WĘGLONOŚNOŚĆ I WĘGLOZASOBNOŚĆ UTWORÓW KARBONU

W profilu utworów karbonu otworu Wesoła PIG 1 wydzielono warstwy węgla o miąższości od 0,10 m do 11,05 m. Sumaryczna miąższość pokładów i warstw węgla wynosi 78,78 m, natomiast procentowo liczona węglonośność karbonu produktywnego – 8,1%. Węglonośność poszczególnych jednostek litostratygraficznych przedstawia tabela 15. Wyraźnie zaznacza się wyższa węglonośność górnośląskiej serii piaskowcowej. Rozkład węglonośności utworów karbońskich w rejonie Wesoła PIG 1 i Wesoła PIG 2H do głębokości ok. 1250 m przedstawia fig. 11.

Na etapie dokumentowania otworów Wesoła PIG 1 i Wesoła PIG 2H, kierując się powszechnie stosowanymi kryteriami bilansowości złóż węgla kamiennego, stwier-

dzone w profilu warstwy i pokłady węgla podzielono na trzy grupy (I–III):

- grupa I – pokłady nieekonomiczne (bardzo cienkie): warstwy węgla o miąższości 0,10–0,60 m;
- grupa II – pokłady pozabilansowe: pokłady węgla o miąższości od 0,60 m (typ 31–33) lub od 0,40 m (typ 34) do miąższości granicznej pokładów bilansowych grupy III (przy przyjęciu upadu warstw dla węgla typu 34 mniejszego niż 35 stopni);
- grupa III – pokłady bilansowe: pokłady węgla typu 31–33 o miąższości od 1,00 m przy zawartości popiołu do 40% oraz pokłady węgla typu 34 o miąższości od 0,70 m (przy przyjęciu upadu warstw mniejszego niż 35 stopni).

Tabela 15**Węglonośność karbonu produktywnego w otworze Wesoła PIG 1**

Coal strata total thickness of coal-bearing formations in the Wesoła PIG 1 borehole

Stratygrafia Stratigraphy		Liczba warstw węgla Amount of coal beds		Sumaryczna miąższość warstw węgla Total thickness of the coal beds [m]		Węglonośność Total thickness of the coal beds [%]	
seria series	ogniwo member						
Seria mułowcowa	warstwy orzeskie s.s.	69	17	52,49	14,90	6,8	6,3
	warstwy załęskie		52		37,59		7,0
Górnośląska seria piaskowcowa	warstwy rudzkie s.s.	17	15	25,74	11,22	14,7	7,0
	warstwy siodłowe		2		14,52		96,5
Seria paraliczna	warstwy porębskie	3		0,55		2,4	
Karbon węglonośny (cały profil)		89		78,78		8,1	

¹ Figury 9 i 10 znajdują się w kieszeni na końcu książki.

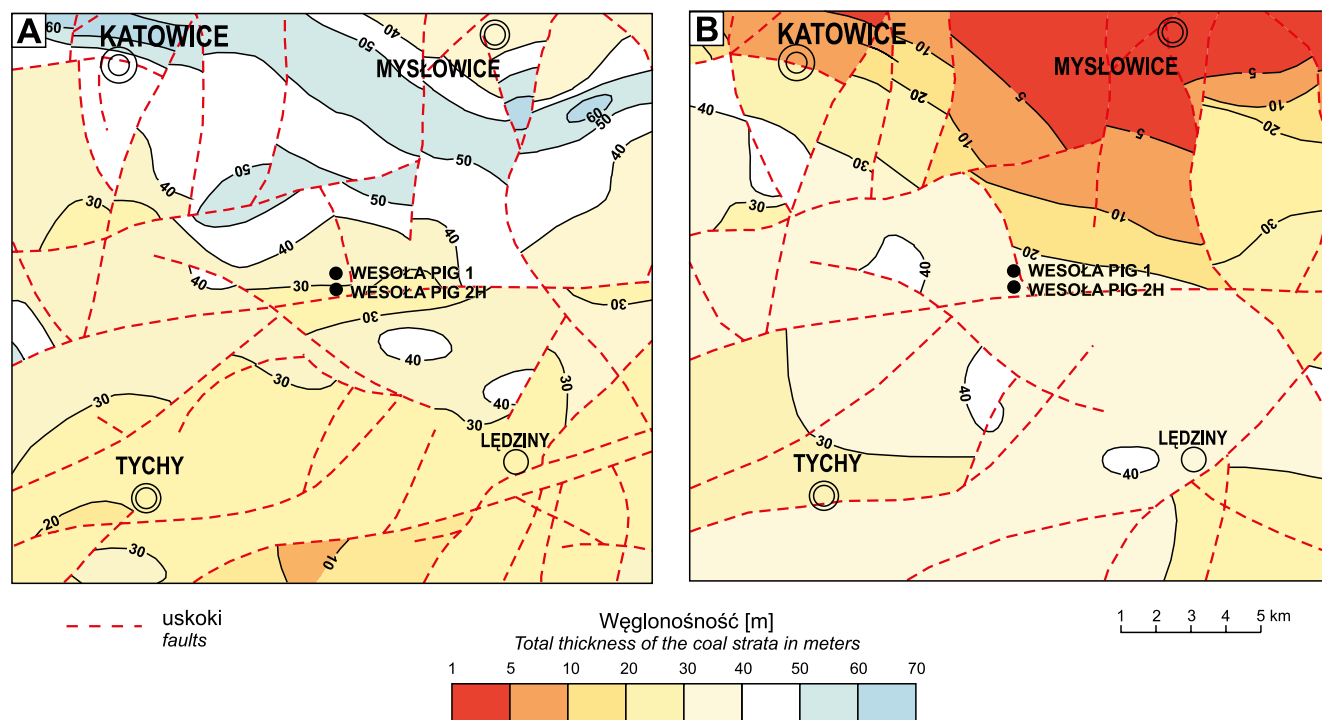


Fig. 11. Węgloność karbonu w rejonie otworów Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H:
A – do głębokości –500 m n.p.m., B – w interwale od –500 do –1000 m n.p.m. (Jureczka i in., 2005)

Total thickness of the Carboniferous coal strata in the Wesola PIG 1 and Wesola PIG 2H boreholes area:

A – to a depth of –500 a.s.l., B – depth interval from –500 to –1000 a.s.l. (Jureczka *et al.*, 2005)

Należy podkreślić, że zgodnie z obowiązującym obecnie prawem (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2015 r., Dz.U. 2015, poz. 987) nie określa się kryteriów bilansowości węgla kamiennego, a jedynie graniczne wartości parametrów definiujących złożę i jego granice. W przypadku węgla kamiennego minimalna miąższość pokładu wraz z przerostami o grubości do 30 cm musi wynosić 0,6 m (wartość brzeżna).

Liczbę warstw i pokładów węgla w poszczególnych grupach oraz średnie miąższości przedstawiono w tabeli 16. Ponad połowa sumarycznej miąższości węgla przypada na warstwy cienkie, o grubości poniżej 0,60 cm, niemające znaczenia ekonomicznego dla eksploatacji podziemnej stosowanymi obecnie metodami. W grupie III, obejmującej pokłady mogące mieć znaczenie dla potencjalnej eksplo-

atacji, wydzielono 37 pokładów węgla (część tych pokładów była w tym rejonie eksploatowana: 318, 324, 329, 331, 334, 349, 401, 404/5, 405/2/ 501, 510).

Węglasobność przewierconego profilu karbonu produktywnego, bez przerostów o miąższości co najmniej 5 cm, wynosi 5,9%. Węglasobność poszczególnych jednostek litostratygraficznych dla pokładów grupy III przedstawiono w tabeli 17. Podobnie jak w przypadku węgloności, wyraźnie zaznacza się wyższa węglasobność górnośląskiej serii piaskowcowej, spowodowana głównie obecnością w warstwach siedłowych pokładów węgla 501 i 510 o łącznej miąższości 14,2 m. W rejonie otworów Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H lateralne zmiany w rozkładzie węglasobności do głębokości ok. 1250 m przedstawiono na figurze 12.

Tabela 16

Rozkład warstw i pokładów węgla pod względem przydatności ekonomicznej (Wesola PIG 1)

Distribution of coal seams in terms of economic utility

Grupa warstw i pokładów węgla Group of coal beds and seams	Liczba warstw/pokładów Amount of beds/ seams	Średnia miąższość Average thickness [m]	Udział w sumarycznej miąższości pokładów węgla Participation in the total thickness of the coal seams [%]
Grupa I – pokłady nieekonomiczne	43	0,34	18,8
Grupa II – pokłady pozabilansowe	8	0,77	7,8
Grupa III – pokłady bilansowe	37	1,56	73,3

Tabela 17

Węglasobność karbonu produktywnego w otworze Wesola PIG 1

Total thickness of the economic coal seams in the Wesola PIG 1 borehole

Stratygrafia Stratigraphy		Liczba pokładów bilansowych (grupa III) Amount of economic seams (III group)	Sumaryczna miąższość pokładów bilansowych Total thickness of the economic coal seams [m]	Węglasobność Total thickness of the economic coal seams [%]
seria series	ogniwo member			
Krakowska seria piaskowcowa	warstwy łaziskie s.l.	–	–	–
Seria mułowcowa	warstwy orzeskie s.s	10	11,50	4,8
	warstwy załęskie	21	24,82	4,6
Górnośląska seria piaskowcowa	warstwy rudzkie s.s.	4	6,94	4,3
	warstwy siodłowe	2	14,20	94,3
Seria paraliczna	warstwy porębskie	–	–	–
Karbon węglonośny (cały profil)		37	57,46	5,9

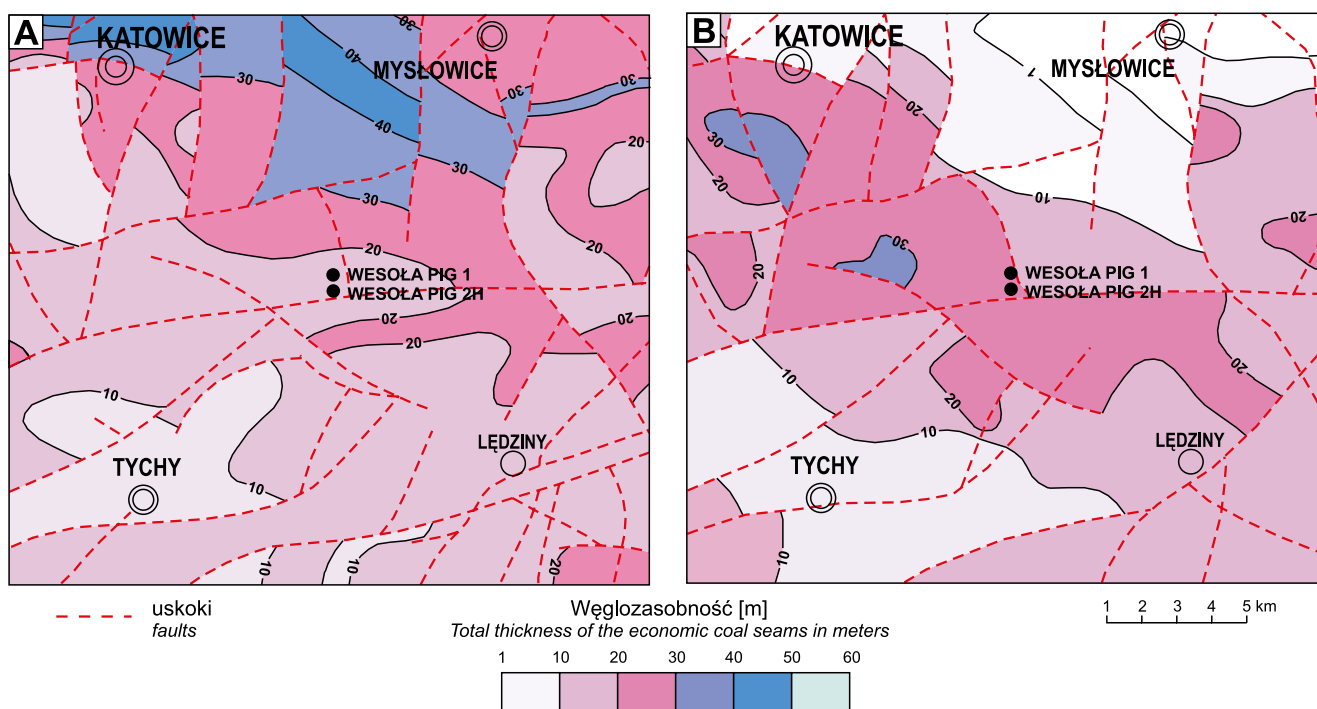


Fig. 12. Węglasobność karbonu w rejonie otworów Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H:
A – do głębokości –500 m n.p.m., B – w interwale od –500 do –1000 m n.p.m. (Jureczka i in., 2005)

Total thickness of the economic coal seams in the Wesola PIG 1 and Wesola PIG 2H boreholes area:
 A – to a depth of –500 a.s.l., B – depth interval from –500 to –1000 a.s.l. (Jureczka *et al.*, 2005)

Włodzimierz KRIEGER

JAKOŚĆ WĘGLA

Otwory Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H odwiercono w złożu „Wesola”, w którym pokłady węgla kamiennego wykazują dość znaczne zróżnicowanie pod względem jakości. Najkorzystniejszymi parametrami jakościowymi cechują się pokłady warstw siodłowych. Największe zawartości popiołu występują w pokładach warstw łaziskich: 215 i 216 oraz w niektórych pokładach warstw załęskich: 327,

328, 331, 332 i 350. Zawartość siarki całkowitej jest mała i mieści się w granicach 0,3–1,3%, przy czym zawartości powyżej 1% dotyczą pokładów: 215, 216, 318, 321, 324, 330.

W pokładach: 215, 216, 301, 304, 308, 318 i 320 występuje węgiel typu 31.2. W pokładach: 321, 324, 327, 328, 329, 330, 331, 334, 341, 342, 346, 349, 350, 353 występują węgle typu 31.1-2 i 32.1-2. W pokładach: 364, 401/1, 401,

404/1, 404/5, 405/1, 405/2 i 610 występują węgle typu 33 i/lub 34.1-2, natomiast pokłady: 332, 333, 407/1, 414, 416, 418, 501 i 510 to węgle typu 32.1-2.

Wartość opałowa najwyższe wartości osiąga w pokładach 501 i 510, gdzie średnia wartość przekracza 30 000 KJ/kg; w pozostałych pokładach osiąga średnio od 21 900 do 29 900 KJ/kg.

Bezpośrednio w rejonie omawianych otworów, przed ich odwierceniem, pobrano z wyrobisk górniczych szereg

próbek z pokładów 501 i 510 do oznaczenia parametrów jakościowych. W tabeli 18 przedstawiono uśrednione wyniki tych badań, z próbek bruzdowych pobranych z chodników przyścianowych, przecinki ściany i najbliższej okolicy projektowanej ściany, w której odwiercono odcinek horyzontalny otworu Wesola PIG 2H.

Badania jakości węgla (własności chemiczno-technologiczne) w otworze Wesola PIG 1 wykonano dla 12 pokładów węgla z interwału głębokości 660,55–977,10 m, na

Tabela 18

Średnie parametry jakościowe węgla w rejonie otworów Wesola PIG 1 i Wesola PIG 2H

Average quality parameters of coal in the area of the Wesola PIG 1 and Wesola PIG 2H boreholes

Pokład Coal seam	Wilgoć W^a Moisture [%]	Wartość opałowa Q_i^a Calorific value [KJ/kg]	Zawartość siarki całkowitej S_t^a Total sulfur content [%]	Ciężar objętościowy Volumetric weight [g/cm ³]	Zawartość popiołu A^r Ash content [%]	Zawartość części lotnych Volatile matter content V^{dal}
501	1,88	30 511	0,35	1,30	5,9	32,46
510	1,42	30 919	0,36	1,31	5,0	31,47

Tabela 19

Podstawowe parametry jakościowe pokładów węgla w otworze Wesola PIG 1

Basic quality parameters of coal seams in the Wesola PIG 1 borehole

Lp. No.	Pokład Coal seam	Interwał próby pokładowej Interval of coal seam sample		Zawartość wilgoci Moisture content	Zawartość popiołu Ash content	Zawartość części lotnych Volatile matter content	Ciepło spalania Calorific value
		od from	do to				
		[m]					
1.	361	660,55	661,66	2,74	3,08	35,70	32 565
2.	401	681,25	682,93	2,83	7,99	31,44	30 483
3.	404/1	701,40	702,52	2,86	3,07	32,94	32 404
4.	niezidentyf.	704,10	705,40	2,21	8,50	33,35	30 036
5.	404/5	752,55	756,60	2,31	15,62	29,23	28 132
6.	405/2	786,22	788,00	2,31	17,77	25,52	26 973
7.	407/1	801,86	803,42	2,36	2,54	31,58	33 243
8.	414	873,55	874,95	1,79	14,80	27,34	28 913
9.	416	889,90	892,95	1,83	4,83	30,56	32 671
10.	niezidentyf.	947,47	948,50	1,79	13,34	28,41	29 210
11.	501	962,05	965,70	1,58	4,39	30,17	32 619
12.	510	966,05	977,10	1,43	3,75	28,82	33 469

Tabela 20

Zawartość siarki oraz wyniki analizy elementarnej pokładów węgla w otworze Wesola PIG 1

Sulfur content and results of elemental analysis of coal seams in the Wesola PIG 1 borehole

Lp. No.	Pokład Coal seam	Zawartość siarki Sulfur content			Analiza elementarna Elemental analysis			
		S_t	S_A	S_c	C	H	N	O
		[%]			[%]			
1.	361	0,73	0,20	0,53	78,62	4,85	1,43	8,75
2.	401	0,97	0,32	0,65	74,40	4,51	1,31	8,31
3.	404/1	0,42	0,12	0,30	79,40	4,82	1,29	8,26
4.	niezidentyf.	0,51	0,38	0,13	74,40	4,43	1,25	9,08
5.	404/5	0,63	0,10	0,53	68,63	4,28	1,14	7,49
6.	405/2	0,36	0,22	0,14	66,89	3,93	1,11	7,85
7.	407/1	0,47	0,13	0,34	81,60	4,68	1,35	7,13
8.	414	0,74	0,25	0,49	71,44	4,16	0,97	6,35
9.	416	0,39	0,20	0,19	79,68	4,72	1,23	7,52
10.	niezidentyf.	0,69	0,37	0,32	72,26	4,31	0,93	7,05
11.	501	0,32	0,30	0,02	80,58	4,64	1,26	7,53
12.	510	0,24	0,24	0,00	83,01	4,59	1,31	5,91

próbkach poddanych testom desorpcji. W przypadku, gdy z jednego pokładu testy desorpcji były robione dla więcej niż jednej próbki, badania chemiczno-technologiczne przeprowadzono na próbce uśrednionej. Zestawienie podstawowych parametrów jakościowych badanych pokładów węgla przedstawiono w tabeli 19. Zawartość wilgoci waha się od 1,43 do 2,86%, średnio 2,17%, natomiast popiołu – od 2,54 do 17,77%, średnio 8,31%. Zawartość części lotnych zawiera się w przedziale od 25,52 do 35,70%, średnio 30,42%. Ciepło spalania waha się od 26 973 do 33 469 kJ/kg, średnia z 12 prób wynosi 30 893 kJ/kg.

Zawartość siarki scharakteryzowano przy pomocy określenia zawartości siarki całkowitej (St), siarki popiołowej (SA) oraz siarki palnej (SC). Zawartość siarki całkowitej w analizowanych próbach pokładowych waha się od

0,24 do 0,97% (tab. 20). Analiza elementarna wykazała, że procentowy udział pierwiastka węgla zawiera się w przedziale od 66,89 do 83,01%, wodoru od 3,93 do 4,85%, a azotu od 0,93 do 1,43%. Wartości średnie wynoszą odpowiednio: 75,91, 4,49 oraz 1,22%. Zawartość tlenu waha się od 5,91 do 9,08%, średnio 7,60% (tab. 20).

Ciepło spalania (stan analityczny) w pokładowych próbach waha się od 26 973 do 33 469 kJ/kg, średnio 30 893 kJ/kg, ciepło spalania w stanie suchym wynosi od 27 611 do 34 047 kJ/kg, natomiast ciepło spalania w stanie suchym i bezpopiołowym od 33 639 do 35 297 kJ/kg. Ciepło spalania BTU zawiera się w przedziale od 13 780 do 14 656 Ibmmmf (tab. 21).

Podsumowanie wyników badań parametrów jakościowych przedstawia tabela 22.

Tabela 21

Ciepło spalania węgla badanych pokładów węgla w otworze Wesola PIG 1

Calorific value of the investigated coal seams in the Wesola PIG 1 borehole

Lp. No.	Pokład Coal seam	Ciepło spalania (stan analityczny) Calorific value (analytical state) [kJ/kg]	Ciepło spalania (stan suchy) Combustion heat (dry state) [kJ/kg]	Ciepło spalania (stan suchy i bezpopiołowy) Combustion heat (dry and ash free state) [kJ/kg]	Ciepło spalania BTU Combustion heat BTU [Ibmmmf]
1.	361	32 565	33 482	34 577	14 113
2.	401	30 483	31 371	34 181	13 996
3.	404/1	32 404	33 358	34 447	14 085
4.	niezidentyf.	30 036	30 715	33 639	13 780
5.	404/5	28 132	28 797	34 278	14 132
6.	405/2	26 973	27 611	33 750	13 947
7.	407/1	33 243	34 047	34 956	14 374
8.	414	28 913	29 440	34 664	14 402
9.	416	32 671	33 280	35 002	14 478
10.	niezidentyf.	29 210	29 742	34 417	14 353
11.	501	32 619	33 143	34 690	14 405
12.	510	33 469	33 955	35 297	14 656

Tabela 22

Zestawienie parametrów jakościowych pokładów węgla w otworze Wesola PIG 1

List of quality parameters of coal seams in the Wesola PIG 1 borehole

Lp No.	Pokład Coal seam	Wilgoć Moisture		Analiza Analysis						
		stan roboczy operating state [%]	stan równowa- gowy equilibrium state [%]	zawartość pierwiastka węgla carbon content	zawartość materii organicznej organic matter content	popiół ash	czysta substancja węglowa pure carbonaceous substance	zawartość części lotnych volatile matter content	ciepło spalania BTU combustion heat BTU	klasyfikacja ASTM ASTM classification
1.	361	5,23	5,27	96,16	3,84	3,17	62,44	37,56	14113	HvAb
2.	401	5,15	5,16	90,57	9,43	8,22	65,48	34,52	13996	HvBb
3.	404/1	5,99	5,05	96,35	3,65	3,16	65,28	34,72	14085	HvAb
4.	niezident.	4,11	5,04	90,33	9,67	8,69	63,26	36,74	13780	HvBb
5.	404/5	4,31	4,77	82,38	17,62	15,99	65,56	34,44	14132	HvAb
6.	405/2	4,65	4,60	80,15	19,85	18,19	69,43	30,57	13947	Mvb
7.	407/1	4,69	4,52	96,93	3,07	2,60	67,06	32,94	14374	HvAb
8.	414	3,58	4,14	83,31	16,69	15,07	68,41	31,59	14402	HvAb
9.	416	3,15	4,05	94,47	5,53	4,92	67,64	32,36	14478	HvAb
10.	niezident.	3,53	3,75	84,95	15,05	13,58	67,56	32,44	14353	HvAb
11.	501	3,38	3,66	95,00	5,00	4,46	68,25	31,75	14405	HvAb
12.	510	3,03	3,62	95,76	4,24	3,80	69,89	30,11	14656	Mvb

Iwona JELONEK

PETROGRAFIA WĘGLA

W otworze wiertniczym Wesoła PIG 1 badania petrograficzne węgla oraz współczynnika zdolności odbicia światła (refleksyjności) zostały wykonane i opracowane przez Jelonek (2015) w Pracowni Petrografii Optycznej na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego. W ramach całego przedsięwzięcia i przygotowania projektu robót geologicznych (Jureczka i in., 2013) analogiczne bada-

nia przeprowadzono również dla próbek węgla pobranych w KWK „Mysłowice–Wesoła”, w rejonie planowanych wiercen – bezpośrednio ze ściany w pokładzie 501, a także z kierunkowego otworu dołowego o długości 140 m w pokładach 501–510. W niniejszym rozdziale zestawiono wyniki badań parametrów petrograficznych dla wszystkich pobranych próbek węgla.

ZAKRES I METODY BADAŃ

Dobór oraz zakres materiału badawczego

Z otworu Wesoła PIG 1 pobrano próbki rdzenia z kolejnych pokładów węgla w odcinku rdzeniowym, w tym z pokładów: 361, 364, 401, 404/1, 404/5, 405/2, 407/1, 414, 416, 501 i 510. Łącznie oznaczenia refleksyjności witrinitu oraz analizę składu petrograficznego (pełny skład macerałowy) wykonano na 30 próbkach węgla poddanych badaniom desorpcyjnym. Niezależnie do badań petrograficznych pobrano 24 próbki punktowe bezpośrednio ze ściany 514 w pokładzie 501, z zachowaniem normy PN-G-04501:1998, a także 9 próbek z rdzenia z otworu dołowego: 4 próbki z pokładu 501, 4 próbki z pokładu 510 i 1 próbka z przerostu pomiędzy pokładami 501 i 510.

W badaniach próbek punktowych, pobranych bezpośrednio ze ściany w pokładzie 501 zastosowano następujące metody: analizy petrograficzne w tym analizę macerałową, analizę mikrolitotypów, pomiary zdolności odbicia światła (refleksyjność witrinitu), anizotropię optyczną, wypełnienie szczelin.

W badaniach próbek pobranych z rdzenia zastosowano następujące metody: analizy petrograficzne w tym analizę macerałową, pomiary zdolności odbicia światła (refleksyjność witrinitu), anizotropię optyczną, wypełnienie szczelin.

W badaniach przerostu występującego pomiędzy pokładami 501–510 zastosowano analizę rentgenograficzną i analizę petrograficzną.

Metody badań petrograficznych

Próbki do badań petrograficznych pobrano i przygotowano zgodnie z obowiązującymi międzynarodowymi normami: PN-ISO 7404-2:2005, ISO 7404-2:2009, PN-G-04501:1998, PN-90/G-04502:1991. Osoba wykonująca analizy petrograficzne posiada międzynarodowe akredytacje ICCP (Międzynarodowego Komitetu Petrologii Organicznej i Węgla) na wykonywanie następujących analiz:

1. Nr ICCP/SCAP-111/AB w zakresie pomiarów refleksyjności witrinitu oraz analizy macerałowej (<https://www.iccop.org/person/iwonajelonek/>).

2. Nr ICCP/DOMVR/12-111 w zakresie pomiarów rozproszonej materii organicznej.

Określenie średniej refleksyjności witrinitu

Zdolność odbicia światła to właściwość fizyczna węgla. Jest to parametr pozwalający określić stopień metamorfizmu substancji węglowej (Chruściel, 1976). Zdolność tę oznaczono na witrynie, a dokładnie na kolotelinie (ISO 7404-5, 2009). Wskaźnik zdolności odbicia światła (refleksyjności) witrinitu jest ściśle powiązany ze stopniem uwęglenia. Wraz ze wzrostem zawartości węgla, proporcjonalnie wzrasta wartość wskaźnika refleksyjności witrinitu (Chruściel, 1976; Teichmüller, 1982).

Wyznaczenie współczynnika anizotropii optycznej w węglu

Analizę wykonano w świetle odbitym w imersji olejowej z zastosowaniem filtra interferencyjnego o długości fali świetlnej $\lambda = 546$ nm. Pomiary dokonano na powierzchni kolotelinitu, rejestrując w trakcie obrotu stolika mikroskopu o 360° , wartości pozornej refleksyjności maksymalnej i minimalnej, a także refleksyjność średnią R_0 w 100 punktach pomiarowych. Za pomocą programu komputerowego FRE-Plot (Kilby, 1985, 1988, 1991), który wykreślił konstrukcję wykresu krzyżowego, wyznaczono wartości dla rzeczywistej refleksyjności maksymalnej $R_{\max}$, rzeczywistej refleksyjności pośredniej R_{int} oraz rzeczywistej refleksyjności minimalnej $R_{\min}$. Dodatkowo wyznaczono dwa parametry: pierwszy opisujący kształt indykatrixy R_{st} , drugi określający wielkość anizotropii R_{am} (fig. 13).

Analiza macerałowa, w tym wyznaczenie procentowej zawartości wszystkich macerałów, należących do grupy witrinitu, inertynitu, liptynitu oraz substancji mineralnej

Wyróżnia się trzy grupy macerałów: witrinitu, liptynitu, inertynitu (ISO 7404-3:2009, PN-ISO 7404-3:2001). Macerały te charakteryzują się różnymi własnościami fizy-

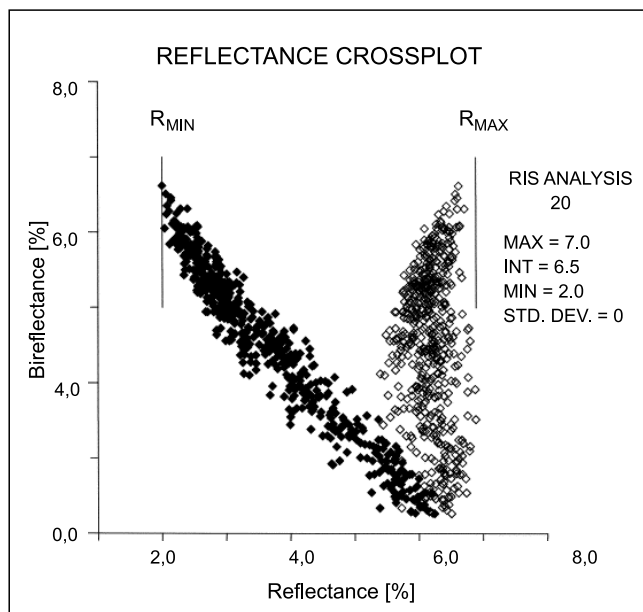


Fig. 13. Przykład zastosowania wykresu Kilby'ego w celu odczytania rzeczywistych wartości refleksyjności witrinitu dla próbek nieorientowanych

Example of Kilby's cross plots used for determination of true vitrinite reflectance values for the non-oriented samples

kochemicznymi, chemicznymi i mechanicznymi. W normach ISO 7404-3:2009, PN-ISO 7404-3:2001 metoda oznaczania składu grup macerałów jest stosowana tylko przy oznaczeniach wykonywanych w świetle białym odbitym na wypolerowanym brykiecie ziarnowym. Analizę macerałową wykonano zgodnie z obowiązującą cytowaną powyżej normą.

Analiza mikrolitotypów

Mikrolitotypy analizowano podobnie jak macerały. Różnica polega na tym, że do oznaczania mikrolitotypów wykorzystuje się siateczkę dwudziestopunktową, znajdującą się w okularze, a nie nitkowego krzyża, jak to było w przypadku oznaczania macerałów (Kruszewska, Dybowa-Jachowicz, 1997). Jeden punkt z siateczki to 5% całości pojedynczego oznaczenia. Jeżeli nie mniej niż 10 punktów siateczki znajduje się na węglu, to pomiar zostaje wykonany (Kruszewska, Dybowa-Jachowicz, 1997).

WYNIKI BADAŃ

Analizy petrograficzne węgla z otworu Wesola PIG 1

Określenie średniej refleksyjności witrinitu

Pomiary refleksyjności witrinitu dostarczyły danych na temat wartości przypadkowej odbicia światła i odchylenia

Analiza rentgenograficzna

W celu określenia mineralnego składu fazowego badanych próbek, wykonano proszkową analizę rentgenowską. Analizę fazową próbek wykonano przy zachowaniu następujących parametrów i urządzenia:

- dyfraktometr PANalytical X'Pert Philips PRO MPD PW3040/60 z filtrem żelaznym, w celu usunięcia składowej K- β ,
- promieniowanie CoK α ,
- goniometr typu Theta/Theta,
- półprzewodnikowy detektor paskowy RTMS X'Celerator firmy PANalytical,
- napięcie 45 kV,
- natężenie prądu 30mA.

Zakres pomiarowy kąta 2Theta wynosił 3÷75 przy kroku 0,01°. Przyjęto czas zliczania pojedynczego impulsu równy 300 sekund. Materiał badawczy, w celu uzyskania dokładnych wyników, sproszkowano w moździerzu agatowym do frakcji ok. 1 μ m. Tak przygotowany został umieszczony w stalowym pierścieniu, na który skierowano wiązkę promieniowania.

Analiza skaningowa

Analiza pozwoliła na wyznaczenie morfologii kryształów oraz na określeniu przybliżonego składu chemicznego próbek. Zastosowano Mikroskop skaningowy Philips XL30 ESEM/TMP z przystawką analityczną EDS. Podczas analizy wiązka elektronów bombarduje próbkę, skanując jej powierzchnię linia po linii. Wykonano odwzorowanie morfologii i powierzchni badanych próbek (detektor SE), rejestrowano elektrony wsteczne rozproszone (detektor BSE) oraz wykonano jakościowe i ilościowe analizy składu chemicznego – EDS.

Analizę wykonano na próbkach w postaci preparatów ziarnowych, które umieszczono na płytce aluminiowej, na podłożu przyklepnym (taśma węglowa).

Analiza rozproszonej materii organicznej w przeroście ilowcowym występującym między pokładami 501 i 510 (analiza petrograficzna, skład mineralogiczny, TOC)

W celu uzyskania dokładnej informacji na temat budowy petrograficznej przerostu pomiędzy pokładami 501 i 510 wykonano kompleksowe analizy petrograficzne, mineralogiczne i chemiczne. Analizy petrograficzne wykonano z zastosowaniem wyżej opisanych metod.

standardowego, które wykazały pewną zmienność w poszczególnych próbkach. Dla każdej z próbek wykonano reflektogram oraz dołączono certyfikat standardów. Przykładowy reflektogram przedstawiono na [figurze 14](#). Wartości średniej refleksyjności oraz odchylenia standardowego przedstawiono w [tabeli 23](#).

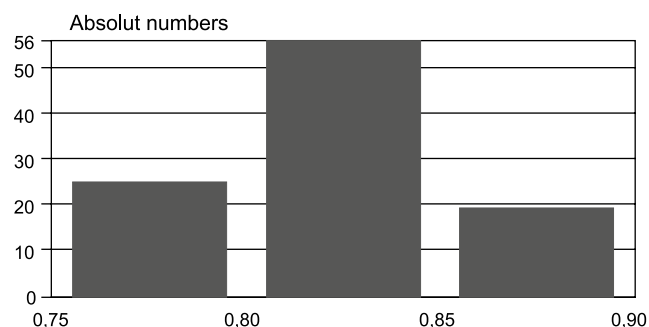


Fig. 14. Reflektogram wityrynytu dla próbki nr WES-1/01/D

Reflectogram of vitrinite for sample No. WES-1/01/D

Tabela 23

**Średnia zawartość wityrynytu
w całym profilu otworu Wesola PIG 1**

Results of random vitrinite reflectance measurements (%Rr)
of the Wesola PIG 1

Pokład Coal seam	Nr próbki Sample No.	Wartość średnia Mean value [%]	Minimum Minimum [%]	Maksimum Maximum [%]	Odchylenie standardowe Std.-Dev
361	WES-1/01/D	0,8216	0,7526	0,8964	0,0314
364	WES-1/02/D	0,8001	0,7424	0,8948	0,0325
401	WES-1/03/D	0,8607	0,7512	0,9360	0,0476
	WES-1/04/D	0,8003	0,7273	0,8643	0,0336
404/1	WES-1/05/D	0,7996	0,7283	0,8815	0,0365
nn1	WES-1/06/D	0,9568	0,8624	1,0636	0,0515
404/5	WES-1/07/D	0,8073	0,7384	0,8962	0,0317
	WES-1/08/D	0,8292	0,7514	0,9327	0,0451
	WES-1/09/D	0,8342	0,7534	0,9457	0,0405
nn2	WES-1/10/D	0,8604	0,7722	0,9499	0,0370
405/2	WES-1/11/D	0,9091	0,8428	1,0366	0,0370
	WES-1/12/D	0,8419	0,7603	0,9072	0,0375
407/1	WES-1/13/D	0,8597	0,7887	0,9441	0,0385
414	WES-1/14/D	0,8887	0,8060	0,9924	0,0389
416	WES-1/15/D	0,9202	0,8591	0,9941	0,0338
	WES-1/16/D	0,9024	0,8570	0,9654	0,0272
nn3	WES-1/17/D	0,9248	0,8523	0,9752	0,0319
501	WES-1/18/D	0,9204	0,8576	0,9904	0,0334
	WES-1/19/D	0,9094	0,8631	0,9824	0,0318
	WES-1/20/D	0,9398	0,8634	1,0172	0,0331
510	WES-1/21/D	0,9276	0,8524	1,0109	0,0350
	WES-1/22/D	0,9491	0,8763	1,0321	0,0386
	WES-1/23/D	0,9427	0,8744	1,0248	0,0346
	WES-1/24/D	0,9491	0,8905	1,0244	0,0357
	WES-1/25/D	0,9584	0,8803	1,0265	0,0406
	WES-1/26/D	0,9363	0,8838	1,0340	0,0368
	WES-1/27/D	0,9567	0,8750	1,0392	0,0355
	WES-1/28/D	0,9590	0,8603	1,0532	0,0498
	WES-1/29/D	0,9648	0,8508	1,0831	0,0458
	WES-1/30/D	0,9571	0,8754	1,0454	0,0400
	WES-1/31/D	0,9527	0,8585	1,0948	0,0573

W sumie wykonano pomiary refleksyjności dla 31 próbek. Każdy dodatkowy pomiar zwiększa dokładność pod kątem oceny jakości węgla.

Analiza macerałowa

Na podstawie analizy macerałowej wyróżniono poszczególne macerały należące do trzech podstawowych grup tj. wityrynytu (fig. 15), liptynytu i inertynyty. W sumie wyróżniono 20 macerałów w tym macerał z grupy liptynytu – sporynit, który szczegółowo opisano jako: mikrosporynit, makrosporynit oraz sporangium. Wyniki przedstawiono w tabeli 24.

Następną liczną grupą jest inertynit (11,8–59,6%), którego średnia wartość wynosi 36,3% (tab. 24, fig. 16).

Udział macerałów grupy liptynytu waha się w granicach od 3,6 do 17,2%, a wartość średnia jest równa 9,2% (tab. 24, fig. 17).

Materia mineralna występuje w przedziale od 0,4 do 21,2% przy wartości średniej 5,1% (tab. 24, fig. 18).

Analizy petrograficzne węgla ze ściany w pokładzie 501

Określenie średniej refleksyjności wityrynytu

Pomiary refleksyjności wityrynytu dostarczyły danych na temat wartości przypadkowej odbicia światła i odchylenia standardowego, które wykazały pewną zmienność w poszczególnych próbkach. Wartości średniej refleksyjności oraz odchylenia standardowego przedstawiono w tabeli 25.

W sumie wykonano pomiary refleksyjności dla 24 próbek, na które składają się trzy próbki wydzielone z każdej z ośmiu próbek w celu prześledzenia stopnia uwęglania w profilu pokładu 501. Każdy dodatkowy pomiar zwiększa dokładność pod kątem oceny jakości węgla.

Wyznaczenie współczynnika anizotropii optycznej w węglu

Rzeczywista refleksyjność maksymalna, pośrednia i minimalna

Pomiary przeprowadzone na 16 próbkach (tab. 26) pokazały, że wartość rzeczywistej refleksyjności maksymalnej ($R_{\max}$) wynosi od 0,85 do 1,04% (przy odchyleniu standardowym $s = 0,03-0,05\%$), rzeczywistej refleksyjności pośredniej (R_{int}) od 0,80 do 0,90%, a rzeczywistej refleksyjności minimalnej ($R_{\min}$) od 0,65 do 0,74% ($s = 0,04-0,06\%$).

Model poniżej (fig. 19) przedstawia bardzo słabą zależność liniową pomiędzy $R_{\min}$ a $R_{\max}$ wyrażoną równaniem regresji:

$$R_{\max} = 0,298 + 0,956 * R_{\min}$$

$$R \text{ Square} = 0,431$$

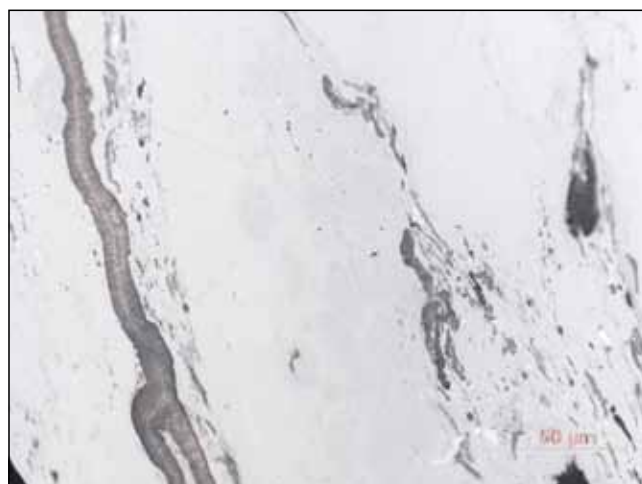
$$\text{Covariance} = 0,001$$

$$\text{Correlation Coefficient} = 0,656$$



Kolotelinit, pow. 500', próbka nr WES-1/01/D

Colotelinite, 500', oil immersion, No. sample WES-1/01/D



Kolotelinit, korpożelinit, pow. 500', próbka nr WES-1/02/D

Colotelinite and corpopelinite, 500' oil immersion, No. sample WES-1/02/D

Fig. 15. Macerały z grupy wityrynit

Macerals of the vitrinite group

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Err	t	p-value
b0	0,298	0,213	1,402	0,1844
b1	0,956	0,305	3,138	0,0079

Refleksyjność średnia

Na podstawie uzyskanych wartości $R_{\max}$, R_{int} i $R_{\min}$ obliczono wartość średniej refleksyjności R_{mean} , która spełnia rolę miary stopnia uwęglenia:

$$R_{\text{mean}} = (R_{\max} + R_{\text{int}} + R_{\min}) / 3$$

Mieści się ona w zakresie od 0,79 do 0,89% (tab. 3), co wskazuje na średni stopień uwęglenia badanych węgla z pokładu 501.

Anizotropia optyczna

Różnice rzeczywistych refleksyjności maksymalnej $R_{\max}$ i minimalnej $R_{\min}$ dostarczają informacji o wartości dwójdobicia R_{bi} . Najczęściej stosowaną miarą anizotropii optycznej węgla jest dwójdobicie. W tabeli 26 przedstawiono obliczone wartości R_{bi} , które mieszczą się w zakresie od 0,17 do 0,32%. Wartość dwójdobicia rośnie wraz ze wzrostem rzeczywistej refleksyjności maksymalnej, jak też refleksyjności średniej. Na podstawie analizy statystycznej stwierdzono słabą zależność pomiędzy dwójdobiciem, a rzeczywistą refleksyjnością maksymalną (fig. 20a) i refleksyjnością średnią (fig. 20b). Modele poniżej przedstawiają otrzymane równania regresji:

$$R_{\text{bi}} = -0,245 + 0,53 * R_{\max}$$

R Square = 0,49

Covariance = 0,001

Correlation Coefficient = 0,7

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Err	t	p-value
b0	-0,245	0,14	-1,75	0,102
b1	0,53	0,144	3,666	0,0025

$$R_{\text{bi}} = -0,005 + 0,325 * R_{\text{mean}}$$

R Square = 0,105

Covariance = 0

Correlation Coefficient = 0,325

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Err	t	p-value
b0	-0,005	0,212	-0,024	0,9814
b1	0,325	0,253	1,284	0,2199

Według między innymi Hower, Davis (1981) jest przekonanie, że wartość anizotropii lepiej obrazuje iloraz refleksyjności R_r , ponieważ w przeciwieństwie do dwójdobicia R_{bi} uwzględnia się stopień uwęglenia. Na potrzeby niniejszego opracowania obliczono R_r (tab. 26). Uzyskane wartości są w przedziale od 0,69 do 0,80, co wskazuje na niewielką lub średnią anizotropię badanych próbek węgla z pokładu 501.

Analiza petrograficzna mikroszczelin w węglu

Występujący system spękań (fig. 21) zaobserwowany w analizowanych próbkach punktowych (tab. 27) ma dwójakiego charakter: pierwszy to puste mikrospeknięcia (fig. 21, fot. 1, 2), drugi to mikrospeknięcia wypełnione materią mineralną (fig. 21. fot. 3, 4).

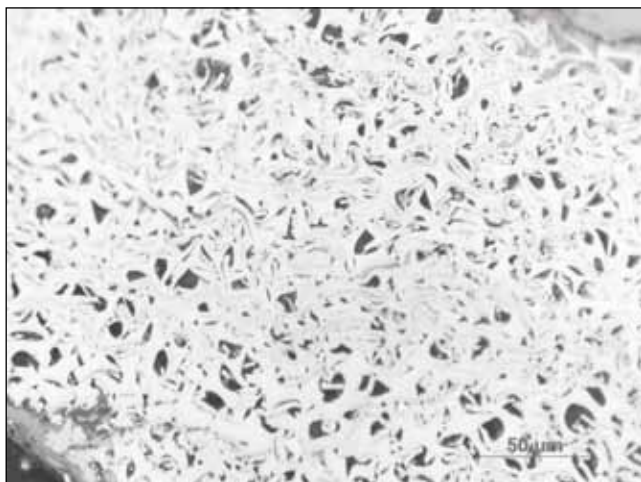
Tabela 24

Zbiórce zestawienie analizy maceralowej węgla oraz materii mineralnej z profilu otworu Wesola PIG 1

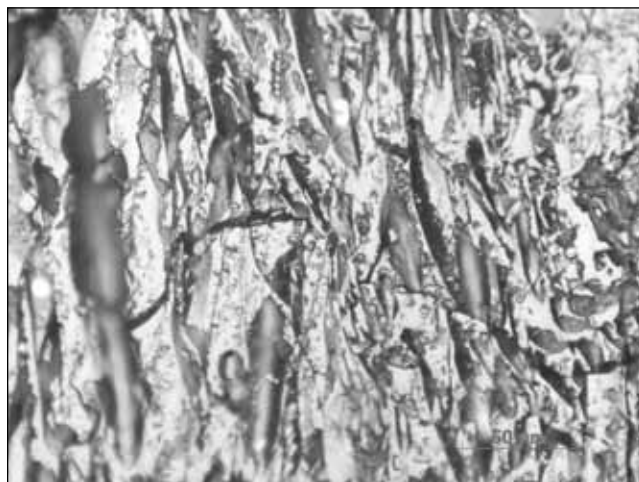
Maceral group and mineral content in analyzed samples of the Wesola PIG 1 borehole

Pokład Coal seam	Nr próbki Sample No.	T	Ct	Cd	Vd	Cg	G	$\Sigma=V$	Sp	Ms	Sm	Cu	Re	Ld	Ex	$\Sigma=L$	F	Sf	Ma	Mi	Fu	Sk	Id	$\Sigma=I$	$\Sigma=MM$
361	WES-1/01/D	10,8	18,0	27,0	0,6	5,8	5,4	67,6	7,4	0,2	–	1,2	0,8	1,8	–	11,4	10,0	3,6	0,4	3,4	0,6	–	2,0	20,0	1,0
364	WES-1/02/D	9,0	20,4	27,0	0,4	2,2	4,6	63,6	7,6	0,6	–	1,0	0,2	0,8	–	10,2	8,2	3,2	0,6	7,4	0,6	–	5,0	25,0	1,2
401	WES-1/03/D	14,0	21,6	25,4	0,6	1,2	5,6	68,4	5,6	0,4	0,2	–	1,8	1,2	–	9,2	8,8	2,0	0,4	5,4	0,4	–	2,4	19,4	3,0
404/1	WES-1/04/D	9,4	21,4	23,8	0,4	2,4	5,2	62,6	6,0	0,4	0,2	1,2	–	0,4	–	8,2	8,4	2,6	–	4,4	1,4	–	3,0	19,8	9,4
nn1	WES-1/05/D	12,8	30,4	21,6	0,2	1,8	6,4	73,2	5,4	–	–	1,0	–	0,4	0,4	7,2	5,4	2,0	0,2	4,8	–	–	3,0	15,4	4,2
404/5	WES-1/06/D	1,4	9,2	23,0	0,4	1,2	3,8	39,0	5,6	1,0	–	1,2	–	1,0	–	8,8	6,4	4,6	–	11,6	0,6	–	11,6	34,8	17,4
nn2	WES-1/07/D	6,6	32,8	29,4	0,6	1,8	5,4	76,6	5,2	0,2	–	0,4	–	1,0	–	6,8	7,2	3,0	0,2	2,6	1,0	–	2,2	16,2	0,4
405/2	WES-1/08/D	7,4	13,8	24,4	0,6	1,6	5,4	53,2	6,8	1,0	0,4	1,0	0,2	1,2	0,2	10,8	10,0	4,6	1,0	5,2	1,2	–	8,0	30,0	6,0
407/1	WES-1/09/D	11,2	22,6	26,6	2,8	1,4	4,6	69,2	1,6	0,4	–	0,6	–	1,0	–	3,6	4,0	2,8	0,6	0,8	–	0,2	3,4	11,8	15,4
414	WES-1/10/D	3,6	15,2	29,0	1,6	0,4	3,2	53,0	8,8	1,2	0,2	–	0,2	–	–	10,4	5,2	6,4	0,8	4,2	1,0	0,2	15,2	33,0	3,6
nn3	WES-1/11/D	1,0	6,4	25,8	3,0	0,4	2,8	39,4	3,4	0,6	–	–	–	0,2	–	4,2	7,8	12,8	1,0	10,2	1,0	–	16,6	49,4	7,0
501	WES-1/12/D	6,6	14,4	24,6	2,0	1,8	3,6	53,0	1,8	0,8	–	–	–	1,0	–	3,6	10,6	2,6	0,2	5,4	0,4	0,2	2,8	22,2	21,2
416	WES-1/13/D	1,0	23,2	30,0	0,6	4,0	6,6	65,4	4,8	0,6	–	0,6	–	1,2	0,2	7,2	11,2	3,8	0,6	5,8	0,6	–0,2	2,6	24,8	2,6
nn3	WES-1/14/D	2,2	9,2	24,6	1,2	1,2	4,2	42,6	6,4	0,6	0,2	0,2	0,4	1,0	0,2	9,0	18,6	4,2	1,8	3,8	0,6	–	10,2	39,2	9,2
510	WES-1/15/D	1,8	15,8	18,6	1,8	0,6	2,6	41,2	7,4	1,0	–	0,4	–	2,2	–	11,0	10,6	8,0	1,2	9,2	1,0	–	15,8	45,8	2,0
nn3	WES-1/16/D	1,2	15,8	25,8	1,4	2,6	4,2	51,0	7,6	0,4	0,2	–	–	1,8	–	10,0	7,6	4,4	0,4	10,8	1,8	–	8,8	33,8	5,2
501	WES-1/17/D	3,4	39,2	16,0	0,8	2,0	6,0	67,4	8,6	1,2	–	0,8	0,2	1,6	–	12,4	6,0	1,6	–	1,2	0,2	–	2,8	11,8	8,4
501	WES-1/18/D	4,0	19,4	18,2	3,0	0,4	2,0	47,0	7,8	1,0	–	0,2	–	1,0	–	10,0	10,2	9,2	0,8	6,6	1,0	–	9,8	37,6	5,4
501	WES-1/19/D	2,8	8,0	21,4	3,4	1,4	1,8	38,8	10,4	0,6	0,2	0,4	0,2	0,2	–	12,0	17,8	9,0	1,0	10,0	1,0	0,2	8,4	47,4	1,8
501	WES-1/20/D	6,6	22,6	31,2	–	1,0	1,6	63,0	4,0	0,4	0,8	–	–	1,2	–	6,4	7,4	3,6	0,2	10,2	0,2	–	7,4	29,0	1,6
501	WES-1/21/D	7,6	21,6	24,0	0,2	1,2	2,2	56,8	5,0	0,4	–	0,2	–	0,4	–	6,0	6,6	4,8	–	13,8	1,0	–	8,0	34,2	3,0
501	WES-1/22/D	1,6	3,4	9,8	3,4	0,6	3,2	22,0	12,6	1,2	0,2	0,2	–	1,0	–	15,2	3,4	14,2	0,8	13,8	2,0	–	24,8	59,0	3,8
501	WES-1/23/D	–	6,2	16,8	2,2	1,4	2,6	29,2	8,4	0,2	–	–	–	–	–	8,6	6,8	20,0	0,8	9,8	1,8	–	20,4	59,6	2,6
501	WES-1/24/D	2,0	8,6	21,6	1,8	1,2	2,6	37,8	8,6	1,2	–	0,2	–	0,8	–	10,8	2,6	9,8	0,2	21,8	0,8	–	14,0	49,2	2,2
510	WES-1/25/D	5,4	21,6	23,6	0,2	0,6	2,4	53,8	6,6	1,0	–	0,2	–	0,6	–	8,4	2,4	8,8	–	16,0	0,8	–	6,6	34,6	3,2
510	WES-1/26/D	1,2	8,2	21,2	1,0	0,2	3,6	35,4	7,6	0,8	–	0,4	–	0,8	–	9,6	5,0	17,8	1,0	13,4	2,2	–	14,0	53,4	1,6
510	WES-1/27/D	4,2	6,6	25,8	0,2	1,2	1,6	39,6	8,8	1,0	–	–	–	0,8	–	10,6	3,6	14,2	0,4	14,4	0,6	–	10,2	43,4	6,4
510	WES-1/28/D	1,0	4,8	20,8	2,2	0,4	2,0	31,2	8,6	1,2	0,2	0,4	–	–	–	10,4	2,0	26,6	0,8	11,0	0,6	–	15,2	56,2	2,2
510	WES-1/29/D	4,4	5,0	22,6	1,6	0,4	1,4	35,4	7,0	0,4	–	0,4	–	0,6	–	8,4	3,6	18,8	0,4	15,2	0,8	–	15,4	54,2	2,0
510	WES-1/30/D	1,4	4,4	24,6	3,2	0,4	1,8	35,8	4,4	1,0	–	–	–	1,0	–	6,4	6,4	23,4	1,0	9,0	2,6	–	12,6	55,0	2,8
510	WES-1/31/D	–	0,2	14,8	5,6	–	1,4	22,0	10,6	2,6	0,8	0,2	–	3,0	–	17,2	0,8	25,4	0,8	9,4	2,0	–	21,2	59,6	1,2

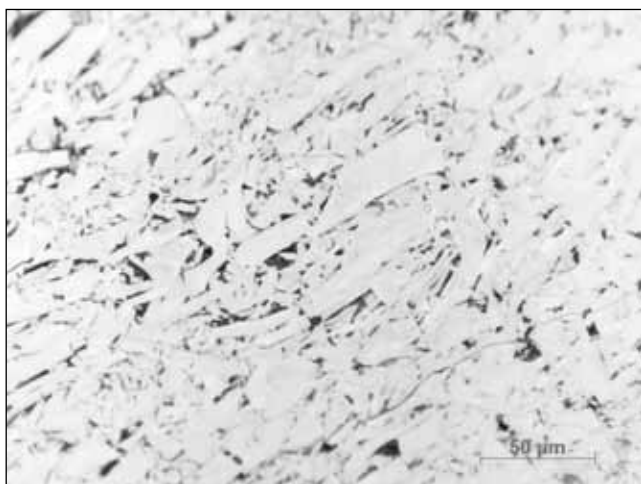
$\Sigma=V$ – suma macerałów z grupy wityritu, T – telinit, Ct – kolotelinit, Cd – kolodetrinit, Vd – kolodetrinit, Ex – eksudatynit, $\Sigma=L$ – suma macerałów z grupy liptynitu, Sp – mikrosporynit, Ms – makrosporynit, Sm – sporangium, Cu – kutynit, Re – rezynit, Ld – liptodetrinit, Ex – eksudatynit, $\Sigma=I$ – suma macerałów z grupy inertytynitu, F – fuzynit, Sf – semifuzynit, Ma – makrynit, Mi – mikrynit, Fu – funginit, Sk – sekretynit, Id – inertodetrinit, MM – materia mineralna
 $\Sigma=V$ – suma macerałów z grupy wityritu, T – telinit, Ct – kolotelinit, Cd – kolodetrinit, Vd – kolodetrinit, Ex – eksudatynit, $\Sigma=L$ – suma macerałów z grupy liptynitu, Sp – mikrosporynit, Ms – makrosporynit, Sm – sporangium, Cu – kutynit, Re – rezynit, Ld – liptodetrinit, Ex – eksudatynit, $\Sigma=I$ – suma macerałów z grupy inertytynitu, F – fuzynit, Sf – semifuzynit, Ma – makrynit, Mi – mikrynit, Fu – funginit, Sk – sekretynit, Id – inertodetrinit, MM – materia mineralna
 ite, Sm – sporangium, Cu – kutynit, Re – rezynit, Ld – liptodetrinit, Ex – eksudatynit, $\Sigma=I$ – suma macerałów z grupy inertytynitu, F – fuzynit, Sf – semifuzynit, Ma – makrynit, Mi – mikrynit, Fu – funginit, Sk – sekretynit, Id – inertodetrinit, MM – materia mineralna



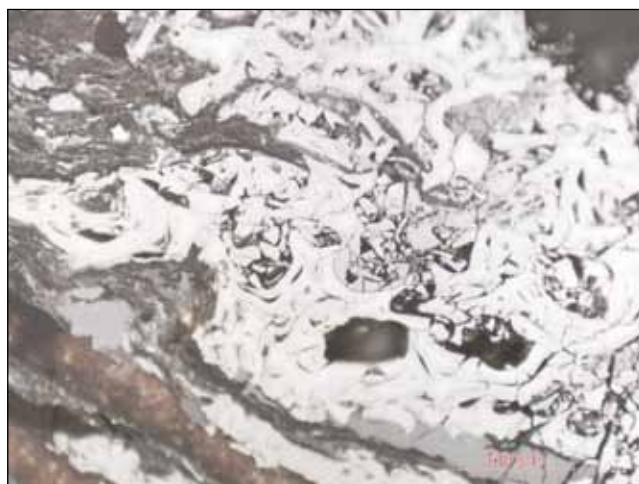
Fuzynit, pow. 500', próbka nr WES-1/02/D

Fusinite, 500' oil immersion, No. sample WES-1/02/D

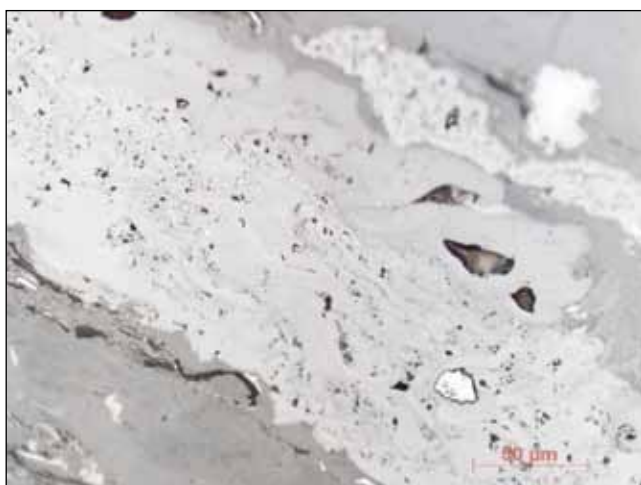
Pirofuzynit, pow. 500', próbka nr WES-1/03/D

Pyrofusinite, 500' oil immersion, No. sample WES-1/03/D

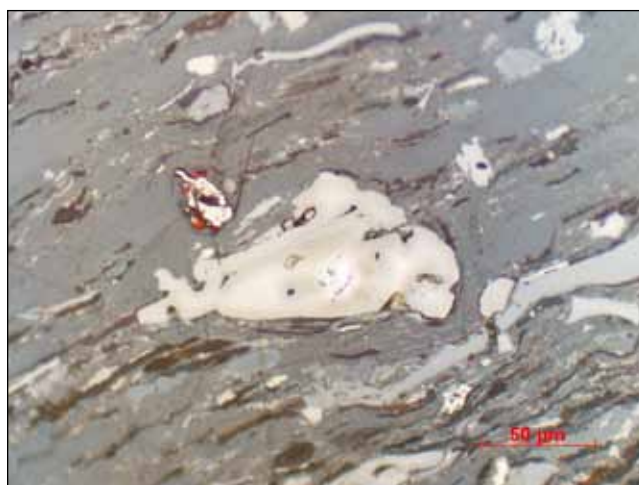
Fuzynit, pow. 500', próbka nr WES-1/07/D

Fusinite, 500' oil immersion, No. sample WES-1/07/D

Fuzynit, pow. 500', próbka nr WES-1/09/D

Fusinite, 500' oil immersion, No. sample WES-1/09/D

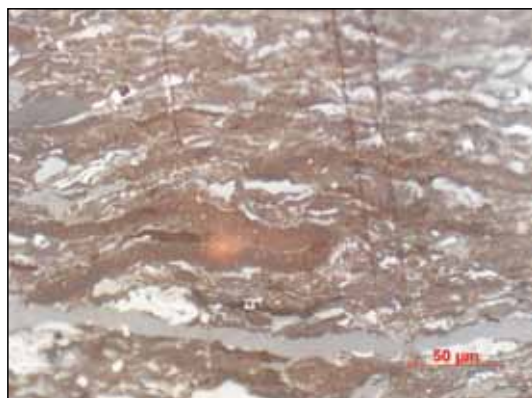
Semifuzynit, fuzynit, pow. 500', próbka nr WES-1/11/D

Semifusinite and fusinite, 500' oil immersion, No. Sample WES-1/11/D

Makrynit, pow. 500', próbka nr WES-1/02/D

*Macrinite, Fusinite, 500' oil immersion, No. sample WES-1/02/D***Fig. 16. Macerały z grupy inertynitu**

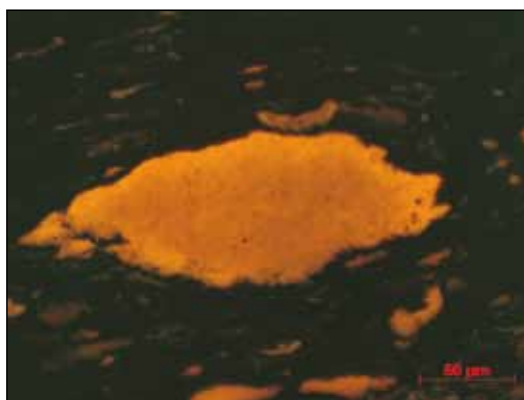
Macerals of the inertinite group



Sporynit,
pow. 500×,
próbka nr WES-1/16/D
(po lewej)

Sporinite,
500× oil immersion,
No. sample WES-1/16/D
(left)

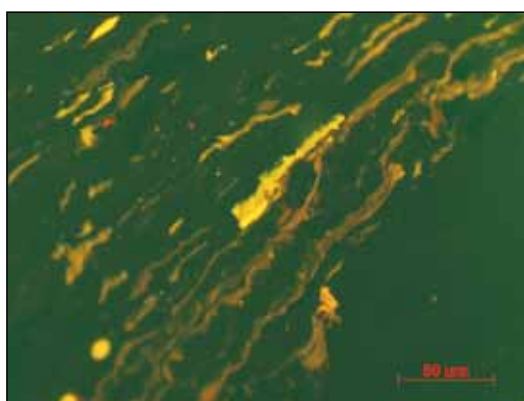
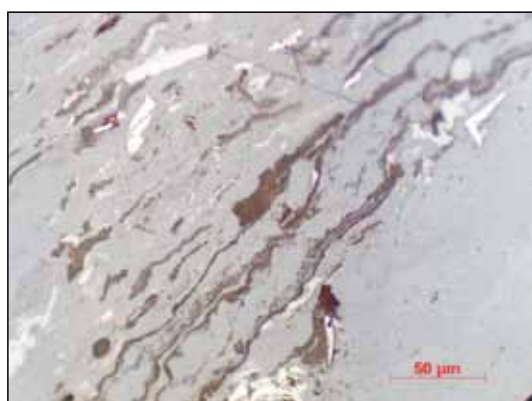
Ten sam obraz
w fluorescencji
(po prawej)
*The same image
in fluorescence
(right)*



Rezynit,
pow. 500×,
próbka nr WES-1/16/D
(po lewej)

Resinite,
500× oil immersion,
No. sample WES-1/16/D
(left)

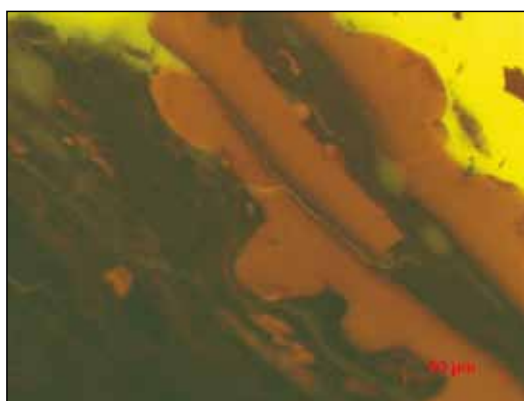
Ten sam obraz
w fluorescencji
(po prawej)
*The same image
in fluorescence
(right)*



Kutynit,
pow. 500×,
próbka nr WES-1/16/D
(po lewej)

Cutinite,
500× oil immersion,
No. sample WES-1/16/D
(left)

Ten sam obraz
w fluorescencji
(po prawej)
*The same image
in fluorescence
(right)*



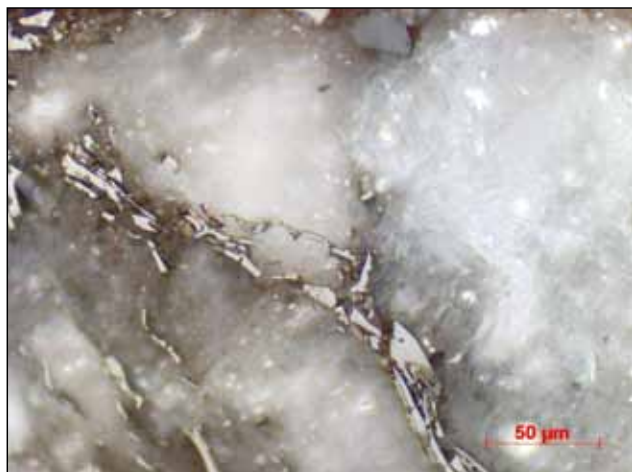
Sporynit,
pow. 500×,
próbka nr WES-1/16/D
(po lewej)

Sporinite,
500× oil immersion,
No. sample WES-1/16/D
(left)

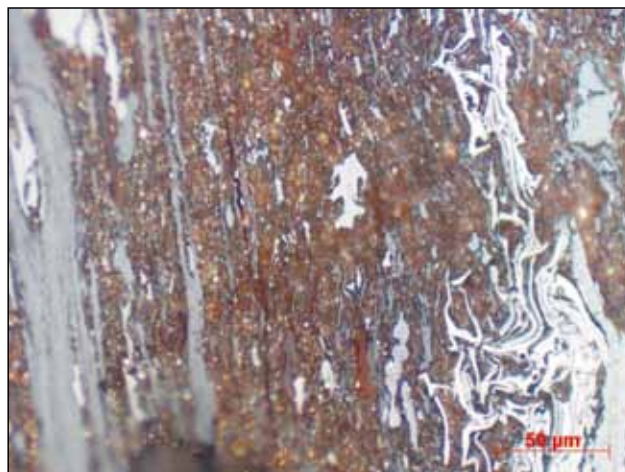
Ten sam obraz
w fluorescencji
(po prawej)
*The same image
in fluorescence
(right)*

Fig. 17. Macerały z grupy liptynitu

Macerals of the liptinite group



Materia mineralna, próbka WES-1/22/D
Mineral matter, 500× oil immersion, No. sample WES-1/22/D



Materia mineralna, próbka nr WES-1/17/D
Mineral matter, 500× oil immersion, No. sample WES-1/17/D



Materia mineralna, próbka nr WES-1/06/D
Mineral matter, 500× oil immersion, No. sample WES-1/06/D



Materia mineralna, próbka nr WES-1/06/D
Mineral matter, 500× oil immersion, No. sample WES-1/06/D

Fig. 18. Materia mineralna

Mineral matter

Tabela 25

Średnia refleksyjność witrinitu w pokładzie 501 (próbki ze ściany)

Vitrinite random reflectance value in 501 coal seam

Nr próbki Sample No.	Średnia refleksyjność Rr Random reflectance Rr [%]	min [%]	max [%]	Odchylenie standardowe Std.-Dev
I-1-a	0,8210	0,7525	0,9400	0,0399
I-1-b	0,8167	0,7061	0,9486	0,0559
I-1-c	0,8022	0,7132	0,8938	0,0449
I-2-a	0,8000	0,7440	0,8875	0,0435
I-2-b	0,8657	0,7603	0,9782	0,0420
I-2-c	0,8034	0,7559	0,8636	0,0303
I-3-a	0,8406	0,7064	0,9687	0,0569
I-3-b	0,8716	0,7747	0,9807	0,0485
I-3-c	0,9126	0,8161	1,025	0,0477
I-4-a	0,8524	0,7757	0,9406	0,0372
I-4-b	0,8353	0,7243	0,9219	0,0384
I-4-c	0,8884	0,8084	0,9949	0,0454
II-5-a	0,8803	0,7726	0,9649	0,0412
II-5-b	0,8815	0,8008	0,9606	0,0465

Nr próbki Sample No.	Średnia refleksyjność Rr Random reflectance Rr [%]	min [%]	max [%]	Odchylenie standardowe Std.-Dev
II-5-c	0,8671	0,7618	0,9913	0,0498
II-6-a	0,8683	0,7618	0,9733	0,0504
II-6-b	0,8875	0,7607	0,9992	0,0578
II-6-c	0,8455	0,7347	0,9795	0,0553
II-7-a	0,8569	0,7598	0,9836	0,0646
II-7-b	0,8299	0,7553	0,9832	0,0493
II-7-c	0,7907	0,7320	0,8413	0,0327
II-8-a	0,8831	0,7610	1,0279	0,0552
II-8-b	0,8246	0,7007	0,917	0,0442
II-8-c	0,7903	0,7081	0,8894	0,0483
min	0,7903	0,7007		
max	0,9126		1,0279	
średnia / average	0,8469			0,0469

Tabela 26

Wyniki pomiarów anizotropii optycznej witrinitu na próbkach kawalkowych

The results of anisotropy examination of vitrinite on the blocks samples

Nr próbki Sample No.	$R_{\max}$ [%]	R_{int} [%]	$R_{\min}$ [%]	R_{mean} [%]	$\bar{R}_{\max}$ [%]	$s_{R_{\max}}$ [%]	$\bar{R}_{\min}$ [%]	$s_{R_{\min}}$ [%]	R_{bi} [%]	R_r	R_{st}	Char. opt.	R_{am}
I-1-a	0,965	0,835	0,695	0,83	0,88	0,04	0,79	0,04	0,27	0,72	-1,22	B(-)	0,06
I-1-b	0,960	0,820	0,670	0,82	0,87	0,05	0,77	0,05	0,29	0,70	-1,14	B(-)	0,07
I-1-c	0,925	0,795	0,655	0,79	0,85	0,05	0,76	0,05	0,27	0,71	-1,22	B(-)	0,07
I-2-b	1,020	0,885	0,740	0,88	0,92	0,04	0,82	0,04	0,28	0,73	-1,18	B(-)	0,05
I-3-a	0,850	0,845	0,680	0,79	0,87	0,04	0,79	0,05	0,17	0,80	-4,88	B(-)	0,06
I-3-b	0,980	0,870	0,740	0,86	0,89	0,05	0,81	0,06	0,24	0,75	-2,36	B(-)	0,06
I-3-c	0,990	0,870	0,740	0,87	0,91	0,03	0,83	0,04	0,25	0,75	-1,32	B(-)	0,06
I-4-b	0,930	0,830	0,700	0,82	0,87	0,04	0,78	0,04	0,23	0,75	-4,31	B(-)	0,05
II-5-b	0,985	0,880	0,740	0,87	0,92	0,03	0,83	0,05	0,25	0,75	-4,71	B(-)	0,05
II-6-a	0,980	0,870	0,715	0,86	0,91	0,03	0,83	0,05	0,27	0,73	-5,60	B(-)	0,06
II-6-b	1,040	0,895	0,720	0,89	0,95	0,04	0,84	0,05	0,32	0,69	-3,10	B(-)	0,07
II-6-c	0,995	0,860	0,705	0,85	0,91	0,05	0,81	0,05	0,29	0,71	-2,88	B(-)	0,07
II-7-b	0,950	0,825	0,670	0,82	0,87	0,04	0,78	0,04	0,28	0,71	-3,54	B(-)	0,07
II-8-a	1,020	0,885	0,730	0,88	0,93	0,04	0,83	0,04	0,29	0,72	-2,28	B(-)	0,06
II-8-b	0,955	0,820	0,660	0,81	0,87	0,04	0,77	0,05	0,30	0,69	-2,80	B(-)	0,07
II-8-c	0,930	0,795	0,650	0,79	0,85	0,05	0,75	0,05	0,28	0,70	-1,18	B(-)	0,07

$R_{\max}$ – rzeczywista maksymalna refleksyjność witrinitu, R_{int} – rzeczywista pośrednia refleksyjność witrinitu, $R_{\min}$ – rzeczywista minimalna refleksyjność witrinitu, R_{mean} – średnia refleksyjność obliczona ze wzoru (Levine, Davis, 1989), $\bar{R}_{\max}$ – średnia maksymalna refleksyjność witrinitu, $\bar{R}_{\min}$ – średnia minimalna refleksyjność witrinitu, $s_{R_{\max}}$ i $s_{R_{\min}}$ – odchylenia standardowe pomiarów refleksyjności średnich, R_{st} – współczynnik będący miarą charakteru optycznego (indykatrysy), R_{am} – współczynnik będący miarą anizotropii optycznej, R_{bi} – dwójdobicie, R_r – iloraz refleksyjności

$R_{\max}$ – true maximum vitrinite reflectance, R_{int} – true intermediate vitrinite reflectance, $R_{\min}$ – true minimum vitrinite reflectance, R_{mean} – medium reflectance value by Levine and Davis formula (Levine, Davis, 1989), $\bar{R}_{\max}$ – average maximum vitrinite reflectance, $\bar{R}_{\min}$ – average minimum vitrinite reflectance, $s_{R_{\max}}$ i $s_{R_{\min}}$ – standard deviations of mean reflectance value, R_{st} – coefficient as a measure of optical character (reflectance indicatrix), R_{am} – coefficient which is a measure of optical anisotropy, R_{bi} – bi-reflectance value, R_r – random reflectance

Analiza rentgenograficzna

Przeprowadzona analiza rentgenograficzna pozwoliła na wykrycie faz krystalicznych poszczególnych minera-

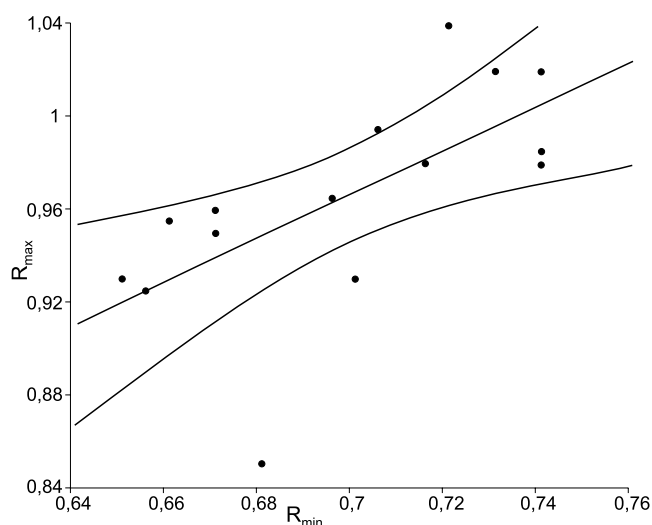


Fig. 19. Zależności pomiędzy rzeczywistą refleksyjnością minimalną $R_{\min}$ a rzeczywistą refleksyjnością maksymalną $R_{\max}$

Relationships between true minimum reflectance values $R_{\min}$ and true maximum reflectance values rank and $R_{\max}$

łów. W celu wykonania obróbki danych zastosowano program komputerowy X'PERT High Score Plus 2.2. Przeprowadzono identyfikację jakościową, z wykorzystaniem bazy danych wzorców PDF-2 Db ICSD, oraz ilościową, z zastosowaniem metody Rietvela. Wyniki analizy jakościowej przedstawiono na dyfraktogramach wygenerowanych przez dyfraktometr i poddanych obróbce w programie X'PERT.

W każdej próbce występują następujące minerały: minerały ilaste, łuszczyki, kwarc, gips oraz węglany. Glinokrzemiany, pirokseny oraz piryt zaobserwowano w połowie analizowanych próbek. Zidentyfikowano również skałenie potasowe występujące w próbce II-7-b. Skład faz mineralnych węgla kamiennych przedstawiono w tabeli 28.

Analiza skaningowa

W celu uzupełnienia i potwierdzenia analizy rentgenowskiej przeprowadzono również analizę materii mineralnej przy użyciu elektronowego mikroskopu skaningowego. Wszystkie przebadane próbki wykazują znaczną zawartość kwarcu, minerałów ilastych, siarczków oraz różnorodnych krzemianów i glinokrzemianów. Związki zaobserwowane w powyższej analizie częściowo pokrywają się z wynikami analizy rentgenowskiej. Obie analizy stanowią swoje uzupełnienie. Analiza rentgenowska wykrywa fazy mineralne zawarte w całej próbce, natomiast analiza SEM

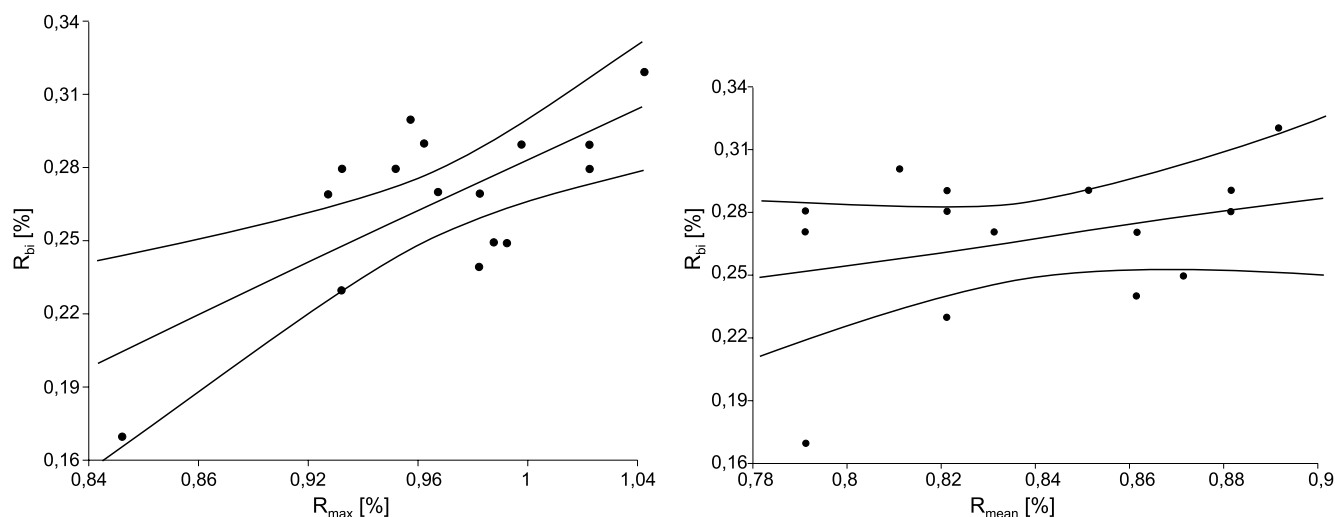


Fig. 20. Zależność anizotropii optycznej wityrynu, określonej wartością dwój odbicia R_{bi} , od stopnia uwęglania wyrażonego wartością refleksyjności maksymalnej R_{max} (20a) i od refleksyjności średniej R_{mean} (20b)

Relation of optical anisotropy of vitrinite, described as bireflectance value R_{bi} , to the rank of coal expressed by maximum reflectance value R_{max} (20a) and to the true medium reflectance value R_{mean} (20b)

skupia się na poszczególnych ziarnach. Wytypowane drobne, pojedyncze ziarna (np. zawierające rzadkie pierwiastki) w analizie skaningowej, mogą zostać niewychwycone w analizie rentgenowskiej, gdzie głównie liczy się ilość danej fazy mineralnej (im więcej danej fazy mineralnej, tym silniejszy refleks).

Analiza macerałowa

Na podstawie analizy macerałowej wyróżniono poszczególne macerały należące do trzech podstawowych grup, tj. wityrynu, liptynytu i inertynytu. W sumie wyróżniono 18 macerałów, w tym macerał z grupy liptynytu – sporynit, który szczegółowo opisano jako: mikrosporynit, makrosporynit oraz sporangium (tab. 29).

Zawartość poszczególnych macerałów w świetle białym wykazała, że w analizowanych próbkach punktowych pobranych z pokładu 501 mają przewagę macerały z grupy inertynytu (37,2–66,6%), gdzie średnia wartość wynosi 55,0% (tab. 29, fig. 22).

Następną liczną grupą jest wityryt (13,8–40,6%), którego średnia wartość wynosi 28,3% (tab. 29, fig. 23).

Udział macerałów grupy liptynytu waha się w granicach od 0,8 do 30,2%, a wartość średnia jest równa 12,8% (tab. 29, fig. 24).

Materia mineralna występuje w przedziale od 0,2 do 13,4% przy wartości średniej 3,9% (tab. 29, fig. 25).

Analiza mikrolitotypów

W celu dostarczenia pełniejszej informacji na temat budowy petrograficznej badanych węgli z pokładu 501, wykonano analizę mikrolitotypów i karbominerytu.

Wyniki zestawiono w tabeli 30. Na podstawie obserwacji mikroskopowych (fig. 26) pod kątem mikrolitotypów w analizowanym pokładzie dominują: trimaceryty (klaro-duryt o cechach inertnych i duroklaryt) oraz duryt i inertyt (fig. 26).

Analizy petrograficzne węgla z rdzenia otworu dolowego w pokładach 501–510

Określenie średniej refleksyjności wityrynu

Pomiary refleksyjności wityrynu dostarczyły danych na temat wartości przypadkowej odbicia światła i odchylenia standardowego. Na tej podstawie zaobserwowano pewną zmienność w poszczególnych próbkach. Wartości średniej refleksyjności oraz odchylenia standardowego przedstawiono w tabeli 31.

Analizując pomiary refleksyjności wityrynu w pokładzie 501 minimalna refleksyjność wynosi 0,71% w próbce nr 2, najwyższa 0,94% w próbce nr 3, wartość średnia wynosi 0,81%. W pokładzie 510 minimalna refleksyjność wynosi 0,81% w próbce nr 9, najwyższa 1,01% w próbce nr 6, wartość średnia wynosi 0,90% (tab. 31).

Wyznaczenie współczynnika anizotropii optycznej w węglu

Refleksyjność średnia (R_r) we wszystkich próbkach ma bardzo małe odchylenie standardowe (0,02–0,04%), co jest również odzwierciedleniem niskiej anizotropii optycznej. W tabeli 32 zestawiono wyniki dla anizotropii optycznej.



Mikrospękania pochodzenia naturalnego, pow. 500×,
próbka nr I-3a

Microcracks of natural origin, 500× oil immersion, No. sample I-3a



Mikrospękania pochodzenia mechanicznego, pow. 500×,
próbka nr I-3a

Microcracks of mechanical origin, 500× oil immersion, No. sample I-3a



Mikrospękania wypełnione materią mineralną, pow. 500×,
próbka nr I-3a

Microcracks filled of mineral matter, 500× oil immersion, No. sample I-3a



Mikrospękania wypełnione materią mineralną, pow. 500×,
próbka nr I-3a

Microcracks filled of mineral matter, 500× oil immersion, No. sample I-3a

Fig. 21. Przykład mikrospękań w próbkach z pokładu 501

Example of microcracks in analyzed samples of the coal seams No. 501

Tabela 27

Zestawienie mikrospękań w pokładzie 501, próbki pokładowe (punktowe), w przeliczeniu na 100% materii mineralnej

Microcracks in coal seam No. 501 (point sample), the analysis of components is expressed in mineral matter-free basis

Nr próbki Sample No.	Mikrospękania pochodzenia naturalnego Microcracks of natural origin [%]	Mikrospękania pochodzenia mechanicznego Microcracks of mechanical origin [%]	Mikrospękania wypełnione materią mineralną Microcracks filled of mineral matter [%]
I-1-b	10	90	—
I-2-b	1	99	—
I-3-b	1	99	—
I-4-b	1	99	—
II-5-b	1	99	—
II-6-b	1	99	—
II-7-b	1	99	—
II-8-b	2	38	60

Tabela 28

Skład fazowy próbek węgla z pokładu 501 (próbki punktowe)
Phase composition of sample from No. 501 coal seam (point sample)

Faza mineralna Mineral phase	Nr próbki Sample No.	I-1-b	I-2-b	I-3-b	I-4-b	II-5-b	II-6-b	II-7-b	II-8-b
Minerały ilaste Clay minerals		+	+	+	+	+	+	+	+
Łyszczyki Micas		+	+	+	+	+	+	+	+
Kwarc Quartz		+	+	+	+	+	+	+	+
Gips Gypsum		+	+	+	+	+	+	+	+
Węglany Carbonates		+	+	+	+	+	+	+	+
Glinokrzemiany Aluminosilicate		+				+	+	+	+
Pirokseny Pyroxene				+	+		+	+	+
Skalenie potasowe Potassium feldspar								+	
Piryty Pyrite		+	+	+		+		+	

Analiza petrograficzna mikroszczelin występujących w węglu w pokładach 501 i 510

Występujący system spękań (fig. 27) zaobserwowany w analizowanych próbkach ma dwójaki charakter (tab. 33). Pierwszy to puste mikrospeknięcia, a drugi to: mikrospeknięcia wypełnione materią mineralną (fig. 27). Przykład spękań łączonych przedstawiono na figurze 28.

Analiza rentgenograficzna

W składzie fazowym we wszystkich próbkach występują: minerały ilaste, łyszczyki, kwarc, gips oraz węglany. Ponadto w niektórych próbkach wystąpiły glinokrzemiany, pirokseny oraz pojedyncze wystąpienia pirytu (próbki nr 7, 8) – tabela 34.

Analiza skaningowa

W celu uzupełnienia i potwierdzenia analizy rentgenowskiej przeprowadzono również dla wszystkich próbek pobranych z rdzenia z otworu dołowego w pokładach 501 i 510 analizę materii mineralnej przy użyciu elektronowego mikroskopu skaningowego. Otrzymane wyniki pokrywają się z wynikami uzyskanymi za pomocą analizy rentgenograficznej, co wskazuje na odpowiedni dobór analiz oraz pozwala uznać otrzymane wyniki za wiarygodne.

Analiza macerałowa

Na podstawie analizy macerałowej wyróżniono poszczególne macerały należące do trzech podstawowych grup, tj. witytnitu, liptytnitu i inertytnitu. W sumie wyróż-

niono 18 macerałów w tym macerał z grupy liptytnitu – sporytnit, który szczegółowo opisano jako: mikrosporytnit, makrosporytnit oraz sporangium. Zbiorcze zestawienie wyników z analizy macerałowej dla pokładu 501 i 510 przedstawia tabela 35.

Zawartość poszczególnych macerałów w świetle białym wykazała, że w przeliczeniu z materią mineralną w profilu pokładu 501 mają przewagę macerały z grupy inertytnitu (47,6–60,2%), gdzie średnia wartość wynosi 53,3% (fig. 29, fot. 1). Następną grupą jest witytnit (21,2–36,0%), którego wartość średnia jest równa 28,2% (fig. 29, fot. 3). Kolejną najmniej liczną grupą jest liptytnit, który mieści się w przedziale od 7,8 do 29,8%, wartość średnia to 15,2% (fig. 29, fot. 5, 6). Materia mineralna występuje w zakresie od 1,4 do 4,2%, wartość średnia to 3,3%.

W pokładzie 510 przewagę mają również macerały z grupy inertytnitu (32,8–53,8%), gdzie wartość średnia wynosi 41,2% (fig. 29, fot. 2). Kolejną grupą to witytnit (23,0–38,4%), którego wartość średnia wynosi 30,4% (fig. 29, fot. 4), wyjątek stanowi próbka nr 8, w której dominują macerały z grupy witytnitu (tab. 35). Następną najmniej liczną grupą jest liptytnit, który mieści się w przedziale od 10,0 do 10,8%, wartość średnia to 10,4%. Materia mineralna występuje w zakresie od 5,2 do 28,2%, a jej wartość średnia to 18%.

Analiza rozproszonej materii organicznej w przeroście pomiędzy pokładami 501 i 510

Próbkę pobrano z rdzenia z przerostu iłowcowego występującego pomiędzy pokładem 501 a pokładem 510.

Całkowita zawartości węgla organicznego (TOC) w przeroście iłowcowym wynosi 9,77%. Zawartość siarki

Tabela 29

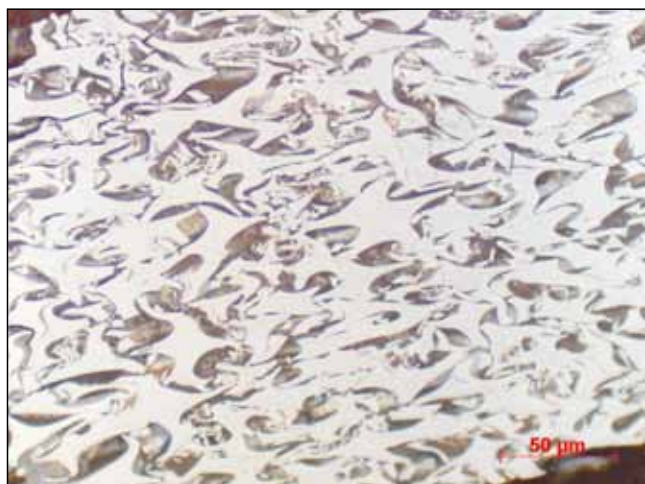
Zbiórce zestawienie analizy maceralowej dla próbek z pokładu 501 (próbki ze ściany)

Maceral group and mineral content in analyzed samples of the coal seam No. 501 (samples from the wall)

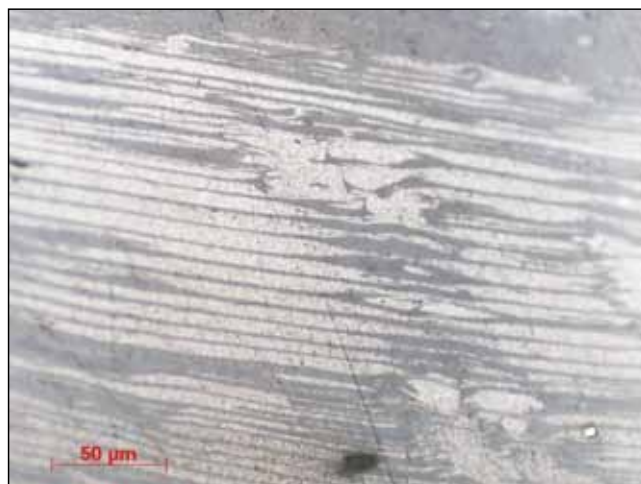
Nr próbki Sample No.	T	Ct	Cd	Vd	Cg	G	$\Sigma=V$ [%]	Sp	Ms	Sm	Cu	Re	Ld	Ex	$\Sigma=L$ [%]	F	Sf	Ma	Mi	Fu	Sk	Id	$\Sigma=I$ [%]	I	W	Kr	$\Sigma=MM$ [%]	Inne Others [%]
I-1-a	1,4	16,2	18,8	3,4	—	0,8	40,6	6,2	0,4	—	—	—	1,4	—	0,8	5,0	9,6	1,0	16,4	—	—	16,0	48,0	3,0	0,2	—	3,2	0,2
I-1-b	1,2	1,2	12,2	4,4	0,4	1,4	20,8	11,0	1,2	—	—	—	0,8	—	13,0	2,4	24,4	2,2	9,6	0,2	—	26,2	65,0	—	1,0	—	1,0	0,2
I-1-c	1,4	2,4	10,6	3,4	0,6	1,0	19,4	11,6	0,8	—	—	—	1,0	—	13,4	2,2	20,8	4,6	14,4	2,2	0,8	21,6	66,6	0,2	0,2	0,2	0,6	—
I-2-b	—	1,0	10,2	1,6	0,4	0,6	13,8	18,6	1,0	—	—	—	1,6	—	21,2	2,4	21,0	1,2	11,8	0,4	0,2	27,4	64,4	—	0,2	0,4	0,6	—
I-3-a	0,6	14,2	19,6	0,8	0,8	1,2	37,2	7,0	1,0	—	—	—	0,8	—	8,8	4,8	10,4	2,4	14,4	—	0,4	14,0	46,4	—	5,4	2,2	7,6	—
I-3-b	0,6	5,4	12,4	1,4	0,6	1,0	21,4	10,8	0,8	0,2	—	—	2,0	0,2	14,0	4,0	18,8	1,6	18,6	2,0	0,2	18,6	63,8	—	0,8	—	0,8	—
I-3-c	1,2	7,8	13,4	1,6	—	—	24,0	7,8	0,6	—	—	—	1,6	—	10,0	5,6	17,2	1,4	7,0	0,4	0,6	20,4	52,6	—	12,4	1,0	13,4	—
I-4-b	0,2	6,6	19,0	—	0,4	0,4	26,6	9,0	1,0	—	—	—	0,6	—	10,6	6,2	16,6	3,2	13,4	2,2	—	21,0	62,6	—	0,2	—	0,2	—
II-5-b	—	7,6	16,2	2,2	0,2	0,8	27,0	11,0	1,0	—	0,2	0,2	1,4	—	13,8	3,8	15,6	1,8	12,6	1,0	0,6	21,6	57,0	—	0,4	1,6	2,0	2,0
II-6-a	1,6	9,6	16,2	1,0	2,6	1,0	32,0	6,2	0,2	—	0,4	0,4	1,4	—	8,6	7,6	10,0	3,2	13,8	3,0	—	11,4	49,0	—	9,0	1,4	10,4	—
II-6-b	1,8	10,0	13,6	1,4	1,4	1,0	29,2	7,6	1,0	0,2	—	—	2,8	—	11,6	4,0	17,8	1,4	7,0	3,6	0,8	19,0	53,6	—	4,8	0,8	5,6	—
II-6-c	2,6	12,8	14,6	0,4	0,2	1,4	32,0	8,2	0,6	—	—	—	2,0	—	10,8	2,8	14,6	1,0	8,0	4,8	1,4	22,8	55,4	—	1,4	0,4	1,8	—
II-7-b	—	5,0	24,8	0,8	0,6	0,2	31,4	26,4	2,4	—	—	0,2	1,2	—	30,2	1,6	—	1,4	12,0	3,6	—	18,6	37,2	—	0,4	0,8	1,2	—
II-8-a	2,4	6,4	23,2	0,6	1,4	0,2	34,2	7,6	1,4	0,4	0,2	—	1,6	—	11,2	4,8	17,2	2,2	8,4	2,2	1,4	17,0	53,2	—	1,4	—	1,4	—
II-8-b	0,4	6,4	19,2	1,8	0,8	1,0	29,6	7,0	0,6	—	—	—	3,2	—	10,8	4,0	15,4	1,4	10,4	4,4	1,0	20,2	56,8	—	2,8	—	2,8	—
II-8-c	—	10,2	21,0	1,4	1,0	0,2	33,8	7,2	0,4	—	0,4	0,4	2,8	—	11,2	3,0	22,8	3,0	8,2	1,4	—	15,8	54,2	—	0,8	—	0,8	—

$\Sigma=V$ – suma macerałów z grupy wityrynit, T – telinit, Ct – kolotelinit, Cd – kolodetrynit, Vd – wityrodetrynit, Cg – korpozelinit, G – żelinit, $\Sigma=L$ – suma macerałów z grupy liptynitu, Sp – mikrosporynit, Ms – makrosporynit, Sm – sporangium, Cu – kutynit, Re – rezynit, Ld – liptodetrynit, Ex – eksudatynit, $\Sigma=I$ – suma macerałów z grupy inertynitu, F – fuzyt, Sf – semifuzyt, Ma – makrynit, Mi – mikrynit, Fu – fungit, Sk – sekretynit, Id – inertodetrynit, I – mineraly łaste, W – węglany, Kr – kwarc

$\Sigma=V$ – sum of minerals from the vitrinite group, T – telinite, Ct – colotelinite, Cd – colodetrinite, Vd – vitrodetrinite, Cg – corpopelinite, G – gelinite, $\Sigma=L$ – sum of minerals from the liptinite group, Sp – mikrosporinite, Ms – makrosporinite, Sm – sporangium, Cu – cutinite, Re – resinite, Ld – liptodetrinite, Ex – exudatinite, $\Sigma=I$ – sum of minerals from the inertinite group, F – fusinite, Sf – semifusinite, Ma – makrinite, Mi – mikrinite, Fu – funginite, Sk – secretinite, Id – inertodetrinite, $\Sigma=MM$ – sum of mineral matter, m – clay minerals, W – carbonate, Kr – quartz



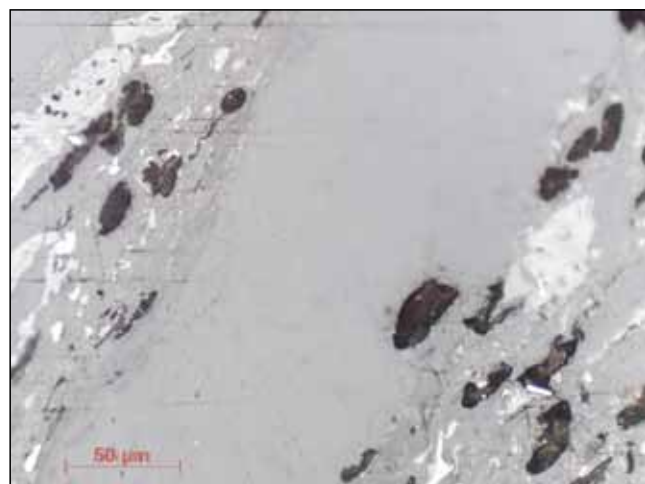
Fuzynit, pow. 500×, próbka nr I-3a
Fusinite, 500×, oil immersion, No. sample I-3a



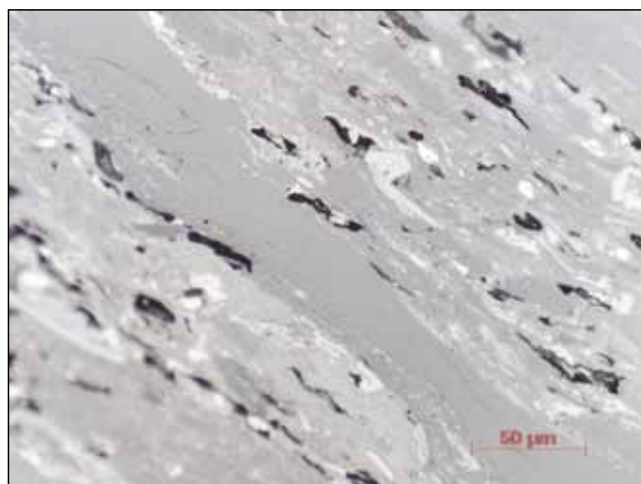
Mikrynit, pow. 500×, próbka nr II-5b
Micrinite 500×, oil immersion, No. sample II-5b

Fig. 22. Pokład 501, macerały z grupy inertynitu (próbki ze ściany)

Macerals of the inertinite group, coal seam No. 501 (samples from the wall)



Kolotelinit, pow. 500×, próbka nr I-1b
Colotelinite, 500×, oil immersion, No. sample I-1b



Kolodetrynit, pow. 500×, próbka nr II-5b
Colodetrinite, 500×, oil immersion, No. sample I-5b

Fig. 23. Pokład 501, macerały z grupy wityrnytu (próbki ze ściany)

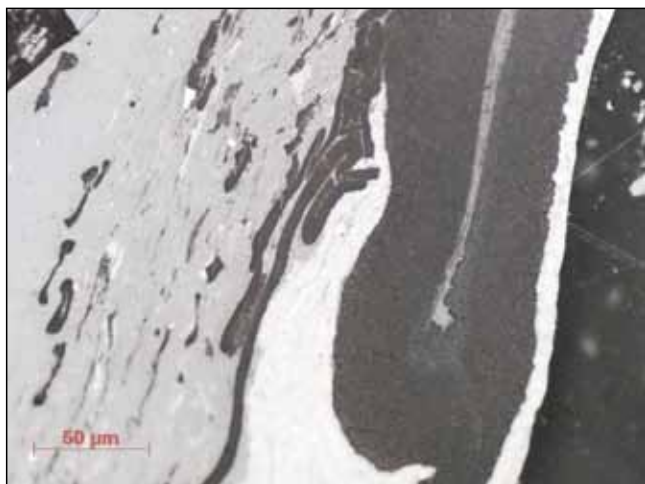
Macerals of the vitrinite group, coal seam No. 501 (samples from the wall)

całkowitej (TS) wynosi 0,05%, a zawartość węglanów równa jest 8,08%.

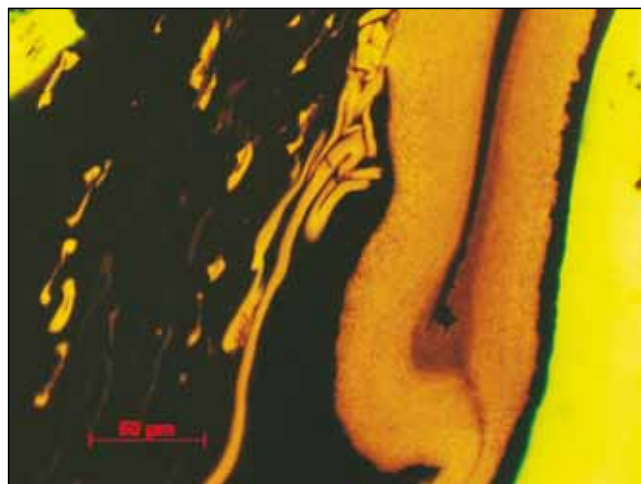
Skład mineralogiczny scharakteryzowano na podstawie analizy rentgenograficznej. Uzyskany dyfraktogram interpretowano, korzystając z programu komputerowego HighScore + oraz bazy danych ICDD PDF4+ 2012. Zawartości ilościowe poszczególnych faz obliczono metodą Rietvela, stosując tryb automatyczny i ręczne dopasowanie tła. Na podstawie dyfraktogramu rentgenowskiego (fig. 30) określono główne fazy występujące w badanej próbce. Są to: minerały ilaste reprezentowane przez kaolinit i illit, stwierdzono również refleksy pochodzące od

miki – muskowitu, w mniejszej ilości występują kwarc oraz syderyt.

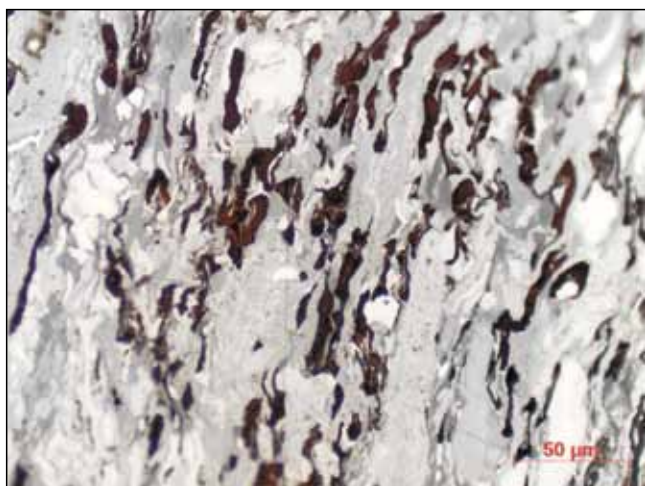
Uzyskane dane ilościowe (fig. 30 – wykres kołowy) wskazują na skalę ilastą, zawierającą detrytyczne ziarna kwarcu oraz miki oraz syderyt tworzący się na etapie diagenety w wyniku rozkładu materii organicznej i redukcji tlenków żelaza. Pomocne w interpretacji wyników okazały się dane mikroskopowe SEM/EDS, które potwierdziły występowanie faz mineralnych, wyróżnionych na podstawie analizy rentgenograficznej. Ponadto analiza skaningowa dostarczyła informacji o dużej zawartości materii organicznej, obecnej w analizowanym materiale pobra-



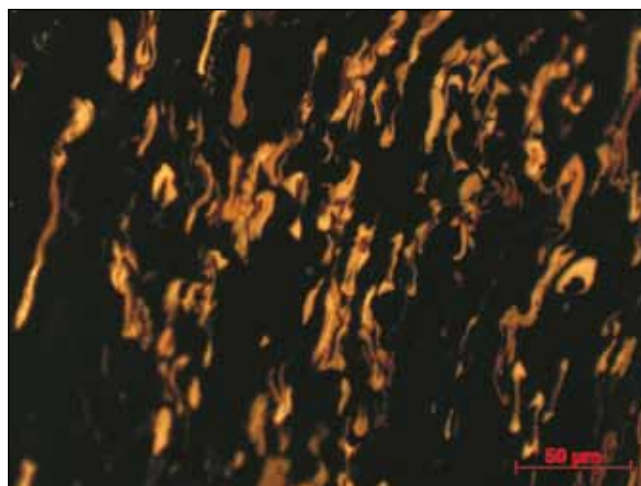
Sporynit, pow. 500×, próbka nr I-3a
Sporinite, 500×, oil immersion, No. sample I-3a



Ten sam obraz w fluorescencji
The same image in fluorescence



Mikrosporynit, pow. 500×, próbka nr I-1b
Microsporinite, 500×, oil immersion, No. sample I-1b



Ten sam obraz w fluorescencji
The same image in fluorescence

Fig. 24. Pokład 501, macerały z grupy liptynitu (próbki ze ściany)

Macerals of the liptinite group, coal seam No. 501 (samples from the wall)

nym z przerostu między pokładem 501 a pokładem 510 (fig. 31).

Analiza petrograficzna w świetle odbitym wykazała, że w analizowanym materiale, pobranym z przerostu pomiędzy pokładem 501 a pokładem 510, dominującym składnikiem jest materia mineralna ilasta, któ-

rą zidentyfikowano również w analizie rentgenograficznej i skaningowej. Cechą charakterystyczną jest duża zawartość materii organicznej, co pozwoliło wykonać pomiary refleksyjności od powierzchni wityrnytu (fig. 32), której wartość średnia wynosi 0,85% (tab. 31).

PODSUMOWANIE

Analizując budowę petrograficzną węgla z otworu Weśola PIG 1, nasuwają się następujące wnioski:

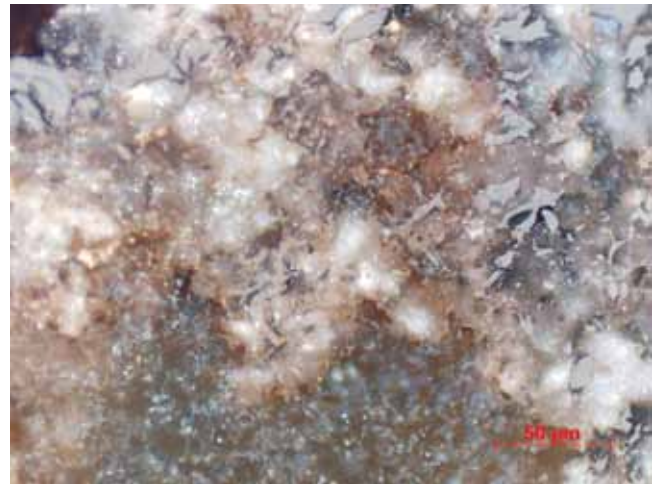
- Według międzynarodowej klasyfikacji Europejskiej Komisji Gospodarczej refleksyjność wityrnytu w badanych próbkach wskazuje na stopień odpowiadają-

cy średnio uwęglonym węglom (orto-bitumicznym) w przedziale C.

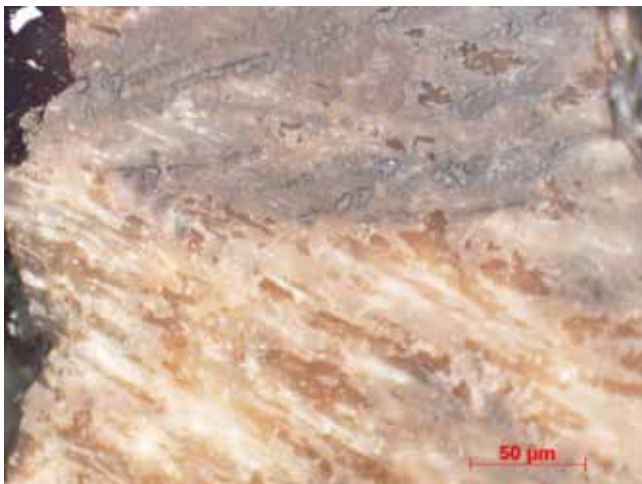
- Pomiary refleksyjności wityrnytu wskazują, że minimalna refleksyjność w całym profilu wynosi 0,79% w pokładzie 404/1, najwyższą refleksyj-



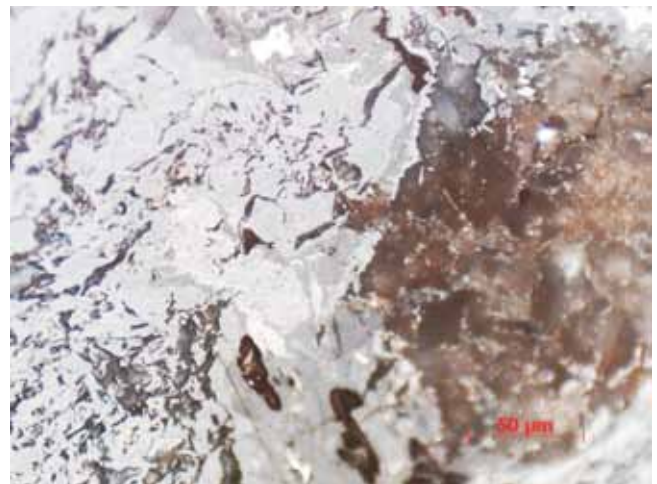
Materia mineralna, próbka nr I-3a
Mineral matter, 500× oil immersion, No. sample I-3a



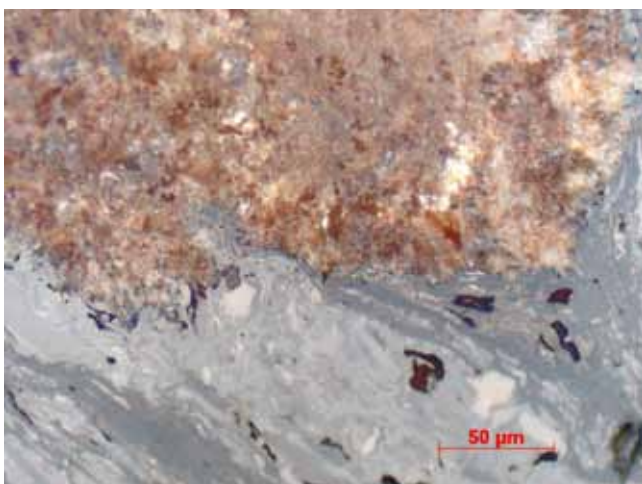
Materia mineralna, próbka nr I-1b
Mineral matter, 500× oil immersion, No. sample I-1b



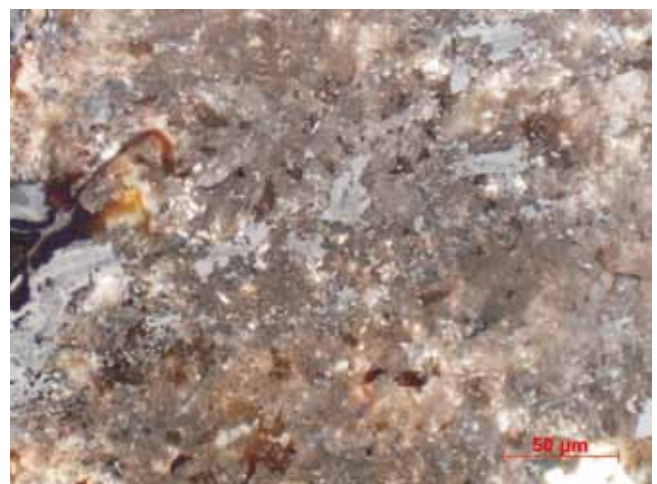
Materia mineralna, próbka nr I-3a
Mineral matter, 500× oil immersion, No. sample I-3a



Materia mineralna, próbka nr I-3a
Mineral matter, 500× oil immersion, No. sample I-3a



Materia mineralna, próbka nr I-3c
Mineral matter, 500× oil immersion, No. sample I-3c



Materia mineralna, próbka nr I-6a
Mineral matter, 500× oil immersion, No. sample I-6a

Fig. 25. Pokład 501, materia mineralna (próbki ze ściany)

Mineral matter, coal seam No. 501 (samples from the wall)

Tabela 30

Zbiórce zestawienie analizy mikrolitotypów dla próbek z pokładu 501 (próbki ze ściany)

Microlithotype group and mineral content in analyzed samples of the coal seam No. 501 (samples from the wall)

Nr próbki Sample No	Monomaceralne mikrolitotypy Monomacerite			Bimaceralne mikrolitotypy Bimacerite			Trimaceryt Tricacerite			Karbomineryt Carbominerite			Materia mineralna Mineral matter [%]
	witryt vitrinite [%]	liptyt liptite [%]	inertyt inertite [%]	klaryt clarite [%]	witrynertyt vitrinertite [%]	duryt durite [%]	durokларыt duroclarite [%]	klaroduryt clarodurite [%]	witrynertoliptyt vitrinertoliptite [%]	karbopiryt carbopyrite [%]	karbankeryt carbankerite [%]	karbargilit carbargilite [%]	
I-1-a	12,6	0,2	8,0	0,4	8,6	4,6	44,8	12,0	0,8	0,4		7,2	0,4
I-1-b	3,0	–	8,6	–	7,2	22,2	18,2	38,2	1,0	–	0,2	0,6	0,8
I-1-c	2,6	–	14,2	–	7,4	18,2	20,8	35,8	0,6	–	–	–	0,4
I-2-b	0,2	–	8,0	–	3,8	44,2	10,8	30,0	1,0	0,4	1,0	–	0,6
I-3-a	5,0	–	10,4	–	15,4	2,0	44,4	13,4	0,8	0,2	6,4	–	2,0
I-3-b	1,0	–	7,2	–	8,4	20,0	27,8	33,2	1,0	–	0,4	–	1,0
I-3-c	3,4	–	12,0	–	10,0	11,4	14,2	22,0	0,4	–	17,8	–	8,8
I-4-b	0,4	–	12,8	–	8,4	5,6	38,6	31,8	1,2	–	0,8	–	0,4
II-5-b	2,2	–	5,2	–	8,8	18,0	29,8	30,0	1,2	0,6	3,8	–	0,4
II-6-a	4,8	–	13,4	–	17,6	5,6	26,0	18,4	0,8	–	8,8	–	4,6
II-6-b	5,0	–	15,8	–	8,4	21,4	16,4	22,2	–	–	5,8	–	5,0
II-6-c	9,4	–	9,2	–	9,4	24,4	13,8	27,0	1,2	0,2	5,0	–	0,4
II-7-b	2,2	0,6	8,6	–	8,2	13,6	33,6	29,4	0,8	0,2	2,2	–	0,6
II-8-a	4,8	–	9,2	–	8,4	14,4	24,0	35,0	1,8	–	1,0	–	1,4
II-8-b	3,6	–	8,4	–	10,2	9,8	27,0	28,8	1,0	–	10,0	–	1,2
II-8-c	2,2	–	14,8	–	10,8	12,6	27,6	29,8	1,2	0,2	0,6	–	0,2

Klaroduryt
Clarodurite, 500 x, oil immersionDurokларыt
Duroclarite, 500 x, oil immersionDuryt
Durite, 500 x, oil immersionInertyt
Inertite, 500 x, oil immersion

Fig. 26. Pokład 501, przykład mikrolitotypów (próbki ze ściany)

Example of the microlithotype, coal seam No. 501 (samples from the wall)

ność wityrynytu 0,96% zarejestrowano w pokładzie 510.

- Zawartość poszczególnych macerałów w świetle białym wykazała, że w całym badanym profilu otworu Wesoła PIG 1 mają przewagę macerały z grupy wityrynytu (22,0–76,6%), gdzie średnia wartość wynosi 49,5%. Najliczniej występuje kolodetrynit (9,8–31,2%) nad kolotelinitem (0,2–39,2%). Macerały z grupy liptynytu są akcesoryczne i występują w ilości od 3,6 do 15,2%, a wśród nich dominuje sporynit, średnio od 2,0 do 13,8%. Macerały z grupy inertynyty to druga grupa macerałów występująca bardzo często po grupie wityrynytu. W grupie tej dominuje semifuzynit w ilości od 1,6 do 26,6% oraz mikrynit w skrajnych wartościach od 0,8 do 21,8%.
- Na podstawie analizy macerałowej wraz z głębokością zaobserwowano znaczny spadek macerałów z grupy wityrynytu na korzyść macerałów z grupy inertynyty (pokład 510).

Analizując budowę petrograficzną węgla z pokładu 501, który pobrano ze ściany eksploatacyjnej, nasuwają się następujące wnioski:

- Według międzynarodowej klasyfikacji Europejskiej Komisji Gospodarczej refleksyjność wityrynytu w badanych próbkach wskazuje na stopień odpowiadający średnio uwęglonym węglom (orto-bitumicznym) w przedziale C.
- Wartość współczynnika R_{st} świadczy o dwuosowym ujemnym charakterze optycznym wityrynytu we wszystkich badanych próbkach. Wartość współczynnika R_{am} wskazuje na znaczną i mało zróżnicowaną w badanej populacji próbek anizotropię optyczną wityrynytu.

Tabela 31

Średnia refleksyjność wityrynytu w pokładach 501 i 510 (próbki z otworu dolowego)

Vitrinite reflectance value in coal seams No. 501 and 510 (samples from the hole)

Pokład Coal seam	Nr próbki Sample No.	R _r [%]	min [%]	max [%]	Odchylenie standardowe Std.-Dev
501	1	0,8067	0,7323	0,8864	0,0393
	2	0,8205	0,7077	0,8997	0,0378
	3	0,8255	0,7188	0,9388	0,0457
	4	0,7692	0,7172	0,8271	0,0305
	min	0,7692	0,7077		
	max	0,8255		0,9388	
	średnia	0,8055			0,0383
Przerost/interlayer: 5		0,8498	0,7817	0,9169	0,0346
510	6	0,9141	0,8351	1,0135	0,0373
	7	0,8939	0,8391	0,9572	0,0249
	8	0,9052	0,8236	0,9863	0,0287
	9	0,8786	0,8051	0,9861	0,0414
	min	0,8786	0,8051		
	max	0,9141		1,0135	
	średnia	0,8980			0,0331

- Na podstawie obserwacji mikroskopowych stwierdzono, że większa liczba mikroszczelin jest pusta i powstała najprawdopodobniej w sposób mechaniczny, np. podczas opróbowania pokładu, transportu próbek, czy też podczas przygotowania preparatów mikroskopowych. Kolejne puste mikrospeknięcia, których jest maksymalnie do 10% mogły powstać

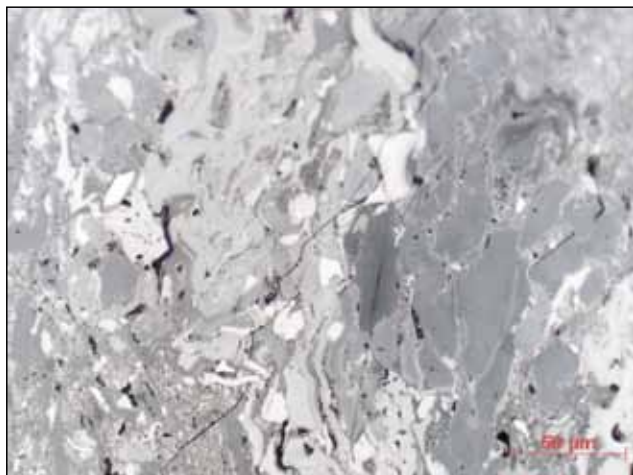
Tabela 32

Wyniki pomiarów anizotropii optycznej wityrynytu (próbki z otworu dolowego)

The results of anisotropy examination of vitrinite (samples from the hole)

Nr próbki No. sample	R _{max} [%]	R _{int} [%]	R _{min} [%]	R _{mean} [%]	$\bar{R}_{max}$ [%]	S _{Rmax} [%]	$\bar{R}_{min}$ [%]	S _{Rmin} [%]	R _{bi} [%]	R _r	R _{st}	Char. opt.	R _{am}
1	0,96	0,84	0,71	2,51	0,88	0,04	0,79	0,04	0,25	0,74	-4,65	B(-)	0,05
2	0,97	0,83	0,70	2,5	0,89	0,04	0,81	0,04	0,27	0,72	1,44	B(-)	0,06
3	0,99	0,98	0,75	2,72	0,89	0,05	0,86	0,06	0,24	0,76	-2,36	B(-)	0,06
4	1,06	0,89	0,74	2,69	0,92	0,04	0,83	0,04	0,32	0,70	-1,78	B(-)	0,05
Hłowiec Clystones													
6	1,01	0,94	0,74	2,69	0,95	0,03	0,86	0,05	0,27	0,73	-8,51	B(-)	0,06
7	0,99	0,91	0,77	2,67	0,94	0,03	0,86	0,05	0,22	0,78	-7,48	B(-)	0,05
8	0,98	0,90	0,76	2,64	0,93	0,03	0,77	0,04	0,22	0,78	-7,83	B(-)	0,05
9	1,01	0,90	0,76	2,67	0,93	0,04	0,84	0,05	0,25	0,75	-3,94	B(-)	0,05

R_{max} – rzeczywista maksymalna refleksyjność wityrynytu, R_{int} – rzeczywista pośrednia refleksyjność wityrynytu, R_{min} – rzeczywista minimalna refleksyjność wityrynytu, R_{mean} – średnia refleksyjność obliczona ze wzoru (Levine, Davis 1989), $\bar{R}_{max}$ – średnia maksymalna refleksyjność wityrynytu, $\bar{R}_{min}$ – średnia minimalna refleksyjność wityrynytu, S_{Rmax} i S_{Rmin} – odchylenia standardowe pomiarów refleksyjności średnich, R_{st} – współczynnik będący miarą charakteru optycznego (indykatrysy), R_{am} – współczynnik będący miarą anizotropii optycznej, R_{bi} – dwójodobicie, R_r – iloraz refleksyjności
R_{max} – true maximum vitrinite reflectance, R_{int} – true intermediate vitrinite reflectance, R_{min} – true minimum vitrinite reflectance, R_{mean} – medium reflectance value by Levine and Davis formula (Levine, Davis, 1989), $\bar{R}_{max}$ – average maximum vitrinite reflectance, $\bar{R}_{min}$ – average minimum vitrinite reflectance, S_{Rmax} i S_{Rmin} – standard deviations of mean reflectance value, R_{st} – coefficient as a measure of optical character (reflectance indicatrix), R_{am} – coefficient which is a measure of optical anisotropy, R_{bi} – bireflectance value, R_r – random reflectance



Mikrospękania pochodzenia naturalnego, pow. 500×,
próbka nr 1a
Microcracks of natural origin, 500× oil immersion, No. sample 1a



Mikrospękania pochodzenia mechanicznego, pow. 500×,
próbka nr 8a
Microcracks of mechanical origin, 500× oil immersion, No. sample 8a



Mikrospękania wypełnione materią mineralną, pow. 500×,
próbka nr 3a
Microcracks filled of mineral matter, 500× oil immersion, No. sample 3a



Mikrospękania wypełnione materią mineralną, pow. 500×,
próbka nr 8a
Microcracks filled of mineral matter, 500× oil immersion, No. sample 8a

Fig. 27. Przykład mikrospękań w próbkach z pokładów 501 i 510 (próbki z otworu dolowego)

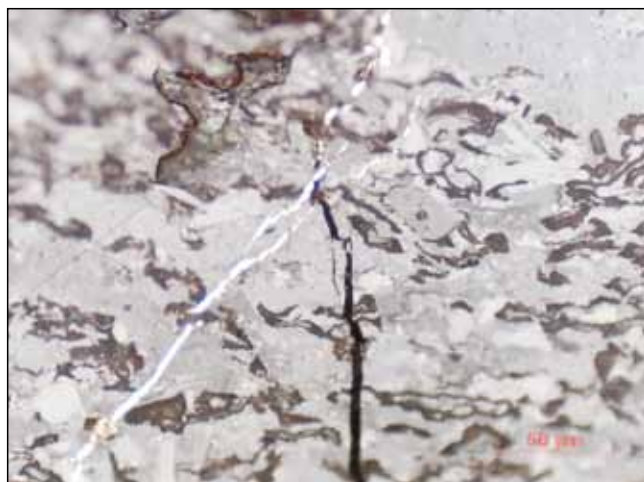
Example of microcracks in analyzed samples of the coal seams No. 501 and 510 (samples from the hole)

Tabela 33

Zestawienie mikrospękań w pokładach 501 i 510 w przeliczeniu na 100% materii mineralnej (próbki z otworu dolowego)

Microcracks in coal seams No. 501 and 510 (samples from the hole), the analysis of components is expressed in mineral matter-free basis

Nr pokładu Coal seam No.	Nr próbki Sample No.	Mikrospękania pochodzenia naturalnego Microcracks of natural origin [%]	Mikrospękania pochodzenia mechanicznego Microcracks of mechanical origin [%]	Mikrospękania wypełnione materią mineralną Microcracks filled of mineral matter [%]
501	1	80	20	–
	2	10	60	30
	3	20	20	60
	4	10	90	–
Hłowiec Clystones				
510	5			
	6	5	65	30
	7	5	95	5
	8	15	15	70
510	9	5	25	70



System mikrospeków: 1. wypełniony węglanami,
2. naturalne spekowania, pow. 500x, próbka nr 3a
*Microcracks system: 1. filled with carbonates,
2. microcracks of natural, 500x oil immersion. No. sample 3a*

Example of combined microcracks in analyzed samples of the coal seams No. 501 and 510

- Analizując próbki punktowe można stwierdzić, że charakteryzują się one bardzo zbliżonym składem mineralnym. Mineral ilasty, który jest obecny w każdej próbce to kaolinit. Łuszczyki to głównie illit bądź muskowit. Węglany to głównie dolomit lub ankeryt,

**Skład fazowy próbek węgla z pokładu 501 i 510
(próbki z otworu dolowego)**

Phase composition in analyzed samples
of the coal seams No. 501 and 510 (samples from the borehole)

Faza mineralna Mineral phase	Nr próbek Sample No.	Pokład 501 Coal seam No. 501				Pokład 510 Coal seam No. 510			
		1	2	3	4	6	7	8	9
Kwarc / Quartz		+	+	+	+	+	+	+	+
Węglany / Carbonates		+	+	+	+	+	+	+	+
Minerały ilaste / Clay minerals		+	+	+	+	+	+	+	+
Gips / Gypsum		+	+	+	+	+	+	+	+
Łyszczyki / Micas		+	+	+	+	+	+	+	+
Glinokrzemiany / Aluminosilicate		+		+	+	+		+	
Pirokseny / Pyroxene		+		+	+		+	+	
Piryty / Pyrite							+	+	

- Głównym składnikiem w budowie petrograficznej węgla w pokładzie 501 są macerały z grupy inertynitu, a w niej dominującym macerałem jest inertodetrynit w ilości od 11,4 do 66,4% oraz semifuzynit przy wartościach skrajnych 9,6–24,4%. Uwagę zwraca również mikrynit średnio od 7,0 do 18,6%. Macerały z grupy witrinitu, w których dominuje kolodetrynit w ilości 10,2–24,8%, stawia tę grupę macerałów na drugiej pozycji, natomiast grupa liptynitu występuje w przybliżonych ilościach do macerałów z grupy witrinitu, a wśród grupy liptynitu dominuje sporynit w przedziale 6,2–26,4%. Materia mineralna występuje w przedziale od 0,2 do 13,4% przy wartości średniej 3,9%.

- Najwyższe procentowe zawartości spośród mikroli-
totypów zajmuje trimaceryt, w tym klaroduryt
(13,4–38,2%) o cechach inertnych i duroklaryt (13,8–
44,8%) oraz duryt (2,0–15,8%) i inertyt (5,2–15,8%).
Przeważającym typem mikrofacjalnym jest typ tri-
macerytowo-klarodurytowy i duroklarytowy. Spo-
śród oznaczanych trzech odmian karbominerytu,
najliczniej występuje karbankeryt (0,2–17,8%).

Analizując budowę petrograficzną próbek węgla pobra-
nych z rdzenia otworu dołowego, w tym z pokładu 501 i po-
kładu 510 oraz z przerostu występującego pomiędzy tymi
pokładami, nasuwają się następujące wnioski:

- Według międzynarodowej klasyfikacji Europejskiej Komisji Gospodarczej, refleksyjność witryny w ba-

Tabela 35

Zbiórce zestawienie analizy maceralowej dla próbek z pokładów 501 i 510 (otwór dołowy)

Maceral group and mineral content in analyzed samples of the coal seams No. 501 and 510 (samples from the borehole)

Pokład Coal seam	Nr próbki Sample No.	T [%]	Ct [%]	Cd [%]	Vd [%]	Cg [%]	G [%]	$\Sigma=V$ [%]	Sp [%]	Ms [%]	Sm [%]	Cu [%]	Re [%]	Ld [%]	Ex [%]	$\Sigma=L$ [%]	F [%]	Sf [%]	Ma [%]	Mi [%]	Fu [%]	Sk [%]	Id [%]	$\Sigma=I$ [%]	I [%]	W [%]	Kr [%]	$\Sigma=MM$ [%]
501	1	2,0	7,0	16,4	1,6	–	0,8	27,8	5,0	0,4	0,2	0,6	–	1,6	–	7,8	1,4	19,8	4,8	12,4	3,0	0,4	18,4	60,2	–	4,2	–	4,2
	2	2,4	9,0	22,0	1,2	0,4	1,0	36,0	9,6	0,6	–	–	0,2	0,8	–	11,2	1,6	17,2	4,4	9,6	4,0	–	12,0	48,8	–	3,8	0,2	4,0
	3	3,8	5,8	14,8	2,6	–	0,8	27,8	9,0	1,6	0,2	–	–	1,0	–	11,8	1,8	17,8	4,0	11,2	0,8	–	21,2	56,8	–	3,6	–	3,6
	4	0,4	1,4	18,2	0,8	0,2	0,2	21,2	20,6	4,4	0,4	0,2	0,6	3,6	–	29,8	2,0	10,0	4,0	6,0	2,4	0,4	22,8	47,6	–	1,4	–	1,4
Howtec: Clystones	5																											
510	6	3,2	8,8	12,4	4,6	0,2	0,2	29,4	5,2	–	0,2	0,2	–	5,0	–	10,6	5,8	8,4	0,4	7,4	–	–	17,6	39,6	0,6	19,2	–	20,4
	7	0,6	9,4	10,6	2,4	–	–	23,0	8,0	0,6	–	–	–	1,4	–	10,0	–	14,6	–	10,4	–	–	13,8	38,8	0,2	24,8	–	28,2
	8	0,6	16,0	19,8	1,8	–	0,2	38,4	7,4	1,4	0,2	–	–	1,8	–	10,8	1,8	10,0	–	10,2	2,4	–	8,4	32,8	–	17,4	–	18,0
	9	2,0	9,4	18,4	0,2	0,4	0,6	31,0	6,0	1,6	–	–	0,2	2,2	–	10,0	0,8	21,2	0,4	18,4	1,0	–	12,0	53,8	–	5,0	–	5,2

$\Sigma=V$ – suma macerałów z grupy wityritu, T – telinit, Ct – kolodetrit, Cd – kolodetrit, Vd – wityrit, Cg – korpozelinit, G – zelinit, $\Sigma=L$ – suma macerałów z grupy liptynitu, Sp – makrosporynit, Sm – sporangium, Cu – kutynit, Re – rezynit, Ld – liptodetrit, Ex – eksudatyt, $\Sigma=I$ – suma macerałów z grupy inertynitu, F – fuzyt, Sf – semifuzyt, Ma – makrynit, Mi – mikrynit, Fu – fungit, Sk – sekretynit, Id – inertodetrit, I – inertyt, W – węglany, Kr – kwarc
 $\Sigma=V$ – sum of minerals from the vitrinite group, T – telinite, Ct – colotelinite, Cd – colotelinite, Vd – vitrodetrinite, Cg – corpopelinite, G – gelinite, $\Sigma=L$ – sum of minerals from the liptinite group, Sp – makrosporynit, Sm – sporangium, Cu – cutinite, Re – resinite, Ld – liptodetrinite, Ex – exudatite, $\Sigma=I$ – sum of minerals from the inertinite group, F – fusinite, Sf – semifusinite, Ma – makrynit, Mi – mikrynit, Fu – in-ertodetrinite, $\Sigma=MM$ – sum of mineral matter, I – clay minerals, W – carbonate, Kr – quartz

danych próbkach zarówno dla pokładu 501, jak i 510 wskazuje na stopień odpowiadający średnio uwęglonym węglom (orto-bitumicznym) w przedziale C.

– Wartość współczynnika R_{st} świadczy o dwuosiowym ujemnym charakterze optycznym wityritu we wszystkich badanych próbkach w pokładzie 501 i 510. Wartość współczynnika R_{am} wskazuje na słabą anizotropię optyczną wityritu.

– Na podstawie obserwacji mikroskopowych stwierdzono, że większa liczba mikroszczelin jest wypełniona najczęściej materiałem węglanowym (6 próbek), a także pirytem (2 próbki). Puste szczeliny mogły natomiast powstać w sposób naturalny lub mechaniczny, np. podczas opróbowania pokładu czy też podczas transportu próbek. Wielkość naturalnych mikrospeków nie przekracza 5 μm , natomiast mikrospekowania powstałe w sposób mechaniczny dochodzą do 20 μm . Mikrospekowania wypełnione materią mineralną mają wielkość od 2 do 100 μm . Cechą charakterystyczną jest łączony system speków tzn. spekowania wypełnione węglanami przechodzące w system speków naturalnych czy też mechanicznych.

– Wszystkie próbki węgla pobrane z rdzenia z pokładów 501 i 510 charakteryzują się bardzo zbliżonym składem mineralnym. Zidentyfikowane fazy stanowią typowe domieszki mineralne występujące w skałach węglowych. W pobranym materiale przeważa kwarc oraz minerały węglanowe reprezentowane głównie przez ankeryt, dolomit, syderyt i kalcyt. Minerały ilaste to głównie kaolinit, któremu prawie zawsze towarzyszy illit, hydromuskowit czy też minerały o strukturach mieszanopacketowych typu: illit/montmorylonit, a minerały siarczanowe stanowi głównie gips.

– Zarówno w pokładzie 501, jak i w pokładzie 510, głównym składnikiem w budowie petrograficznej węgla są macerały z grupy inertynitu, a w niej inertodetrit i semifuzyt. Macerały z grupy wityritu to głównie kolodetrit, a grupę liptynitu w przeważającej jego części reprezentuje sporynit.

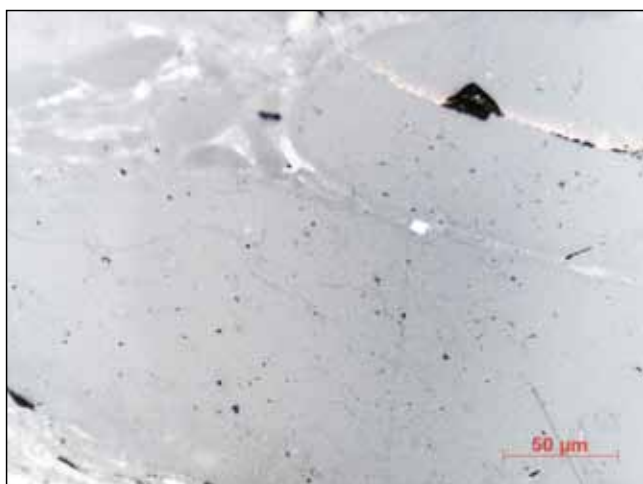
– Analiza rozproszonej materii organicznej w przeroście pomiędzy pokładem 501 a pokładem 510 wykazała wysoką zawartość materii organicznej (TOC) na poziomie 9,97%. Wartość średnia stopnia uwęglania materii organicznej wynosi 0,85%. Główne fazy zidentyfikowane w badanym przeroście to: minerały ilaste reprezentowane przez kaolinit i illit.



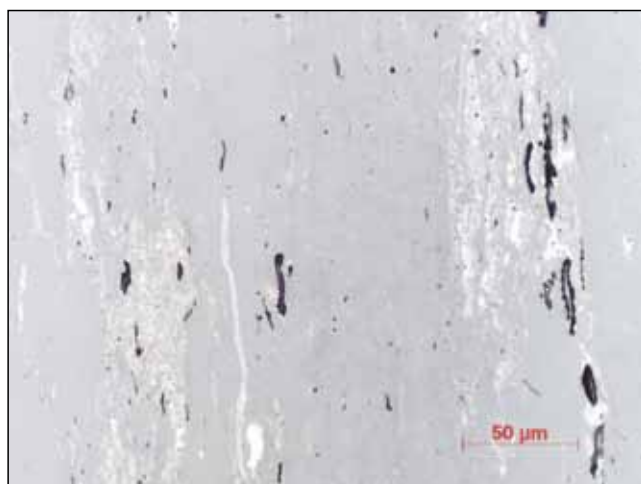
Fot. 1. Inertynit pow. 500×, próbka nr 3
Inertinite, 500×, oil immersion, No. sample 3



Fot. 2. Inertynit pow. 500×, próbka nr 8
Inertinite, 500×, oil immersion, No. sample 3



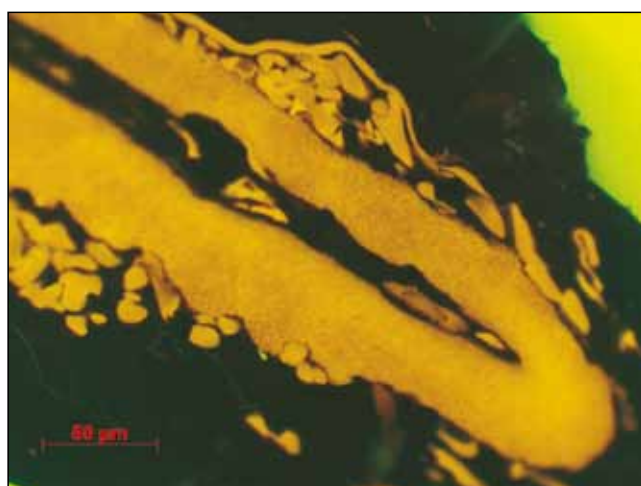
Fot. 3. Witrynit pow. 500×, próbka nr 1
Vitrinite, 500×, oil immersion, No. sample 1



Fot. 4. Witrynit pow. 500×, próbka nr 6
Vitrinite, 500×, oil immersion, No. sample 6



Fot. 5. Liptynit pow. 500×, próbka nr 4
Liptinite, 500×, oil immersion, No. sample 4



Fot. 6. Ten sam obraz we fluorescencji
The same image in fluorescence

Fig. 29. Pokłady 501 i 510 – macerały z grupy inertynitu, witrynit i liptynitu (próbki z otworu dolowego)

Macerals of the liptinite group, coal seams No. 501 and 510 (samples from the hole)

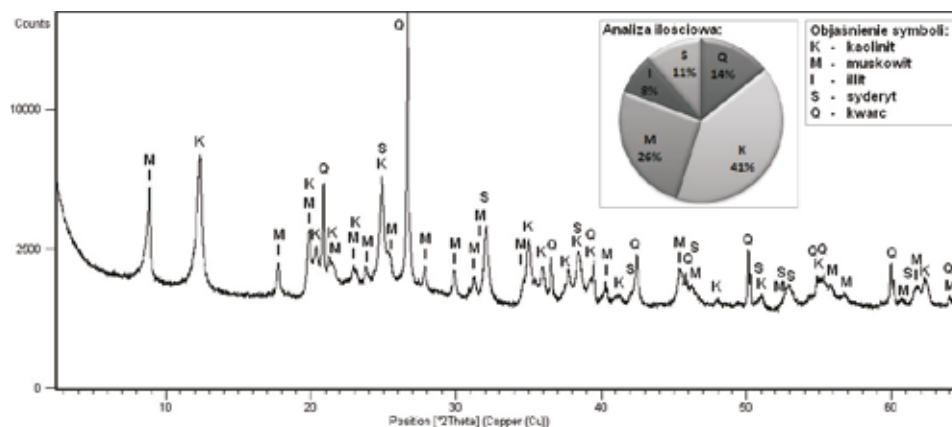


Fig. 30. Dyfraktogram rentgenowski dla próbki z warstwy ilastej pomiędzy pokładem 501 a 510

Diffractogram XRD in analyzed samples of the clay layers between coal seams No. 501 and 510

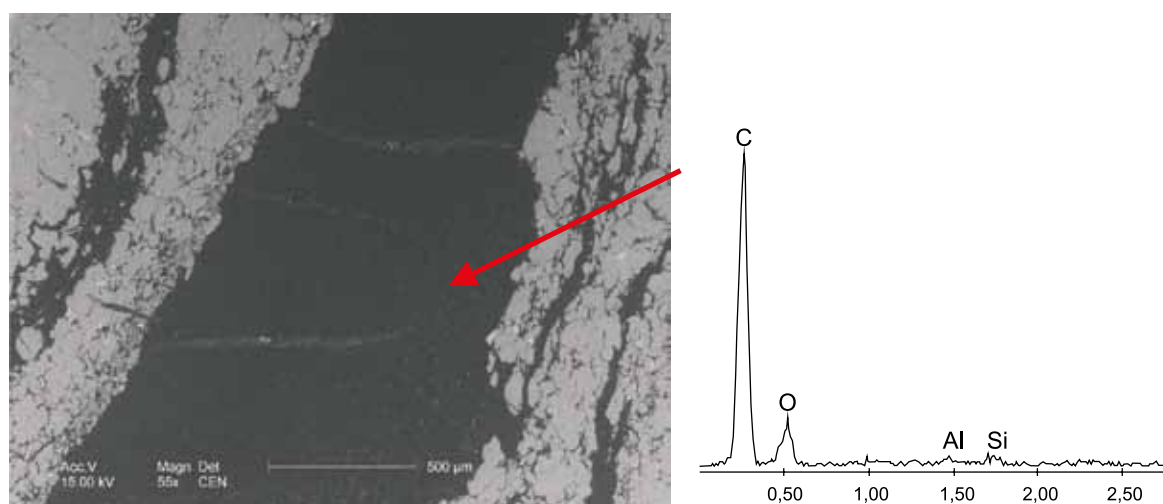


Fig. 31. Przykładowy obraz SEM oraz widmo EDS – próbka z warstwy ilastej pomiędzy pokładem 501 a pokładem 510

Example of SEM image and EDS spectrum in analyzed samples of the clay layers between coal seams No. 501 and 510

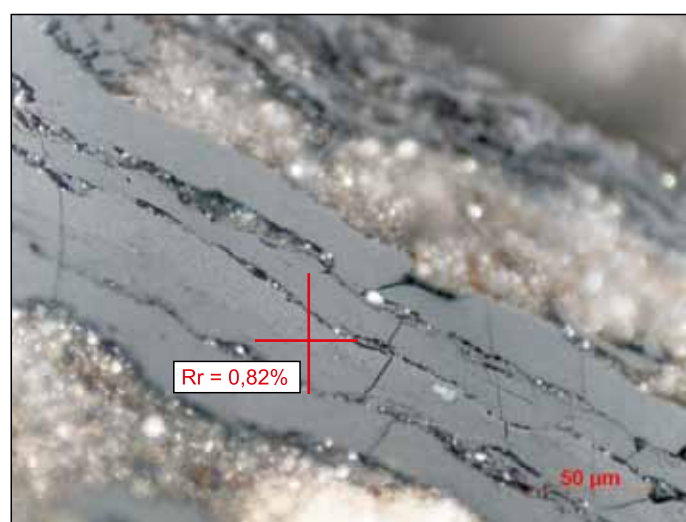


Fig. 32. Pomiar refleksyjności dla próbki z warstwy ilastej pomiędzy pokładem 501 a pokładem 510

Vitrinite reflectance value in analyzed sample of the clay layers between coal seams No. 501 and 510

Grzegorz LEŚNIAK

WŁASNOŚCI PETROFIZYCZNE WĘGLA

METODY POMIARÓW

Współczynnik porowatości (porowatość) jest podstawowym wskaźnikiem pojemności i zdolności filtracyjnych warstwy porowatej (Such, 2002; Such, Leśniak, 2003b; Such i in., 2007). Definiujemy go jako stosunek objętości porów w danym ciele (próbce) do objętości całkowitej tego ciała (próbki). Współczynnik porowatości wyrażamy w procentach. Ze względu na rodzaj porów ujętych w obliczeniach, otrzymujemy szczegółowe definicje współczynników porowatości:

- współczynnik porowatości całkowitej (porowatość całkowita) – wyraża stosunek objętości wszystkich porów (otwartych i zamkniętych) do objętości całkowitej badanej próbki skalnej;
- współczynnik porowatości efektywnej (porowatość efektywna) – to porowatość otwarta wyraża stosunek objętości porów otwartych (komunikujących się) do objętości całkowitej badanej próbki skalnej;
- współczynnik porowatości dynamicznej (porowatość dynamiczna) – wyraża stosunek objętości porów, z których możemy odzyskać płyny złożowe do objętości całkowitej badanej próbki. W porównaniu ze współczynnikiem porowatości efektywnej jest pomniejszony o objętość wody związanej zawartej w próbce, która występuje jako jedno lub dwudrobinowa warstwa wody, trzymana siłami przylegania na powierzchni ścianek porów oraz wody nieredukowalnej, trzymanej siłami kapilarnymi w mikroporach.

Pomiar gęstości

Pomiary gęstości wykonuje się przy pomocy piknometru helowego. Urządzenie to wykorzystuje doskonałe właściwości helu w penetrowaniu nawet najmniejszych submikroporów. Dzięki temu, podczas pomiaru uzyskuje się dokładną wartość gęstości szkieletowej. Procedura wygląda następująco: badaną próbkę waży się, a następnie umieszcza w kalibrowanej komorze, do której wstrzykuje się określoną ilość helu. Z równania gazowego oblicza się objętość szkieletu badanej próbki, a stąd jej gęstość szkieletową. Aparat jest skomputeryzowany, oblicza żądane wielkości automatycznie. Te same próbki są umieszczane następnie w porozymetrze. W czasie pomiarów porozymetrycznych uzyskuje się gęstość pozorną (objętościową) badanej próbki. Mając wyliczone objętości szkieletu skalnego próbki i jej objętość zewnętrzną, można wyliczyć współczynnik porowatości otwartej ze wzoru:

$$por = \frac{V_{obj} - V_{szk}}{V_{obj}} \times 100\%$$

gdzie:

V_{obj} – objętość zewnętrzna (cm³),

V_{szk} – objętość szkieletu skalnego (cm³),

por – współczynnik porowatości otwartej (%).

Badania porozymetryczne

Przestrzeń porowa skały to mikrokapilarny ośrodek złożony z dużej ilości nieregularnych w kształcie i ułożeniu kapilar, który może być wypełniony płynami złożowymi. W geologii naftowej scharakteryzowanie i opisanie fizycznych właściwości przestrzeni porowej polega na możliwie poprawnym określeniu możliwości transportu i magazynowania płynów złożowych przez ośrodek filtracji (Such, Leśniak, 2003a; Leśniak, Such, 2005).

Właściwości te można ocenić, określając makroskopowe wielkości współczynnika porowatości i przepuszczalności ośrodka filtracji, ale można też próbować przybliżyć kształt i charakter przestrzeni porowej tego ośrodka takim modelem fizycznym, którego parametry określą rzeczywiste właściwości filtracji i magazynowania.

Badanie i parametryzację przestrzeni porowej uzyskuje się pomiarami krzywych ciśnień kapilarnych. W badaniach tych wykorzystuje się zależność wielkości ciśnienia kapilarnego od wielkości promienia, kształtu i sieci połączeń między sobą porów o różnych promieniach. Odtworzenie rzeczywistego kształtu przestrzeni porowej jest z oczywistych względów niemożliwe. Jest również niekonieczne, ponieważ z satysfakcjonującą dokładnością możemy sparazytrować badaną przestrzeń i wprowadzić makroskopowe poprawki umożliwiające prawidłowe wykorzystanie otrzymanych wyników. Zastosowany w badaniach ciśnień kapilarnych porozymetr rtęciowy AutoPore IV umożliwia otrzymanie dwóch krzywych kumulacyjnych, sporządzanych dla rosnących (krzywa nasiąkania) i malejących ciśnień (krzywa osuszania).

Kształt krzywej wykreślonej dla malejących ciśnień jest podstawowym źródłem informacji o wielkości odstępstwa realnej przestrzeni porowej od modelu walcowego. Analiza wyników badań porozymetrycznych polega na wyliczeniu i zinterpretowaniu szeregu wielkości liczonych z krzywych ciśnień kapilarnych oraz na analizie kształtu krzywych ciśnień kapilarnych.

Z pomiarów porozymetrycznych wylicza się następujące wielkości:

- porowatość zliczoną z porozymetru (tzw. porowatość efektywną) – od porowatości otwartej różni się tym, że zliczamy objętość cieczy niezwilżającej, która wmigrowała do próbki. Objętość ta nie obejmuje tych wszystkich submikroporów, których średnica jest zbyt mała dla wniknięcia rtęci. Wielkość porowatości zliczanej z porozymetru jest więc niższa od wielkości porowatości otwartej, a ich różnica jest miarą ilości wody nieredukowalnej w próbce. Wielkość ta będzie więc porowatością efektywną. Błędem zaburzającym pomiar jest występowanie tzw. efektu brzegowego, będącego skutkiem istnienia nierówności na ściankach badanej próbki, a dającego w rezultacie pozorny wzrost porowatości zliczanej z porozymetru w granicach 0,1–0,5% porowatości. Efekt ten będzie istotny dla próbek o niskiej porowatości.
- wielkość średniej kapilary – jest to standardowa wielkość, służąca do oceny jakości skały zbiornikowej. Wielkość średniej kapilary jest liczona jako średnia ważona, z wagą ilości porów, a nie procentu przestrzeni porowej.
- powierzchnia właściwa – jest to sumaryczna powierzchnia porów, przypadająca na jednostkę objętości (masy) badanej skały i jest miarą wielkości oporu stawianego przez ośrodek porowaty przepływającemu płynowi.

W kształcie każdej krzywej ciśnień kapilarnych możemy wyróżnić pewne charakterystyczne punkty. I tak: punkt, w którym rtęć zaczyna migrować do próbki określamy jako ciśnienie wejścia, a odpowiadającą mu średnicę porów jako średnicę wejścia. Punkt ten określa największy rozmiar porów jaki występuje w próbce. Od tego punktu nasycenie próbki rtęcią rośnie powoli, w miarę jak rtęć wchodzi do makroporów. Ponieważ w wielu wypadkach wartość nasycenia oscyluje w tym przedziale wokół wartości 10%, szereg badaczy wyróżniło ten punkt krzywej i określiło go jako ciśnienie lub średnicę przesunięcia.

Następny wyróżniony punkt ma bardzo ważne znaczenie fizyczne. W kryteriach matematycznych jest to punkt przecięcia krzywej kumulacyjnej, który z fizycznego punktu widzenia reprezentuje tę wartość ciśnienia (lub średnicy), po przekroczeniu której, nasycenie rtęcią zaczyna bardzo szybko rosnąć przy niewielkich zmianach ciśnienia. Punkt ten nazywany jest w literaturze ciśnieniem progowym lub średnicą progową. Przy tym ciśnieniu rozpoczyna się przepływ płynu przez próbkę, innymi słowy, średnica porów odpowiadająca temu ciśnieniu „zapewnia komunikację” w skale. Im wyższa jest wartość średnicy progowej lub im niższa jest wartość ciśnienia progowego, tym lepsze są właściwości filtracyjne badanej skały. Po gwałtownym wzroście nasycenia, krzywa kumulacyjna zmierza asymptotycznie, wraz ze zmniejszaniem się średnic porów, do wartości nasycenia maksymalnego.

Odstępstwa od tego typu krzywych występują w przypadkach niskiej porowatości i dużej niejednorodności skały. W pierwszym przypadku duży wpływ na nieregularności

krzywej kumulacyjnej ma efekt brzegowy, w drugim – trudno ocenić wartość ciśnienia progowego.

Dla krzywych uzyskiwanych przy malejących ciśnieniach istnieją trzy typowe przebiegi. Ogólnie można powiedzieć, że krzywe tego typu są wskaźnikami wielkości odstępstwa realnej przestrzeni porowej od przyjętego modelu walcowego. Im bliżej obie krzywe (zebrane przy rosnących i przy malejących ciśnieniach) leżą względem siebie, tym bardziej przestrzeń porowa badanej próbki przypomina model walcowy, czyli tym lepsze są jej właściwości filtracyjne. Położenie krzywej powracającej wysoko powyżej krzywej sporządzonej przy wzrastających ciśnieniach świadczy o dużej ilości pułapek kapilarnych w badanej warstwie porowatej. Realna przestrzeń porowa ma postać stosunkowo dużych porów połączonych cienkimi kanalikami i właśnie one określają zdolność transportu płynów. Przypadek, w którym krzywa powracająca lokuje się znacznie poniżej krzywej pierwotnej jest również niekorzystny. Świadczy o występowaniu w badanej przestrzeni porowej dużej ilości porów o lejkowatym kształcie, będących również pułapkami dla cieczy zwilżających. Numeryczną parametryzacją stopnia oddalenia krzywych od siebie jest wartość efektu histerezy, mierzona jako różnica w nasyceniu rtęcią próbki dla danego ciśnienia dla obu krzywych.

Mając zdefiniowane i oznaczone parametry otrzymane z badania ciśnień kapilarnych, możemy określić właściwości fizyczne przestrzeni porowej badanej warstwy, prowadząc badania korelacyjne tych wielkości z porowatością i przepuszczalnością. Z wielkości mających znaczenie fizyczne dobrymi parametrami są: powierzchnia właściwa, wielkość efektu histerezy, średnica progowa i średnica przeciętnej kapilary. Średnica wejścia i średnica przesunięcia są „gorszymi” parametrami z powodu dużej wrażliwości na efekt brzegowy.

Pomiar przepuszczalności

Oznaczanie współczynnika przepuszczalności efektywnej wykonuje się przy użyciu gazu. Jako gazu roboczego używa się azotu. Pomiar polega na doprowadzeniu do ustalonego, laminarnego przepływu gazu przez badaną próbkę i wyliczeniu współczynnika przepuszczalności przy pomocy równania Darcy’ego. Pomiary współczynnika przepuszczalności wykonano dla tzw. geometrii liniowej, tj. gaz płynie przez próbkę o stałym przekroju i długości. Do tego typu badań stosuje się wycięte walce o średnicy 2,54 i długości 4–5 cm. W czasie pomiaru gaz płynie wzdłuż walca, którego pobocznica jest uszczelniona. W trakcie analizy mierzy się objętość gazu migrującą przez próbkę w jednostce czasu oraz ciśnienie gazu na wejściu i wyjściu.

Współczynnik przepuszczalności liczy się ze wzoru:

$$q = \frac{c \times k \times A \times (P_1^2 - P_2^2)}{T \times L \times \mu \times Z}$$

gdzie:

k – współczynnik przepuszczalności (mD),

μ – lepkość gazu (cPu),

C – stała zależna od rodzaju użytych jednostek,

T – temperatura,

Z – współczynnik odchylenia,

L – długość walca (cm),

A – pole przekroju poprzecznego walca (cm²),

P – ciśnienie (at).

Pomiar dla każdej próbki powtarzany jest dla co najmniej 3 różnych ciśnień. Proporcjonalność otrzymanych wyników świadczy o laminarności przepływu. Jeśli otrzymana w trakcie pomiaru prosta $k = f(1/p)$ wykazuje nachylenie, wyliczamy poprawkę na efekt Klinkenberga ze wzoru:

$$K_k = K - m \times \frac{l}{P}$$

gdzie:

K_k – ekstrapolowana wartość współczynnika przepuszczalności dla nieskończonego ciśnienia równa przepuszczalności pomierzonej dla nieściśliwej, niereagującej ze skalą cieczy,

K – współczynnik przepuszczalności zmierzony dla średniego ciśnienia przepływu P ,

m – nachylenie krzywej.

Badania mikroszczelinowości na zglądach i płytkach cienkich

W warunkach laboratoryjnych badania mikroszczelin przeprowadza się na płytkach cienkich i tzw. replikach, wykonywanych z przycinanych specjalnie sześcianów skalnych o długości krawędzi 4 cm, przy czym na płytkach cienkich wykonuje się oznaczenia szczelin o rozwarościach poniżej 0,1 mm, a na replikach bada się porowatość i przepuszczalność szczelin o rozwarościach większych od 0,1 mm. Numeryczne określenie porowatości i przepuszczalności szczelinowej z jej istoty musi być oznaczeniem statystycznym (Smechov, 1962; Paduszyński, 1965; Romm, 1970). Do obliczeń statystycznych konieczna jest wstępna charakterystyka systemu spękań (ukierunkowane, pionowe, poziome, bezładne), pozwalająca na przyjęcie w obliczeniach statystycznych odpowiednich stałych.

Dla replik wielkość porowatości i przepuszczalności szczelinowej oblicza się, traktując zaobserwowane szczeliny, jako gładkie, o pomierzonej rozwarości i długości znacznie większej od rozwarości. Wielkość przepływu laminarnego przez taką szczelinę opisuje równanie Boussinesqa:

$$q = - \frac{l \times b^3}{12 \times \mu} \times \frac{\Delta P}{\Delta L}$$

gdzie:

q – natężenie przepływu objętości cieczy,

μ – lepkość dynamiczna,

b – rozwarłość szczelin,

L – długość przepływu,

P – ciśnienie.

Przyrównując je do równania Darcy'ego i wprowadzając średnią liniową gęstość spękań Γ , równającą się n/L otrzymujemy wzór na przepuszczalność:

$$k = (a \times b^3 \times \Gamma) / 12$$

dla quasi izotropowego, jednorodnego systemu spękań,

gdzie:

a – wskaźnik wynikający z przyjęcia odpowiednich jednostek,

n – ilość szczelin zaobserwowana na długości odcinka L .

Porowatość szczelinową i kawernistą liczy się ze wzoru:

$$por = \frac{c \times b \times l}{s}$$

gdzie:

s – badana powierzchnia repliki,

c – stała zależna od doboru jednostek.

Badania mikroszczelin wykonuje się na płytkach cienkich metodą tzw. trawersów losowych. Metoda ta polega na losowym nakładaniu na badaną płytkę cienką odcinka o długości L i badaniu ilości przecięć tego odcinka z mikroszczelinami. Dla tak przyjętych założeń współczynnik gęstości objętościowej szczelin będzie wyrażał się wzorem:

$$\Gamma_{v,l} = \frac{\Pi^2}{4 \times L} \times \frac{1}{m_l} \sum_{i=1}^{m_l} n_i$$

gdzie:

m_l – liczba pól widzenia nakładanych na płytkę cienką o numerze l ,

n – liczba przecięć śladów szczelin z odcinkami m_l , każdy o długości L .

Wstawiając tę wartość do wzoru na porowatość otrzymujemy:

$$Por = \frac{\prod}{2 \times A} \times \frac{b_l}{kl} \times \sum_{i=1}^{m_l} n_i$$

dla płytki cienkiej o numerze l , dla przepuszczalności otrzymamy:

$$k = \frac{c \times \prod}{2 \times L} \times \frac{b_l^3}{k_l} \times \sum_{i=1}^{m_l} n_i$$

gdzie:

c – stała zależna od doboru jednostek.

WYNIKI PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

W ramach badań petrofizycznych węgla w otworze Wesoła PIG 1 wykonano pomiary gęstości (objętościowej, materiałowej, szkieletowej), porowatości całkowitej i otwartej, przepuszczalności efektywnej oraz porowatości i przepuszczalności mikroszczelinowej. Badania przeprowadzono dla 27 próbek pobranych z pokładów węgla w interwale głębokości 681,76–976,65 m (pokłady 401–510).

W tabeli 36 zamieszczono wyniki pomiarów gęstości materiałowej i objętościowej. Zmierzona gęstość materiałowa badanych próbek węgla zawiera się w przedziale od 1,31 do 1,47 g/cm³, oprócz próbki z pokładu 404/5 (głębokość pobrania 753,41–753,57 m), dla której uzyskano wartość gęstości materiałowej 1,69 g/cm³. Wartość ta jest prawdopodobnie zawyżona przez zwiększoną ilość minerałów skałotwórczych. Średnia z 27 próbek wynosi 1,38 g/cm³.

Gęstość objętościowa zawiera się w przedziale od 1,13 do 1,58 g/cm³ (tab. 36), wartość średnia dla 27 próbek wynosi 1,24 g/cm³.

Dla wszystkich pobranych próbek wykonano badania porozymetryczne (porozymetria rtęciowa) w celu określenia porowatości oraz parametrów przestrzeni porowej. Wyniki zamieszczono w tabeli 37.

Uzyskane wartości porowatości całkowitej mieszczą się w zakresie od 0,57 do 16,02% (wartość średnia 8,55%), porowatość otwarta zawiera się w przedziale od 0,53 do 15,20% (średnia 8,36%). Jedynie dla 6 próbek porowatość całkowita jest mniejsza od 5% i wynosi odpowiednio: 3,77% (głęb. 753,41–753,57 m), 1,19% (głęb. 755,17–755,33 m), 0,57% (głęb. 874,74–874,90 m), 1,94% (głęb. 890,02–890,18 m), 4,28% (głęb. 947,69–947,85 m) oraz 1,67% (głęb. 963,13–963,30 m). Na podstawie wartości średniej porowatości całkowitej (średnia liczona dla wszystkich próbek wyniosła 8,55%) badane skały mogą być traktowane jako umiarkowanie dobra skała zbiornikowa dla gazu i jest zgodna z wartością, która charakteryzuje węgle sklasyfikowane jako HvAb (ASTM). Uzyskane wartości porowatości są porównywalne z parametrami uzyskiwanymi dla skał zbiornikowych kambru czy też złóż *tight* gazu na niżu polskim.

Na podstawie wyników porowatości stwierdzono, że przebadane skały można podzielić na dwie grupy: pierwsza grupa o bardzo niskiej porowatości (poniżej 2%) i praktycznie braku przestrzeni porowej; druga grupa składa się ze skał o relatywnie dobrej porowatości, sięgającej 16,02% i mikroporowym charakterze (średnice progowe dla tych skał mieszczą się w przedziale 0,02–0,10 μm). Takie wykształcenie przestrzeni porowej powo-

duje, że, niezależnie od wielkości porowatości, właściwości filtracyjne są praktycznie zerowe.

Z badań porozymetrycznych wynika, że przestrzeń porowa większości próbek jest dobrze wykształcona, lecz ma charakter mikroporowy. Wartości pomiarów średnicy progowej dla wszystkich przebadanych skał są niższe od 0,10 μm; typowe wartości to 0,02 i 0,06 μm. Pomierzone wartości średnic progowych odpowiadają skałom typu *tight gas* (gaz zamknięty) lub też skałom uszczelniającym. O mikroporowym charakterze badanych skał świadczą

Tabela 36

Wyniki badań gęstości węgla z otworu Wesoła PIG 1

Results of the research the density of coals from the Wesoła PIG 1 borehole

Pokład Coal seam	Interwał próbki Sample interval [m]		Gęstość materiałowa Material density [g/cm ³]	Gęstość objętościowa Bulk density [g/cm ³]
	od from	do to		
401	681,76	681,93	1,37	1,18
	682,24	682,41	1,47	1,32
404/1	701,69	701,86	1,44	1,21
404/5	753,41	753,57	1,69	1,58
	754,42	754,56	1,40	1,13
	755,17	755,33	1,33	1,25
niezident.	773,01	773,17	1,37	1,18
405/2	786,22	786,38	1,33	1,15
	787,37	787,53	1,43	1,21
407/1	802,57	802,74	1,38	1,26
414	874,74	874,90	1,34	1,25
416	890,02	890,18	1,31	1,23
niezident.	947,69	947,85	1,36	1,29
501	963,13	963,30	1,31	1,22
	964,35	964,52	1,34	1,20
	964,81	964,97	1,36	1,29
510	966,25	966,41	1,38	1,28
	967,67	967,85	1,35	1,25
	968,07	968,22	1,34	1,24
	968,71	968,87	1,35	1,23
	969,68	969,84	1,40	1,16
	970,81	970,97	1,38	1,23
	971,68	971,84	1,45	1,20
	972,70	972,86	1,39	1,21
	974,01	974,19	1,34	1,25
	974,88	975,05	1,35	1,24
	976,49	976,65	1,41	1,26

niezident. – pokład niezidentyfikowany / unnumbered seam

Tabela 37

Wyniki badań porozymetrycznych

Results of MICP analysis

Pokład Coal seam	Interwał próby Sample interval [m]		Gęstość materiałowa Material density [g/cm ³]	Porowatość całkowita Total porosity [%]	Gęstość szkieletowa Skeletal density [g/cm ³]	Gęstość objętościowa Bulk density [g/cm ³]	Porowatość otwarta Open porosity [%]	Średnia kapilarna Average capillary [μm]	Powierzchnia właściwa Specific surface area [m ² /g]	Pory > 1 μm Pores > 1 μm [%]	Średnica progowa Threshold diameter [μm]	Histereza Histeresis [%]	Przepuszczalność Permeability [mD]
	od from	do to											
401	681,76	681,93	1,37	12,33	1,35	1,18	12,08	0,02	20,99	43,00	bm	30,00	bp
	682,24	682,41	1,47	9,65	1,47	1,32	9,61	0,01	20,02	34,00	bm	18,00	bp
404/1	701,69	701,86	1,44	15,27	1,43	1,21	15,20	0,01	33,60	47,00	4; 0,01	18,00	bp
	753,41	753,57	1,69	3,77	1,64	1,58	3,57	0,01	6,93	28,00	0,10	11,00	bp
404/5	754,42	754,56	1,40	16,02	1,33	1,13	15,02	0,02	32,23	59,00	0,01	6,00	bp
	755,17	755,33	1,33	1,19	1,26	1,25	1,12	0,00	0,00	bp	bp	bp	bp
nn2	773,01	773,17	1,37	13,64	1,37	1,18	13,59	0,02	18,82	61,00	0,07	9,00	bp
405/2	786,22	786,38	1,33	13,38	1,33	1,15	13,31	0,02	24,44	60,00	0,09	4,00	bp
	787,37	787,53	1,43	15,23	1,43	1,21	15,19	0,01	36,17	50,00	0,07	5,00	bp
407/1	802,57	802,74	1,38	7,74	1,37	1,26	7,68	0,01	19,26	45,00	0,10	7,00	bp
414	874,74	874,90	1,34	0,57	1,25	1,25	0,53	0,00	0,00	bp	bp	bp	bp
416	890,02	890,18	1,31	1,94	1,25	1,23	1,85	0,00	0,00	bp	bp	bp	bp
nn3	947,69	947,85	1,36	4,28	1,35	1,29	4,23	0,01	14,33	29,00	0,02	12,00	1,45
501	963,13	963,30	1,31	1,67	1,24	1,22	1,55	0,00	0,00	bp	bp	bp	1,42
	964,35	964,52	1,34	10,12	1,34	1,20	10,09	0,02	20,27	55,00	0,02	5,00	0,17
	964,81	964,97	1,36	5,27	1,36	1,29	5,26	0,01	19,64	18,00	0,06	11,00	0,25
	966,25	966,41	1,38	7,37	1,38	1,28	7,33	0,01	18,87	34,00	0,03	20,00	bp
	967,67	967,85	1,35	6,84	1,34	1,25	6,76	0,01	14,85	37,00	0,05	9,00	bp
	968,07	968,22	1,34	7,56	1,34	1,24	7,51	0,01	22,62	36,00	0,10	5,00	0,10
	968,71	968,87	1,35	8,66	1,35	1,23	8,60	0,01	20,89	45,00	0,08	15,00	0,01
	969,68	969,84	1,40	15,71	1,37	1,16	15,20	0,01	49,07	49,00	0,02	5,00	0,02
510	970,81	970,97	1,38	10,47	1,37	1,23	10,37	0,02	17,66	60,00	0,03	7,00	bp
	971,68	971,84	1,45	10,75	1,32	1,20	9,55	0,02	15,25	61,00	0,02	9,00	bp
	972,70	972,86	1,39	9,55	1,33	1,21	9,04	0,01	21,00	48,00	0,05	3,00	0,02
	974,01	974,19	1,34	6,49	1,34	1,25	6,47	0,01	19,62	35,00	0,06	12,00	<0,008
	974,88	975,05	1,35	8,29	1,35	1,24	8,23	0,01	21,97	37,00	0,05	14,00	0,04
	976,49	976,65	1,41	7,16	1,36	1,26	6,82	0,01	17,08	44,00	0,05	2,00	0,07

bp – brak pomiaru, bm – rozkład bimodalny, nn2, nn3 – pokład nienumerowany

bp – no measurement, bm – bimodal distribution, nn2, nn3 – unnumbered seam

również duże wartości powierzchni właściwej zawierającej się w przedziale od 6,93 do 49,07 m²/g (wartość średnia 21,98 m²/g). Dla klasycznych skał zbiornikowych wielkość powierzchni właściwej bardzo rzadko przekracza 3–4 m²/g. Należy tutaj zwrócić uwagę na stosunkowo niskie różnice pomiędzy wartościami porowatości całkowitej a porowatością otwartą (0,04–1,00%). Niskie wartości tej różnicy mówią nam, że w badanych skałach jest stosunkowo mało porów o wielkościach mniejszych od 0,003 µm.

Istotną cechą każdego złoża węglowodorów jest wartość przepuszczalności. Analizy przepuszczalności wykonano dla 11 próbek z powodu problemów z uzyskaniem próbek typu plug (walec, o średnicy 2,54 i długości ok. 4 cm). Wartości przepuszczalności efektywnej badanych skał zawierają się w zakresie od 0,008 do 1,450 mD. Dla dziewięciu próbek uzyskane wartości nie przekraczają 0,250 mD. Dla dwóch próbek są większe i wynoszą odpowiednio 1,45 mD oraz 1,42 mD (prawdopodobnie jest to efekt mikroszczelin występujących w próbkach). W próbkach pochodzących z pokładu 501 i 510 średnia przepuszczalność wynosi ok. 0,09 mD, a więc jest bardzo niska (mieści się w zakresie przepuszczalności złóż typu *tight gas*).

Dla wszystkich dostępnych próbek wykonano badania porowatości i przepuszczalności szczelinowej na płytkach cienkich i zgładach. Otrzymane wyniki zamieszczono w [tabeli 38](#).

Występowanie mikroszczelin stwierdzono we wszystkich badanych próbkach. Na podstawie obserwacji makro i mikroskopowych stwierdzono, że badane skały są pocięte systemami makro- i mikrospeką. Wyróżniono tutaj dwa systemy speką. Pierwszy system to mikroszczeliny o rozwarości 0,01–0,20 mm. Drugi system speką to mikroszczeliny o rozwarości 0,001–0,070 mm. Dość problematyczne jest określenie, czy analizowane mikroszczeliny powstały w sposób naturalny, czy też są wynikiem działalności człowieka – działalność górnicza, obróbka pobranych próbek. Mając jednak na uwadze trudności przy wycinaniu rdzenników (plugów) na badania przepuszczalności oraz kruchość/łupliwość badanych węgli, należy przyjąć, że większość mikroszczelin jest pochodzenia naturalnego. Część z nich przebiega wzdłuż przewarstwień mułowcowo-ilastych i czasem możemy zaobserwować w nich drobne ziarna mineralne ([fig. 33C](#)). Większość mikroszczelin ma przebieg bezładny. Często obserwuje się rozwój wtórnej porowatości wzdłuż mikroszczelin w formie licznych mikroporów rozwiniętych wzdłuż całej mikroszczeliny (formy korony drzewa) lub też pojedynczych porów, co sprawia wrażenie węzłów na nitce ([fig. 33A](#)). Wszystkie mikroszczeliny z rozwiniętą porowatością wtórną są naturalne. Często obserwowane są mikroszczeliny powiązane z klawazem ([fig. 33B](#)), ich wykształcenie i przebieg są bardzo charakterystyczne. Rozkład mikroszczelin jest nierównomierny i bezładny. Bardzo często obserwuje się wygaszanie mikroszczelin na macerałach z dużą porowatością ([fig. 33D, E](#)).

W przeprowadzonych analizach na płytkach cienkich stwierdzono że, przepuszczalność szczelinowa zawiera się w przedziale 2,02–3,88 mD (wartość średnia 2,88 mD), po-

rowatość szczelinowa zawiera się w przedziale 3,29–6,30% (wartość średnia 4,68%).

W przeprowadzonej analizie na zgładach występowanie mikroszczelin stwierdzono tylko w 11 próbkach (analiza na zgładach obejmuje szczeliny o rozwarości powyżej 0,1 mm). Rozwarość tych mikroszczelin wynosi od 0,1 do 0,2 mm. Przepuszczalność szczelinowa zawiera się w przedziale 1,10–36,85 mD, a porowatość od 0,05 do 0,45%.

Parametry petrofizyczne węgla w rejonie otworu badawczego Wesoła PIG 1 można ocenić również na podstawie wcześniejszych badań wykonanych w KWK Wesoła. Badania te wykonano na próbkach pobranych ze ściany eksploatacyjnej w pokładzie 501 (Jelonek, 2013) oraz z rdzenia z wiercenia dołowego w pokładach 501–510 (otwór G-880/2013). W [tabeli 39](#) zamieszczono wyniki analizy gęstości oraz badań porozymetrycznych.

Gęstość materiałowa badanych węgli zawiera się w przedziale 1,30–1,64 g/cm³, średnia 1,38 g/cm³, natomiast gęstość objętościowa w przedziale 1,03–1,40 g/cm³, średnia 1,21 g/cm³.

Badania porowatości przeprowadzone na podstawie badań gęstości i porozymetrii rtęciowej wykazały dość duży rozrzut wyników:

- porowatość całkowita od 0,77 do 35,57%, średnia 18,95%;
- porowatość efektywna od 4,09 do 32,63%, średnia 14,14%;
- porowatość dynamiczna od 2,67 do 5,78%, średnia 4,15%.

Rozrzut pomiędzy wartością porowatości całkowitej i efektywnej jest związany z niejednorodnością badanych węgli. Pomiar gęstości materiałowej był wykonywany na próbce mielonej, natomiast pomiar gęstości objętościowej na próbce bliźniaczej (jeden kawałek węgla dzielony na dwa pomiary) w porozymetrze rtęciowym. Wielkość parametru średniej kapilary jest stosunkowo niska (0,02–0,07 µm), co wskazuje na bardzo dużą zawartość mikroporów w badanych skałach.

Badania przepuszczalności przeprowadzono w dwóch kierunkach – X – równolegle do uwarstwienia i Z – prostopadle do uwarstwienia. Wartość przepuszczalności równoległej do uwarstwienia zawiera się w zakresie 0,001–0,381 mD, przy średniej 0,087 mD, natomiast przepuszczalności prostopadłej do uwarstwienia w zakresie 0,001–0,253 mD, średnia 0,066 mD.

Dla wybranych próbek wykonano badania porowatości i przepuszczalności mikroszczelinowej ([tab. 40](#)). Wartość przepuszczalności mikroszczelinowej zawiera się w przedziale 2,25–3,40 mD, średnia 2,7 mD, wartość porowatości szczelinowej – w przedziale 3,66–5,53%, średnia 4,39%.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów mikroszczelinowości stwierdzono, że parametry zeszczelinowania dla analizowanych węgli poprawiają właściwości filtracyjne i zbiornikowe. Dla większości badanych skał będą jednak tylko dodatkiem w stosunku do parametrów przestrzeni porowej (zbiornikowej); będą natomiast odpowiadały za zdolności filtracyjne.

Tabela 38

Wyniki analiz mikroszczelinowatości
The results of microfracture analysis

Pokład Coal seam	Interwał próby Sample interval [m]		Badania na płytkach cienkich Analysis on thin sections			Badania na zglądach Analysis on polished section				Bilans Balance		
	od from	do to	Wskaźnik objętościowy szczelin Fracture volume indicator [1/cm]	Porowatość szczelinowa Fracture porosity [%]	Przepuszczalność szczelinowa Fracture permeability [mD]	Średnia rozwartość szczelin Average width of fracture [mm]	Porowatość szczelinowa Fracture porosity [%]	Przepuszczalność szczelinowa Fracture permeability [mD]	Porowatość szczelinowa Fracture porosity [%]	Przepuszczalność szczelinowa Fracture permeability [mD]		
401	681,76	681,93	12,85	4,91	3,02	0,00	0,00	0,00	4,91	3,02		
	682,24	682,41	12,37	4,73	2,91	0,00	0,00	0,00	4,73	2,91		
404/1	701,69	701,86	10,55	4,03	2,48	0,11	0,07	3,30	4,11	5,78		
404/5	753,41	753,57	11,69	4,47	2,75	0,20	0,06	19,20	4,53	21,95		
	754,42	754,56	15,06	5,75	3,54	0,00	0,00	0,00	5,75	3,54		
nn2	755,17	755,33	14,73	5,63	3,47	0,00	0,00	0,00	5,63	3,47		
	773,01	773,17	14,28	5,46	3,36	0,13	0,11	13,80	5,57	17,16		
405/2	786,22	786,38	13,80	5,28	3,25	0,00	0,00	0,00	5,28	3,25		
	787,37	787,53	16,38	6,26	3,85	0,11	0,11	4,13	6,37	7,98		
407/1	802,57	802,74	12,40	4,74	2,92	0,16	0,45	36,85	5,19	39,77		
414	874,74	874,90	16,49	6,30	3,88	0,00	0,00	0,00	6,30	3,88		
416	890,02	890,18	12,90	4,93	3,03	0,00	0,00	0,00	4,93	3,03		
nn3	947,69	947,85	13,89	5,31	3,27	0,10	0,07	2,90	5,38	6,17		
501	963,13	963,30	8,68	3,32	2,04	0,00	0,00	0,00	3,32	2,04		
	964,35	964,52	13,30	5,08	3,13	0,00	0,00	0,00	5,08	3,13		
510	964,81	964,97	12,37	4,73	2,91	0,00	0,00	0,00	4,73	2,91		
	966,25	966,41	11,14	4,26	2,62	0,16	0,15	11,06	4,41	13,68		
	967,67	967,85	14,44	5,52	3,40	0,00	0,00	0,00	5,52	3,40		
	968,07	968,22	8,60	3,29	2,02	0,12	0,16	5,50	3,44	7,52		
	968,71	968,87	9,82	3,75	2,31	0,00	0,00	0,00	3,75	2,31		
	969,68	969,84	10,03	3,83	2,36	0,00	0,00	0,00	3,83	2,36		
	970,81	970,97	13,33	5,09	3,14	0,00	0,00	0,00	5,09	3,14		
	971,68	971,84	8,85	3,38	2,08	0,11	0,17	7,20	3,55	9,28		
	972,70	972,86	8,85	3,38	2,08	0,00	0,00	0,00	3,38	2,08		
	974,01	974,19	11,70	4,47	2,75	0,00	0,00	0,00	4,47	2,75		
	974,88	975,05	13,00	4,97	3,06	0,10	0,05	1,10	5,02	4,16		
	976,49	976,65	9,09	3,47	2,14	0,10	0,06	2,00	3,53	4,14		

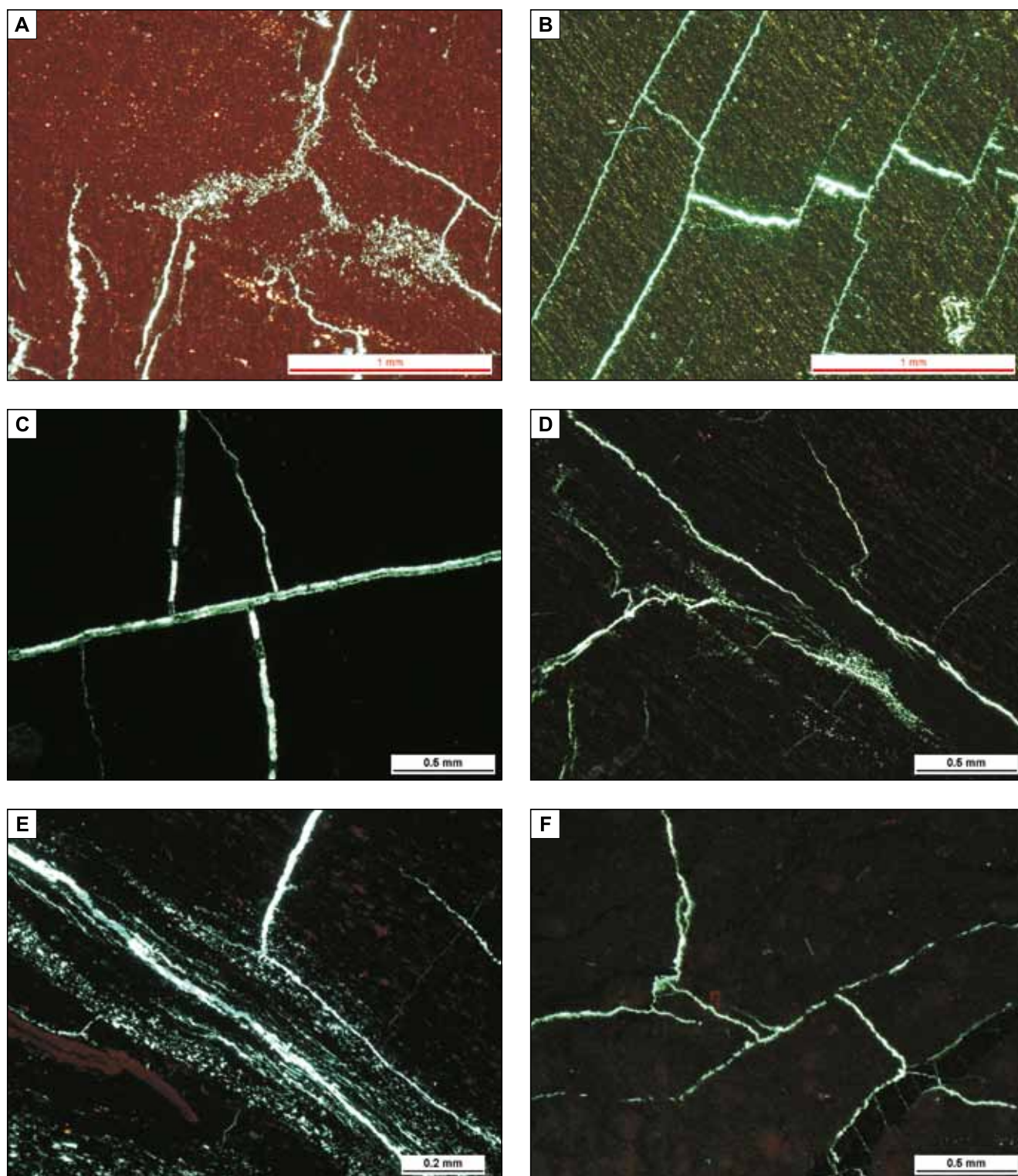


Fig. 33. Fotografie płytek cienkich węgla z pokładu 501, światło fluorescencyjne

A – porowatość wtórna rozwinięta wokół mikroszczelin; **B** – system mikroszczelin związany z kłiżem; **C** – wypełnienia mineralne w mikroszczelinach; **D** – porowate i nie porowate macerały i system mikroszczelin. Część mikroszczelin zanika w porowatych macerałach; **E** – porowate macerały poprzecinane systemem mikroszczelin. Część mikroszczelin zanika w porowatych macerałach; **F** – system mikroszczelin o zróżnicowanej rozwartości

Photographs of thin section coals from the longwall 501, fluorescent light

A – secondary porosity developed around the microfractures; **B** – system of microfractures associated with the cleavage; **C** – mineral fillings in microfractures; **D** – porous and non-porous macerals and a system of microfractures. Some of the microfractures are disappear in porous macerals; **E** – porous macerals with a system of microfractures. Some of the microfractures are disappear in porous; **F** – system of microfracture of various width. Macerals

Tabela 39

Parametry petrofizyczne węgla z pokładu 501 (na podstawie próbek ze ściany)

Petrophysical parameters of coal from 501 seam (based on tests from longwall)

Numer próbki Sample number	Gęstość / Density [g/cm ³]		Porowatość / Porosity [%]			Średnia kapilarna Average capillary [μm]	Histereza Hysteresis [%]	Przepuszczalność Permeability	
	materiałowa material	objętościowa bulk	całkowita total	efektywna effective	dynamiczna dynamic			X [mD]	Z [mD]
I-1-a	1,64	1,40	16,91	32,63	2,67	0,07	16	0,001	0,045
I-1-b	1,30	1,08	25,15	16,55	3,49	0,03	13	<0,011	0,215
I-1-c	1,36	1,27	7,58	4,09	3,08	0,05	2	0,001	0,001
I-2-b	1,48	1,39	0,77	6,35	5,32	0,02	26	0,369	bp
I-3-a	1,36	1,08	31,80	20,83	5,78	0,04	7	0,062	bp
I-3-b	1,32	1,12	21,84	15,24	3,99	0,02	18	0,040	0,001
I-3-c	1,36	1,03	35,57	23,67	3,35	0,05	5	0,043	<0,005
I-4-b	1,38	1,24	9,12	13,85	3,53	0,04	14	0,198	0,253
II-5-b	1,39	1,24	12,15	16,37	4,61	0,03	31	0,381	0,05
II-6-a	1,33	1,24	19,59	7,60	4,11	0,03	21	0,083	bp
II-6-b	1,36	1,27	10,57	6,29	4,50	0,02	17	0,034	<0,004
II-6-c	1,32	1,20	18,93	9,02	4,68	0,02	16	0,017	bp
II-7-b	1,33	1,10	25,19	17,26	3,90	0,03	11	0,014	0,03
II-8-a	1,34	1,17	16,24	11,79	4,30	0,05	5	0,050	bp
II-8-b	1,34	1,08	28,67	19,62	4,75	0,02	10	bp	0,108
II-8-c	1,42	1,37	23,10	5,11	4,41	0,02	25	0,001	0,001

X – kierunek równoległy do uławicenia, Z – kierunek prostopadły do uławicenia, bp – brak pomiaru

X – the direction parallel to the laminations, Z – direction perpendicular to the laminations, bp – no measurement

Przepuszczalność węgla *in situ*

Z opisanych powyżej parametrów petrofizycznych, porowatość odpowiada za zdolności magazynowania gazu, natomiast przepuszczalność mówi o zdolnościach filtracyjnych skały, czyli o możliwościach dopływu gazu ze skały zbiornikowej do otworu wiertniczego. Badania laboratoryjne przepuszczalności wykonywane według standardowych procedur dają nam pogląd na rząd wielkości tego parametru. Przyczyn jest kilka. Jedną z najważniejszych jest praca na materiale odprężonym oraz niejednorodność pokładów węgla. Praktycznie tylko pomiary wykonywane w otworach – testy otworowe (warunki *in situ*) mogą pokazać wartości przepuszczalności zbliżone do rzeczywistej przepuszczalności pokładu. Na obszarze GZW badania przepusz-

czalności *in situ* wykonała firma Amoco. (McCants i in., 2001) i uzyskała wartości rzędu 1–3 mD. Podobny wynik 1–2 mD uzyskała firma Metanel S.A. podczas badania przepuszczalności *in situ* pokładu 510 w otworze MS-1 w Kaniowie. W badaniach wykonywanych w ramach projektu GASDRAIN, zespół z RWTH Aachen University pod kierunkiem Bernharda Kroossa pomierzył dla kilkunastu specjalnie przygotowanych próbek przepuszczalność matrycy węglowej dla węgla z kopalni „Zofiówka” z poziomu 900 m (Raport, 2016). Otrzymane wyniki zawierają się w przedziale 0,3–1,0 μD. Na tej podstawie można pokusić się o stwierdzenie, że opisane wyżej wyniki pomiarów przepuszczalności *in situ* prezentują w swoich wynikach sumę przepuszczalności matrycy węglowej i przepuszczalności mikroszczelin.

Problem podwójnej przepuszczalności (*dual permeability* – matrycy skalnej i mikroszczelin) pojawił się również w trakcie prac związanych z gazem łupkowym. W ramach programu BLUE GAS wykonano serię badań i określono przepuszczalność matrycy skalnej oraz przepuszczalność mikroszczelinową (Leśniak, 2015; Leśniak i in., 2017). Podstawowym problem przy obliczaniu przepuszczalności mikroszczelinowej jest określenie rozwartości mikroszczelin. Wszystkie preparaty wykonano z próbek skał, które uległy rozprężeniu. W trakcie pomiarów rozwartości staramy się mierzyć rozwartość mikroszczelin, co do których jesteśmy pewni, że są pochodzenia naturalnego. W powyższych przeliczeniach przyjęto rozwartość mikroszczelin na poziomie 6–8 μm. W artykule z 2018 r. Leśniak określił rozwartości mikroszczelin w badanych próbkach węgla na 0,58–4,00 μm. Pomiary przeprowadzono przy stresie efektywnym ok. 16 MPa. W tabeli 41 zamieszczono przeliczone wyniki pomiarów przepuszczalności szczelinowej dla

Tabela 40

Wyniki badań mikroszczelinowości z pokładu 501 (na podstawie próbek ze ściany)

Microfracture test results of coal from 501 seam (based on tests from longwall)

Numer próbki Sample number	Wskaźnik objętościowy szczelin Fracture volume indicator [1/cm]	Porowatość szczelinowa Fracture porosity [%]	Przepuszczalność szczelinowa Fracture permeability [mD]
I-1-b	12,78	4,88	3,01
I-2-b	10,16	3,88	2,39
I-3-b	9,61	3,67	2,26
I-4-b	10,13	3,87	2,38
II-5-b	11,21	4,29	2,64
II-6-b	9,58	3,66	2,25
II-7-b	14,04	5,37	3,30
II-8-b	14,47	5,53	3,40

Tabela 41

Zależność przepuszczalności mikroszczelinowej od rozwartości mikroszczelin

Dependence of the microfracture permeability on the width of the microfracture

Pokład Coal seam	Interval próby Sample interval [m]		Rozwartość / Width 6 μm		Rozwartość / Width 4 μm		Rozwartość / Width 2 μm		Rozwartość / Width 0,6 μm	
	od from	do to	Porowatość szczelinowa Fracture porosity [%]	Przepuszczalność szczelinowa Fracture permeability [mD]	Porowatość szczelinowa Fracture porosity [%]	Przepuszczalność szczelinowa Fracture permeability [mD]	Porowatość szczelinowa Fracture porosity [%]	Przepuszczalność szczelinowa Fracture permeability [mD]	Porowatość szczelinowa Fracture porosity [%]	Przepuszczalność szczelinowa Fracture permeability [mD]
401	681,76	681,93	4,910	3,022	3,273	0,896	1,637	0,112	0,491	0,003
	682,24	682,41	4,727	2,910	3,151	0,862	1,576	0,108	0,473	0,003
404/1	701,69	701,86	4,033	2,483	2,688	0,736	1,344	0,092	0,403	0,002
404/5	753,41	753,57	4,468	2,751	2,979	0,815	1,489	0,102	0,447	0,003
	754,42	754,56	5,754	3,542	3,836	1,050	1,918	0,131	0,575	0,004
nn2	755,17	755,33	5,631	3,466	3,754	1,027	1,877	0,128	0,563	0,003
	773,01	773,17	5,456	3,359	3,637	0,995	1,819	0,124	0,546	0,003
405/2	786,22	786,38	5,276	3,248	3,517	0,962	1,759	0,120	0,528	0,003
	787,37	787,53	6,260	3,854	4,174	1,142	2,087	0,143	0,626	0,004
407/1	802,57	802,74	4,740	2,918	3,160	0,865	1,580	0,108	0,474	0,003
414	874,74	874,90	6,300	3,878	4,200	1,149	2,100	0,144	0,630	0,004
416	890,02	890,18	4,929	3,034	3,286	0,899	1,643	0,112	0,493	0,003
nn3	947,69	947,85	5,307	3,267	3,538	0,968	1,769	0,121	0,531	0,003
501	963,13	963,30	3,318	2,043	2,212	0,605	1,106	0,076	0,332	0,002
	964,35	964,52	5,082	3,129	3,388	0,927	1,694	0,116	0,508	0,003
	964,81	964,97	4,729	2,911	3,153	0,863	1,576	0,108	0,473	0,003
	966,25	966,41	4,259	2,622	2,839	0,777	1,420	0,097	0,426	0,003
	967,67	967,85	5,519	3,398	3,680	1,007	1,840	0,126	0,552	0,003
	968,07	968,22	3,287	2,023	2,191	0,599	1,096	0,075	0,329	0,002
	968,71	968,87	3,753	2,310	2,502	0,685	1,251	0,086	0,375	0,002
	969,68	969,84	3,833	2,359	2,555	0,699	1,278	0,087	0,383	0,002
510	970,81	970,97	5,094	3,136	3,396	0,929	1,698	0,116	0,509	0,003
	971,68	971,84	3,381	2,081	2,254	0,617	1,127	0,077	0,338	0,002
	972,70	972,86	3,384	2,083	2,256	0,617	1,128	0,077	0,338	0,002
	974,01	974,19	4,472	2,753	2,982	0,816	1,491	0,102	0,447	0,003
	974,88	975,05	4,970	3,059	3,313	0,907	1,657	0,113	0,497	0,003
	976,49	976,65	3,473	2,138	2,316	0,634	1,158	0,079	0,347	0,002

rozwartości mikroszczelin 6, 4, 2 i 0,6 μm . Analizując prezentowane w tabeli 41 wyniki możemy stwierdzić, że porowatość szczelinowa zmienia się proporcjonalnie do rozwartości, tzn. 3-krotne zmniejszenie rozwartości powoduje szczelinowej również trzykrotne zmniejszenie porowatości.

W przypadku przepuszczalności mikroszczelinowej zmiany tej wartości są już duże większe. Należałoby się więc zastanowić, jaką rzeczywistą rozwartości mikroszczelin przyjmować w obliczeniach. Wykonanie pomiarów dla każdej próbki w celu określenia rzeczywistej rozwartości mikroszczelin byłoby dość kosztowne (badania CT, prze-

puszczalność w ciśnieniu nadkładu, analiza mikroszczelinowości) i długotrwałe. Można oczywiście podawać wartość dla dwóch lub trzech przyjętych rozwartości. Można również przyjąć, że jeśli w badaniach *in situ* wartość przepuszczalności jest określona na 1–2 mD, a przepuszczalność matrycy węglowej wynosi ok. 0,001 mD, to całość mierzonej przepuszczalności jest związana z mikroszczelinami, czyli optymalna rozwartość dla przeliczeń powinna oscylować wokół 4 μm . Oczywiście, jest to pewne szacowanie, ale na dokładne pomiary musimy poczekać na wyniki rzetelnych testów otworowych.

PODSUMOWANIE

Badane skały należy określić jako *dual porosity – dual permeability*.

Przeprowadzone badania parametrów petrofizycznych wykazały, że analizowana porowatość analizowanych węgli wynosi od 0,5 do ponad 30,0%, porowatość efektywna osiąga wartości do 16%. Parametry te pozwalają określić badane skały jako dobre i umiarkowanie dobre skały zbiornikowe. Ocenę parametrów zbiornikowych obniża bardzo duża zawartość mikroporów. Efektem zawartości mikroporów jest zdolność do akumulacji gazu, ale brak zdolności do jego oddawania. Porowatość w węglach składa się z porowatości matrycy węgla oraz porowatości szczelin. Przestrzeń porowa w węglach jest niejednorodna. Fragmenty porowate przeplatają się z fragmentami nieporowatymi. Łącznikami pomiędzy porowatymi fragmentami są mikroszczeliny.

Parametry filtracyjne badanych skał są bardzo niskie. Przepuszczalność matrycy węglowej oszacowano na 0,3–1,0 μD . Parametry filtracyjne badanych węgli są polepsza-

ne dzięki sieci mikroszczelin. Przeprowadzone badania udowodniły, że za wartości przepuszczalności w węglach odpowiadają w większości systemy mikropęknięć. Dlatego też, należy położyć większy nacisk na prawidłowe określenie przepuszczalności matrycy węgla (bez mikroszczelin) oraz na rzetelne wyniki testów otworowych. Będzie to miało znaczenie przy symulacji produkcji gazu z pokładów węgla.

Przepływ w badanych skałach będzie przebiegał na drodze – migracja gazu z porów do mikroszczelin i następnie z mikroszczelin do otworu. Ma to bezpośredni skutek w postaci bardzo słabych przypływów gazu do otworów. Otworzenie (rozwiercenie) pokładu węgla powoduje początkowo wypływ gazu z mikroszczelin. Efektem jest zmiana stresu efektywnego (spadek ciśnienia porowego w mikroszczelinach), co powoduje częściowe zamknięcie mikroszczelin. Oddawanie gazu do mikroszczelin przez matrycę węglową jest bardzo wolne i odbudowa ciśnienia w mikroszczelinach będzie praktycznie niemożliwa.