

Witold WAWRZYNKIEWICZ, Jerzy SABLİK

Główny Instytut Górnictwa, Katowice

## WPLYW SIARKI ORGANICZNEJ ZAWARTEJ W WĘGLU ENERGETYCZNYM NA EMISJĘ SO<sub>2</sub> DO ATMOSFERY

**Streszczenie.** Nowoczesne metody przeróbki węgla pozwalają usunąć znaczne ilości siarki pirytovej z węgla. Siarka organiczna związana z molekularną substancją węglową jest nieusuwalna metodami fizycznymi i może stanowić trudną do pokonania barierę w procesie produkcji czystych węgla.

Szczególnie wysokimi zawartościami siarki całkowitej i organicznej charakteryzują się węgle energetyczne z kopalń Nadwiślańskiej Spółki Węglowej.

Na podstawie wyników analizy zawartości różnych form siarki w węglach pokładowych poszczególnych kopalń Nadwiślańskiej Spółki Węglowej wyliczono potencjalną emisję SO<sub>2</sub> do atmosfery jako skutek utylizacji tych węgla w energetyce.

## IMPACT OF ORGANIC SULPHUR CONTENT IN STEAM COALS ON THE LEVEL OF SO<sub>2</sub> EMISSION TO THE ATMOSPHERE

**Summary.** Modern coal upgrading methods allow to remove a considerable amount of pyritic sulphur from steam coal. Organic sulphur being bound in macromolecules of coal mater can not be removed by physical methods and is a very difficult barrier to overcome in the process of clean coal production. Steam coals of the Vistula River Coal Area (NSW) have a significantly high total and organic sulphur content. Taking into account the sulphur content in seam coal samples of individual NSW mines, the potential SO<sub>2</sub> emission to the atmosphere, which would have been the result of coal utilization in power plants, was calculated.

### 1. Wstęp

Zgromadzone do tej pory, a przedstawione już na III Międzynarodowej Konferencji Przeróbki Kopalni [1], dane o występowaniu siarki organicznej w węglach pokładów GZW umożliwiają nie tylko sformułowanie pewnych prawidłowości, ale także wstępną ocenę zna-

czenia siarki organicznej jako czynnika determinującego jakość węgla. Zawartość siarki organicznej maleje wraz z uwęglaniem w węglach pokładów libiąskich, łaziskich, orzeskich i rudzkich, natomiast w węglach pokładów siodłowych, porębskich i jakłowieckich albo minimalnie rośnie, albo praktycznie nie ulega zmianie. Można założyć, że w węglach tych ostatnich pokładów o stosunkowo wysokim uwęgleniu proces przemian, którym podlegają związki siarki, został zakończony. Zwraca uwagę fakt, że wartości maksymalne zawartości siarki organicznej w węglach wyżej uwęglonych są na ogół mniejsze w porównaniu z tymi wartościami w węglach mniej zmetamorfizowanych. Z większą częstością we wszystkich pokładach występują węgle zawierające od 0.4 do 0.8% siarki organicznej.

Za prawidłowość popartą wynikami uzyskanymi w przypadku wszystkich pokładów uznać można wzrost zawartości siarki organicznej  $S_o^a$  w funkcji zawartości siarki całkowitej  $S_t^a$ , przy czym współczynniki korelacji tych zmiennych są w większości duże, potwierdzając zasadność formułowania tego typu prawidłowości.

Przedstawiona na podstawie wyników dotychczasowych badań charakterystyka węgla występujących w pokładach GZW z punktu widzenia zawartości w nich siarki organicznej umożliwia sformułowanie uogólnień o charakterze ekologicznym. Znaczna część badanych węgla pokładowych ma stosunkowo dużą zawartość siarki organicznej. Zawartości te w licznych przypadkach przekraczają dopuszczalny poziom siarki całkowitej w węglu kamiennym, mogą zatem być przyczyną nadmiernej emisji związków siarki do atmosfery.

Szczególnie wysokimi zawartościami siarki charakteryzują się węgle energetyczne z kopalń Nadwiślańskiej Spółki Węglowej. W Nadwiślańskiej Spółce Węglowej eksploatacja węgla odbywa się w pokładach wchodzących w skład warstw libiąskich, łaziskich, orzeskich i załęskich, czyli są to węgle młode, mniej zmetamorfizowane. Dlatego też węgle te charakteryzują się szczególnie wysokimi zawartościami siarki całkowitej (maksymalne zawartości powyżej 3%) i organicznej (maksymalne zawartości powyżej 1%). Średnie zawartości poszczególnych form siarki w przebadanych próbkach węgla pokładowych występujących w Nadwiślańskiej Spółce Węglowej przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1

Średnie zawartości poszczególnych form siarki w węglach pokładowych  
Nadwiślańskiej Spółki Węglowej

Pokłady warstw	Siarka całkowita	Siarka pirytowa	Siarka siarczanowa	Siarka organiczna		
	śr	śr	śr	min	śr	max
Libiąskich	1.84	1.38	0.03	0.32	0.43	0.56
Łaziskich	1.76	1.06	0.05	0.24	0.66	1.68
Orzeskich	0.94	0.50	0.04	0.20	0.41	0.64
Załęskich	0.60	0.18	0.03	0.23	0.40	0.62

Ograniczenie ilości siarki przedostającej się do środowiska może się odbywać przez:

- wydzielanie związków siarki z węgla przed jego wykorzystaniem; odsiarczanie węgla,
- wydzielanie związków siarki z pirolitów powstających w czasie użytkowania węgla; odsiarczanie spalin.

Odsiarczanie węgla może być realizowane metodami fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi. Przemysłowe zastosowanie mają głównie metody fizyczne oparte na tzw. procesach mechanicznej przeróbki. Metodami tymi wydziela się piryt, stanowiący średnio 50 - 70% siarki całkowitej w polskich węglach. Sposób odsiarczania zależy od wielkości ziarn poddawanych wzbogaceniu. Nowoczesne metody przeróbki węgla pozwalają usunąć maksymalnie do 90% pirytu [2]. Metody wzbogacania chemicznego usuwają z węgla przede wszystkim siarkę pirytową (do 90%) i od 30% do 70% siarki organicznej [3].

Przydatność procesu chemicznego oczyszczania Gravimelt [4], który polega na wzbogaceniu poprzez reagowanie sody kaustycznej z siarką zawartą w węglu w wysokiej temperaturze, sprawdzono także na polskim węglu [3]. Próbkę stanowiły miały węgla energetycznego z kopalń „Jan Kanty” i „Siersza”. Metoda ta umożliwia redukcję popiołu o 99%, a siarki o około 90%. Spośród bardzo wielu znanych procesów chemicznych [5] tylko niektóre nadają się do wdrożenia w skali przemysłowej. Metody chemicznego wzbogacania są jednak dużo droższe (bardzo drogie odczynniki, wysoka temperatura, wysokie ciśnienie) niż metody fizycznego wzbogacania.

Stosunkowo nową koncepcją jest zastosowanie mikroorganizmów do usuwania siarki, zwłaszcza pirytovej [6]. Powszechnie znany proces utleniania siarki pirytovej przy zastosowaniu bakterii *Thiobacillus ferrooxidans* pozwala na usuwanie siarki pirytovej do 98%. Na-

tomiast metodami biologicznego wzbogacania jest dużo trudniej usunąć siarkę organiczną, która stanowi integralną część molekularnej struktury węglowej. Metody te pociągają za sobą szereg problemów, do których można zaliczyć konieczność znacznego rozdrobnienia węgla, konieczność zachowania stałych warunków przebiegu procesu, znaczne koszty odwadniania produktu wzbogaconego oraz brak stabilizacji niektórych kultur mikrobiologicznych.

Zawarta w węglu siarka organiczna jest nieusuwalna stosowanymi obecnie na skalę przemysłową metodami i może stanowić trudną do pokonania barierę w procesie produkcji czystych węgla.

Celem niniejszego opracowania było określenie wpływu siarki całkowitej, a szczególnie organicznej zawartej w węglach Nadwiślańskiej Spółki Węglowej, na wielkość emisji  $\text{SO}_2$  do atmosfery, oraz próba oceny tych węgla w świetle obowiązujących nowych norm emisji siarki.

## 2. Normy emisji $\text{SO}_2$

Bliska perspektywa wejścia Polski do OECD zmusza do przyjęcia międzynarodowych zobowiązań proekologicznych. Jednym z nich jest podpisanie przez Polskę w czerwcu 1994 roku w Oslo protokołu do konwencji z 1979 roku w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości dotyczącego dalszego ograniczania emisji siarki, tzw. II Protokołu Siarkowego. Protokół ten zawiera dopuszczalne wielkości emisji i redukcji siarki na lata 2000, 2005, 2010. Wymagana obniżka emisji  $\text{SO}_2$  w Polsce została przedstawiona w tablicy 2. Wskaźniki redukcji emisji w % podane zostały w odniesieniu do poziomu emisji z 1980 roku.

Tablica 2

Dopuszczalna wielkość emisji  $\text{SO}_2$  i przewidywana jej redukcja w Polsce

Rok	1980	1990	2000	2005	2010
Emisja całkowita $\text{SO}_2$ [kt/rok]	4100	3210	2583	2173	1397
Redukcja emisji [%]	100	22	37	47	66
Energetyka zawodowa [kt/rok]	1927	1570	1292	1087	699

Protokół siarkowy zawiera także zalecenie, by sygnatariusze nie później niż do 1 lipca 2004 zaczęli stosować, o ile będzie to możliwe, bez ponoszenia nadmiernych kosztów, normy

emisji obowiązujące w krajach Unii Europejskiej. W przypadku dużych stacjonarnych źródeł spalania o mocy cieplnej większej niż 500 MWt (=200 MWe) normy emisyjne wynoszą 400 mg SO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup> dla paliw stałych, co odpowiada 140 gSO<sub>2</sub>/GJ w jednostkach, w jakich przedstawia się emisję w polskich przepisach (100 mg/Nm<sup>3</sup> = 35 g/GJ) [7, 8]. Tak rygorystycznym przepisom podlegałyby prawie wszystkie obiekty energetyki zawodowej w Polsce.

Rozporządzenie MOŚZNiL z dnia 12 lutego 1990 roku określiło dopuszczalne od 1998 roku ilości emisji SO<sub>2</sub>, pyłu i NO<sub>2</sub> do atmosfery dla nowych i starych palenisk pyłowych o mocy powyżej 0.2 MW [ 9 ]. Ilości te przedstawiono w tabelicy 3.

Za instalacje nowe uznaje się instalacje uruchamiane po 31 grudnia 1994 r.

Tabela 3

Dopuszczalne normy emisji od 1998 roku

Emisja	Instalacje stare [g/GJ]	Instalacje nowe [g/GJ]
SO <sub>2</sub>	870	200
pyłu	90	90
NO <sub>x</sub>	170	170

### 3. Część doświadczalna

W ostatnich latach w Głównym Instytucie Górnictwa oprócz podstawowych analiz próbek pokładowych na typ węgla (min. ciepło spalania, części lotne, zawartość popiołu, liczba Rogi) wykonuje się coraz więcej analiz węgla pokładowych poszerzonych o analizę elementarną (oznaczanie pierwiastków C, H, N) oraz analizę wszystkich form siarki (organiczną, piritową i siarczanową).

Takie poszerzone analizy wykonano dla 130 próbek pokładowych (bruzdowych) z 8 kopalń Nadwiślańskiej Spółki Węglowej. Wszystkie oznaczenia wykonano zgodnie z normami PN oraz procedurami stosowanymi w Laboratorium Oceny i Prognoz Jakości Węgla GIG, akredytowanym przez PCBC i Lloyd's Register Quality Assurance.

Wyniki oznaczeń zgromadzone są w komputerowym banku danych, składającym się z szeregu baz w formacie dBase. Dane do komputerowej bazy wprowadza się w stanie analitycznym, ale mogą one być przetworzone lub przeliczone na inne stany za pomocą programów wykorzystujących aplikację dostępu do danych Query oraz arkusz kalkulacyjny Excel 5.0.

#### 4. Siarka w pokładach eksploatowanych w Nadwiślańskiej Spółce Węglowej

Występujące w obrębie Nadwiślańskiej Spółki Węglowej pokłady Węglowe są stosunkowo młode i wchodzi w skład warstw libiąskich, łaziskich, orzeskich i załęskich (tablica 4). Największa eksploatacja prowadzona jest w obrębie warstw łaziskich, dlatego największa liczba danych pochodzi z pokładów wchodzących w skład tych warstw.

Średnia zawartość siarki całkowitej  $S_t$  w kopalniach NSW maleje od warstw najmłodszych - libiąskich (1.84%) poprzez warstwy łaziskie (1.76%), orzeskie (0.94%) do warstw najstarszych - załęskich (0.60%). Zmiany zawartości siarki całkowitej w poszczególnych warstwach litostratygraficznych są konsekwencją wysokiej zawartości siarki pirytovej w węglach pokładów warstw libiąskich (1.38%) i łaziskich (1.06%), a malejącą zawartością tej formy siarki dla warstw orzeskich (0.50%) i załęskich (0.18%).

Średnia zawartość siarki organicznej kształtuje się dla węgla z poszczególnych warstw litostratygraficznych na podobnym poziomie ok 0.40% i jedynie dla warstw łaziskich jest wyższa i wynosi 0.66 %.

Najbardziej zróżnicowane pod względem zawartości siarki są węgle z pokładów warstw łaziskich. Maksymalne zawartości siarki całkowitej (5.31%), pirytovej (4.30%) i organicznej (1.68%) odnotowano dla węgla z kopalni „Siersza” prowadzącej eksploatację w obrębie warstw łaziskich (średnia zawartość siarki 2.70%). Węgla pokładów warstw łaziskich z kopalni „Silesia” są węglami o stosunkowo niskim zasiarczeniu (0.77%). W innych kopalniach prowadzących eksploatację w pokładach warstw łaziskich zawartość siarki całkowitej waha się od 1.09% do 1.21%.

Wraz z wiekiem warstw litostratygraficznych zmieniają się także inne parametry węgla. Tablica 5, oprócz spadku zawartości siarki całkowitej, ukazuje wzrost zawartości pierwiastka węgla od 61.95% w warstwach libiąskich i łaziskich do 74.59% w warstwach załęskich, oraz

wzrost wartości opałowej, od 23 470 kJ/kg w warstwach libiąskich do 28 808 kJ/kg w warstwach załęskich.

Tablica 4

Zawartość różnych form siarki, pierwiastka węgla oraz wartość opałowa (stan analityczny) dla węgla pokładowych z kopalń Nadwiślańskiej Spółki Węglowej, według warstw litostratygraficznych

Wartwy litostratygr.	Kopalnia	Wartość	S <sub>s</sub> <sup>a</sup> %	S <sub>p</sub> <sup>a</sup> %	S <sub>so4</sub> <sup>a</sup> %	S <sub>o</sub> <sup>a</sup> %	C <sup>a</sup> %	Q <sub>i</sub> <sup>a</sup> kJ/kg
Libiąskie	„Janina”	min	1,13	0,77	0,01	0,32	57,51	21627
		max	3,09	2,49	0,04	0,56	65,81	24993
		śr	1,84	1,38	0,03	0,43	61,95	23470
Łaziskie	„Jaworzno”	min	0,80	0,50	0,01	0,29	59,03	22338
		max	2,68	2,25	0,09	0,58	65,41	24868
		śr	1,53	1,11	0,03	0,39	63,37	23948
	„Piast”	min	0,73	0,23	0,01	0,41	61,55	23507
		max	1,90	0,94	0,04	0,93	71,65	27562
		śr	1,09	0,50	0,02	0,57	66,46	25656
	„Siersza”	min	0,61	0,24	0,00	0,34	45,33	16670
		max	5,31	4,30	0,56	1,68	64,38	25201
		śr	2,70	1,70	0,09	0,87	56,42	21563
	„Silesia”	min	0,62	0,33	0,05	0,24	55,15	21218
		max	0,88	0,35	0,05	0,48	66,71	25652
		śr	0,77	0,34	0,05	0,38	62,37	23956
	„Ziemowit”	min	0,74	0,29	0,00	0,31	56,14	21496
		max	1,65	0,96	0,03	0,77	70,02	27153
		śr	1,16	0,64	0,01	0,51	64,21	24760
„Czczott”	min	0,58	0,17	0,01	0,40	56,37	21999	
	max	2,51	1,83	0,04	0,86	71,10	27627	
	śr	1,21	0,60	0,02	0,59	66,85	25882	
CAŁOŚĆ	min	0,58	0,17	0,00	0,24	45,33	16670	
	max	5,31	4,30	0,56	1,68	71,65	27627	
	śr	1,76	1,06	0,05	0,66	61,90	23760	
Orzeskie	„Brzeszcze”	min	0,78	0,22	0,02	0,54	67,55	26542
		max	0,78	0,22	0,02	0,54	67,55	26542
		śr	0,78	0,22	0,02	0,54	67,55	26542
	„Silesia”	min	0,62	0,25	0,02	0,31	50,75	19465
		max	1,21	0,53	0,06	0,64	69,95	27166
		śr	0,86	0,36	0,04	0,46	62,95	24399
	„Ziemowit”	min	0,91	0,68	0,03	0,20	63,31	24258
		max	1,54	1,26	0,04	0,24	64,88	24870
		śr	1,23	0,97	0,04	0,22	64,10	24564
	CAŁOŚĆ	min	0,62	0,22	0,02	0,20	50,75	19465
		max	1,54	1,26	0,06	0,64	69,95	27166
		śr	0,94	0,50	0,04	0,41	63,81	24708
Załęskie	„Brzeszcze”	min	0,29	0,02	0,02	0,23	65,20	24974
		max	1,01	0,48	0,04	0,62	79,73	30881
		śr	0,60	0,18	0,03	0,40	74,59	28808

## 5. Emisja SO<sub>2</sub> do atmosfery jako wynik utylizacji węgla NSW

Zmiana zawartości siarki całkowitej i wartości opałowej przedstawiona w poprzednim rozdziale decyduje o wielkości emisji SO<sub>2</sub> do atmosfery.

Wskaźnikową emisję SO<sub>2</sub> do atmosfery ( $E_{SO_2}$ ) obliczono z funkcji zawartości siarki całkowitej i wartości opałowej w stanie roboczym według wzoru 1 [10]:

$$E_{SO_2} = \frac{M_{SO_2}}{Q'_i} \quad (1)$$

$$M_{SO_2} = S'_i \times 20000 \times u \quad (2)$$

gdzie:

$M_{SO_2}$  - ilość SO<sub>2</sub> powstająca w wyniku spalania 1 kg węgla [g/kg],

$Q'_i$  - wartość opałowa w stanie roboczym [MJ/kg],

$S'_i$  - siarka całkowita w stanie roboczym [%],

$u$  - ilość siarki palnej w siarce całkowitej,

20000 - współczynnik przeliczeniowy.

Siarka palna jest wyliczana z różnicy siarki całkowitej i popiołowej. Siarka popiołowa jest to ta część siarki, która po spaleniu węgla pozostaje w popiele. Jest to przeważnie siarka siarczanowa oraz część pierwotnej siarki pirytovej lub organicznej. Wydzielany w procesie spalania SO<sub>2</sub> i SO<sub>3</sub> mogą wchodzić w reakcje chemiczne z tlenkami wapnia i magnezu powstającymi przez termiczny rozkład soli tych metali, głównie węglanów tworząc siarczany wapnia i magnezu. Proces ten zachodzi w temperaturach niskich rzędu 850 - 900°C. W temperaturach wyższych ponad 1000°C siarczany ulegają rozpadowi na tlenki metali i SO<sub>3</sub>. Przy przemysłowym spalaniu węgla w wysokich temperaturach prawie cała siarka zawarta w węglu przechodzi do gazów spalinowych (można liczyć ok. 95% zawartości siarki całkowitej w węglu) [11]. Siarka popiołowa jest oznaczana według polskiej normy w temperaturze 850°C i wyliczana z niej siarka palna nie może w powyższym wzorze mieć zastosowania.

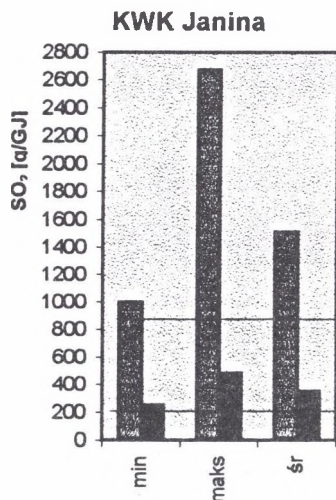


Na rysunkach 1, 2, 3, 4 oraz w tabelicy 5 przedstawiono wskaźniki potencjalnej emisji  $\text{SO}_2$ , jaka może być skutkiem utylizacji węgla z kopalń Nadwiślańskiej Spółki Węglowej. Obok emisji spowodowanej zawartością siarki całkowitej przedstawiono także przypuszczalną emisję  $\text{SO}_2$  będącą skutkiem spalania siarki związanej bezpośrednio z molekularną substancją węglową - siarki organicznej.

Tabelica 5

Wskaźniki potencjalnej emisji  $\text{SO}_2$  do atmosfery w wyniku utylizacji węgla z kopalń Nadwiślańskiej Spółki Węglowej

Warstwy stratygraficzne	Kopalnia	Wartość	Emisja $\text{S}_i'$ g/GJ	Emisja $\text{S}_o'$ g/GJ
Libiąskie	„Janina”	min	999	250
	„Janina”	max	2673	484
	„Janina”	śr	1512	352
Łaziskie	„Czeczott”	min	400	275
	„Czeczott”	max	2177	625
	„Czeczott”	śr	908	438
	„Jaworzno”	min	632	227
	„Jaworzno”	max	2173	495
	„Jaworzno”	śr	1222	314
	„Piaś”	min	515	283
	„Piaś”	max	1421	695
	„Piaś”	śr	811	419
	„Siersza”	min	463	258
	„Siersza”	max	4599	1791
	„Siersza”	śr	2440	819
	„Silesia”	min	472	182
	„Silesia”	max	789	430
	„Silesia”	śr	621	311
	„Ziemowit”	min	519	240
	„Ziemowit”	max	1310	611
	„Ziemowit”	śr	901	393
Orzeskie	„Brzeszcze”	min	558	386
	„Brzeszcze”	max	558	386
	Brzeszcze”	śr	558	386
	„Silesia”	min	473	236
	„Silesia”	max	958	502
	„Silesia”	śr	686	361
	„Ziemowit”	min	715	157
	„Ziemowit”	max	1181	184
	„Ziemowit”	śr	948	170
Załęskie	„Brzeszcze”	min	178	144
	„Brzeszcze”	max	769	395
	„Brzeszcze”	śr	402	264



Rys. 1 Minimalna, maksymalna i średnia potencjalna emisja  $\text{SO}_2$  obliczona dla węgla z pokładów libiąskich

- emisja spowodowana obecnością siarki całkowitej
- emisja spowodowana obecnością siarki organicznej

Fig. 1 Minimal, maximal and mean potential  $\text{SO}_2$  emission for coals of the „libiąskie” stratigraphic layers

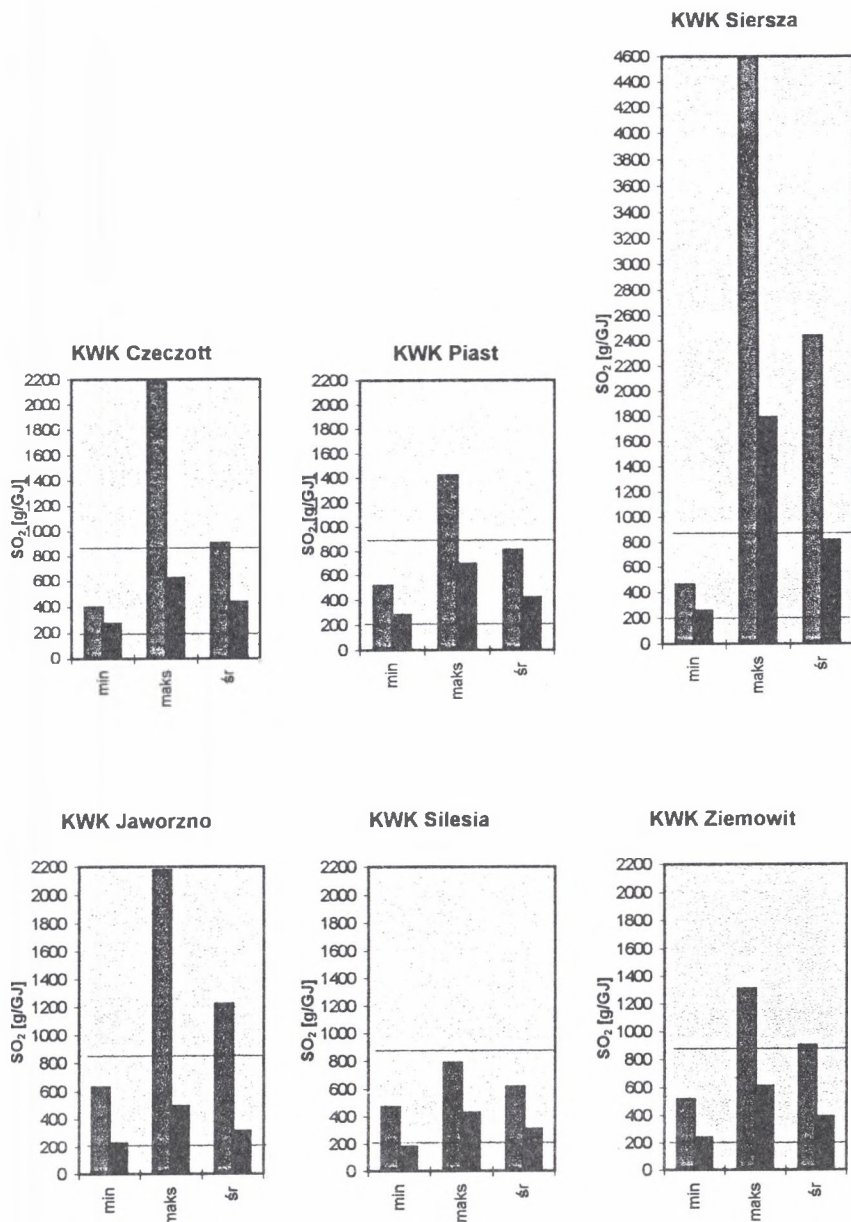
- emission caused by total sulphur content
- emission caused by organic sulphur content

Węgla z Nadwiślańskiej Spółki Węglowej są węglami stosunkowo młodymi o wysokiej zawartości siarki i niezbyt wysokiej wartości opałowej (tablica 4), czego efektem są wysokie współczynniki emisji dwutlenku siarki do atmosfery. Współczynniki emisji wyliczone zostały zgodnie z parametrami próbek węgla pokładowych, czyli ukazują właściwości tego węgla w złożu przed poddaniem go jakimkolwiek przeróbkom.

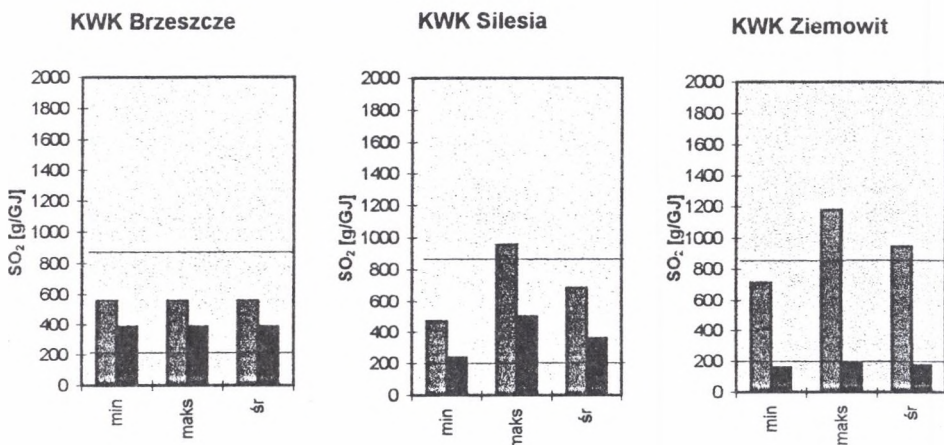
Węgla w pokładach warstw libiąskich są eksploatowane jedynie w kopalni „Janina”. Wyliczona dla tych węgla średnia emisja  $\text{SO}_2$  jest wysoka i wynosi odpowiednio dla siarki całkowitej  $S_t'$  - 1512 g/GJ, a dla siarki organicznej  $S_o'$  (będącej częścią siarki całkowitej) - 352 g/GJ.

Węgla w pokładach warstw łaziskich są eksploatowane w obrębie kopalń „Czczcott”, „Jaworzno”, „Piast”, „Siersza”, „Silesia”, „Ziemowit”. Średnie współczynniki emisji wyliczone dla siarki całkowitej zawartej w tych węglach są zróżnicowane i wahają się od 621 g/GJ (kopalnia „Silesia”) do 2440 g/GJ (kopalnia „Siersza”). Przy czym maksymalna wartość odnotowana dla kopalni „Siersza” wynosi nawet 4599 g/GJ. Średnia emisja spowodowana obecnością siarki organicznej w węglach z tych pokładów ma zbliżone wartości wynoszące ok 300-400 g/GJ i jedynie dla kopalni „Siersza” jest wyższa, sięga 819 g/GJ. Czynnikiem różni-

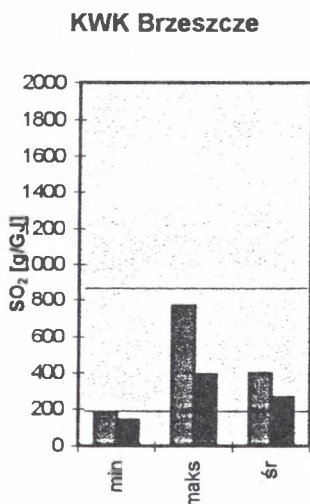
cującym emisję siarki całkowitej na skutek utylizacji tych węgla jest głównie zawartość siarki pirytowej, a w przypadku KWK „Siersza” także niższa wartość opałowa (tablica 4).



Rys. 2 Minimalna, maksymalna i średnia potencjalna emisja SO<sub>2</sub> obliczona dla węgla z pokładów łaziskich  
Fig. 2 Minimal, maximal and mean potential SO<sub>2</sub> emission for coals of the „łaziskie” stratigraphic layers



Rys. 3 Minimalna, maksymalna i średnia potencjalna emisja SO<sub>2</sub> obliczona dla węgla z pokładów orzeskich  
 Fig. 3 Minimal, maximal and mean potential SO<sub>2</sub> emission for coals of the „orzeskie” stratigraphic layers



Rys. 4 Minimalna, maksymalna i średnia potencjalna emisja SO<sub>2</sub> obliczona dla węgla z pokładów załęskich  
 Fig. 4 Minimal, maximal and mean potential SO<sub>2</sub> emission for coals of the „załęskie” stratigraphic layers

Węgla pokładów warstw orzeskich w Nadwiślańskiej Spółce Węglowej są eksploatowane na kopalniach „Brzeszcze”, „Silesia”, „Ziemowit”. W porównaniu z węglami z pokładów warstw libiąskich i łaziskich wykazują niższe średnie wartości współczynnika emisji SO<sub>2</sub> do atmosfery, które dla siarki całkowitej wahają się od 558 g/GJ (KWK „Brzeszcze”) do 948 g/GJ (KWK „Ziemowit”). Spowodowane jest to nie tylko znacznie niższą zawartością siarki w tych pokładach, ale również nieco wyższą wartością opałową.

Węgle z pokładów warstw załęskich są eksploatowane jedynie na terenie kopalni Brzeszcze. Średnie wartości współczynników emisji dla tych węgla są najniższe spośród wszystkich węgla Nadwiślańskiej Spółki Węglowej i wynoszą 402 g/GJ dla siarki całkowitej i 264 g/GJ dla siarki organicznej. Niska emisja  $\text{SO}_2$  podczas utylizacji tych węgla wynika z niskiej zawartości siarki i dość wysokiej wartości opałowej.

## 6. Emisja w świetle obowiązujących norm

Na rysunkach 1, 2, 3, 4, ukazujących emisję  $\text{SO}_2$  powstałą na skutek utylizacji węgla NSW, zaznaczono także obowiązujące obecnie dopuszczalne progi emisji dla instalacji energetycznych starych (870 g/GJ) i nowych (200 g/GJ).

Wyliczone wielkości emisji dla węgla z pokładów warstw libiąskich (rys. 1) eksploatowane w kopalni „Janina” wyraźnie przekraczają normy emisji dla instalacji starych i nawet po odsiarczeniu nowoczesnymi metodami przeróbki fizycznej, które pozwalają usunąć nawet 90% siarki pirytowej (progiem zawartości siarki po odsiarczeniu będzie zawartość siarki organicznej), węgle te nie spełnią normy emisji dla instalacji nowych.

Wyliczona potencjalna emisja  $\text{SO}_2$  do atmosfery podczas utylizacji węgla z warstw łazińskich (rys. 2) wykazuje, że węgle z kopalń „Czczcott”, „Piast”, „Jaworzno”, „Silesia” i „Ziemowit” po odsiarczeniu mogą spełnić normy emisji dla instalacji starych. Szczególnie korzystnie w świetle obowiązujących norm wypadły wartości emisji dla próbek z kopalni „Silesia”, które ukazały że węgle z tej kopalni nawet w stanie surowym wykazują emisję poniżej 870 g  $\text{SO}_2$ /GJ. Największą emisją charakteryzują się węgle z kopalni „Siersza”, które często nawet po odsiarczeniu nowoczesnymi metodami przeróbki fizycznej nie będą spełniały normy emisji dla instalacji starych.

Niższe wartości emisji  $\text{SO}_2$  wykazują węgle z pokładów warstw orzeskich (rys. 3), eksploatowane w kopalniach „Brzeszcze”, „Silesia” i „Ziemowit”. Praktycznie węgle z tych pokładów nawet w stanie surowym mogą spełniać normy emisji dla palenisk starych, a po odsiarczeniu mogą spełniać normy emisji dla palenisk nowych, jak występuje to w przypadku badanych próbek węgla z kopalni „Ziemowit”.

Eksploatację w pokładach warstw załęskich (rys. 4) w Nadwiślańskiej Spółce Węglowej prowadzi kopalnia „Brzeszcze”. W pokładach tych znajdują się węgle o niskiej zawartości

siarki i stosunkowo wysokiej wartości opałowej i dlatego nawet w stanie surowym spełniają normy emisji dla palenisk starych. Występują w tej kopalni także węgle, które nie wymagają odsiarczania, aby spełnić normy emisji dla palenisk nowych.

Lepsza jakość węgla występujących w pokładach warstw orzeskich i załęskich, a co za tym idzie, niższa emisja  $\text{SO}_2$  do atmosfery wynika nie tylko ze spadku zawartości siarki, ale także, jak to ukazuje tablica 4, jest wynikiem wzrostu uwęglenia i wartości opałowej.

## LITERATURA

1. Sablik J, Wawrzynkiewicz W.: Siarka organiczna w węglach pokładów GZW. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, Wydawnictwo CPPGSMiE PAN, t. 13, s. 49-65, Kraków 1997.
2. Sztaba K.: Koncepcje technologiczne wzbogacania miałów węglowych z uwzględnieniem możliwości wydzielania koncentratu pirytowego. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* t. 8, z. 1, Kraków 1992.
3. Mokrzycki E.: Technologia czystego węgla na etapie przeróbki i przygotowania węgla do procesu użytkowania. *Studia i Rozprawy 35*, Wydawnictwo CPPGSMiE PAN, Kraków 1994.
4. Anastasi J, McClanathan L.C., Meyers R.A., Shing C.C., Turner W.B.: Molten Caustic (Gravimelt Process) Integrated Test Circuit Operation Results. *Processing and Utilization of High-Sulfur Coals III*, Ed. By Markuszewski R. and Wheelock T.D., Elsevier, Amsterdam 1990, s. 371-377.
5. Abdul Ali, Sunil Sriwastava, Reznal Haque, Chemical desulpharization of high coals, *Fuel*, July, 1992 .
6. Gutermann A., Beyer M., Belar E., Klein J.: Investigations into the suitability of various coal types for microbial depyrization. *Aufbereitungs -Technik* nr1, 1990.
7. Mokrzycki E. Lorenz U., Węgiel kamienny dla energetyki zawodowej - prognozowana jakość a wymagania ekologiczne użytkownika. *Materiały IX Konferencji: Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej*. Kraków 1995, s.143-150.
8. *Coal Information 1992*. IEA-OECD. Paris 1992.

9. Załącznik nr 2 do rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, 12 luty, Warszawa 1990.
10. Gostymczyk M.A., Lemański J., Majchrzycki K.: Koszty ograniczenia emisji SO<sub>2</sub>. Sympozjum: Ograniczenie zanieczyszczeń z urządzeń energetycznych, Poznań 1995.
11. Chmura A., Nowak Z., Romańczyk E.: Ocena emisji siarki w wyniku użytkowania węgla kamiennych. Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa 1990.

### Abstract

Steam coals of the Vistula river Coal Area (NSW) from beds „libiąskie”, „łaziskie”, „orzესkie” and „załęskie” stratigraphic layers have a relative high total and organic sulphur content. In some cases the total sulphur content is bigger than 3% and the organic sulphur content is bigger than 1%.

Modern coal upgrading technologies allow to remove up to 70% - 90% of pyritic sulphur from steam coal. Organic sulphur being bound chemically in macromolecules of coal mater can not removed by physical methods and is therefore a difficult barrier to overcome in clean coal production.

Total and organic sulphur content in steam coals of particular NSW coal mines were investigated and the potential SO<sub>2</sub> emission into atmosphere caused by these coals utilisation in power plants were calculated. The highest SO<sub>2</sub> emission coefficient values for total and organic sulphur were  $E_t^f = 2440$  g/GJ and  $E_o^f = 819$  g/GJ respectively. These values were characteristic first of all for the „Siersza” mine coal. The potential SO<sub>2</sub> emission resulting from utilization of this coal can be higher then the permitted by the standard even after desulphurisation of coal by preparation.

The smallest potential SO<sub>2</sub> emission into atmosphere was found for coal of the „załęskie” stratigraphic layer mind in „Brzeszcze” coal mine and the calculated emission coefficient values were  $E_t^f = 402$  g/GJ and  $E_o^f = 264$  g/GJ. In this case desulphurisation of coal is often not necessary.