

STANISŁAW KIRSEK, JOANNA STUDENCKA\*

STANDARDY EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ DO POWIETRZA  
Z PROCESÓW ENERGETYCZNEGO SPALANIA PALIW –  
– ANALIZA ZMIAN

THE STANDARDS OF AIR POLLUTION EMISSION  
FROM THE FUELS COMBUSTION –  
– CHANGES ANALYSIS

Streszczenie

W artykule przedstawiono rozporządzenia dotyczące standardów emisji zanieczyszczeń wprowadzanych do powietrza w kontekście energetycznego spalania paliw stałych. Szczegółowo omówiono aktualnie obowiązujące w tym zakresie Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2005 r. Rozporządzenie to analizowano pod kątem obniżenia standardów emisji SO<sub>2</sub> dla źródeł istniejących oddanych do użytku przed dniem 29 marca 1990 r.

*Słowa kluczowe: emisja, standardy emisji*

Abstract

The article presents the government orders concerning the standards of air pollution emission from the combustion of solid fuels. The main emphasis is put on Polish State Environmental Regulation introduced on 20<sup>th</sup> December 2005 by Polish Ministry of Environment.

*Keywords: emission, the standards emission*

\* Dr Stanisław Kirsek, mgr inż. Joanna Studencka, Instytut Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Krakowska.

## 1. Wstęp

Pierwszym rozporządzeniem określającym standardy emisji było Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 12 lutego 1990 r. *w sprawie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniem*. W rozporządzeniu tym w pierwszej kolejności przedstawiono dopuszczalne stężenia substancji zanieczyszczających powietrze (Załącznik nr 1), następnie omówiono sprawy związane z uzyskaniem decyzji o dopuszczalnej emisji, a dopiero trzecią kwestią były wprowadzane do powietrza dopuszczalne ilości SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> i pyłu powstające w procesie energetycznego spalania paliw (Załącznik nr 2).

Jednostką standardu emisji w tym wypadku było [g/GJ] – czyli ilość substancji emitowanej przypadająca na GJ energii chemicznej wprowadzanej do kotła. Zastosowana jednostka była jednoznaczna, ale bardzo skomplikowana i czasochłonna w pomiarze. Rozporządzenie to określało bieżące standardy emisji oraz ustalało datę zaostrzenia standardów emisji, czyli wyznaczało okres dostosowawczy dla użytkowników instalacji.

W dniu 8 września 1998 r. Minister OŚZNiL ogłosił nowe rozporządzenie *w sprawie wprowadzania do powietrza substancji zanieczyszczających z procesów technologicznych i operacji technicznych*. Jest to pierwsze rozporządzenie dotyczące tylko i wyłącznie standardów emisji. Pomimo że tytuł sugeruje szeroki zakres zastosowania, rozporządzenie odnosiło się jedynie do spalania paliw w procesach energetycznych. W tym wypadku wprowadzono po raz pierwszy nową jednostkę standardu emisji [mg/m<sup>3</sup>] suchych gazów odlotowych o temperaturze 273 K i ciśnieniu 1013 hPa przy normowanej ilości tlenu w spalinach. Dla spalin ze spalania drewna wynosiła ona 11%, dla pozostałych paliw stałych – 6%, a dla paliw ciekłych i gazowych – 3%. W rozporządzeniu tym standaryzacja objęto nową substancję, którą był tlenek węgla, CO.

Przedstawione standardy emisyjne dotyczyły źródeł o mocy cieplnej powyżej:

- a) 0,5 MW<sub>t</sub> opalanych węglem i olejem,
- b) 1,0 MW<sub>t</sub> opalanych koksem, gazem, drewnem.

Jednocześnie wyjaśniono, co oznacza pojęcie „moc cieplna” określana w [MW<sub>t</sub>]. Jest to ilość energii cieplnej (energii chemicznej) wprowadzanej w paliwie do źródła w jednostce czasu przy jego nominalnym obciążeniu.

Narzucony tym rozporządzeniem standard emisji CO w wypadku spalania węgla kamiennego wynoszący 250 mg/m<sup>3</sup> był bardzo niski i praktycznie niemożliwy do dotrzymania.

W 2001 roku Minister Środowiska, już po uchwaleniu ustawy „Prawo ochrony środowiska”, wydał w dniu 30 lipca nowe rozporządzenie *w sprawie wprowadzania do powietrza substancji zanieczyszczających procesów technologicznych operacji technicznych*. Jak wynika z samego tytułu rozporządzenia, jest to kontynuacja rozporządzenia z dnia 8 września 1998 r.

Dla procesów spalania paliw zmieniono zasadniczo wartości standardów emisji CO. W wypadku źródeł opalanych węglem kamiennym, do użytkowania których przystąpiono przed dniem 29 marca 1990 r., wahają się one od dotychczasowych 250 mg/m<sup>3</sup> dla kotłów dużych do 2500 mg/m<sup>3</sup> dla kotłów małych, a zatem dla małych jednostek kotłowych standard powiększono aż 10-krotnie.

Z dniem 4 sierpnia 2003 r. ustanowiono nowe Rozporządzenie Ministra Środowiska *w sprawie standardów emisji z instalacji*. Istotną zmianą w stosunku do wcześniej obo-

wiążące rozporządzenia jest to, że w wypadku energetycznego spalania paliw zrezygnowano ze standaryzacji emisji tlenu węgla.

Aktualnie obowiązujące Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów emisji z instalacji zostało wydane w dniu 20 grudnia 2005 r. (Dz. U. 2005 Nr 260, poz. 2181).

## **2. Obowiązujące rozporządzenie w sprawie standardów emisyjnych z instalacji, tj. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2005 r.**

Rozporządzenie z dnia 20 grudnia 2005 r. nie wprowadza żadnych istotnych zmian odnośnie do energetycznego spalania paliw, uaktualnia jedynie poprzedni dokument, usuwając z niego adnotacje nieaktualne dotyczące źródeł przeznaczonych do likwidacji przed końcem 2005 r. oraz uszczegóławia standardy emisji pyłu ze spalania biomasy o nowe przedziały w zależności od nominalnej mocy cieplnej źródła. Stosowane jest w nim znane z wcześniejszych rozporządzeń pojęcie mocy cieplnej ( $MW_t$ ), ale oznaczane jako MW.

W rozporządzeniu tym zostały określone m.in.:

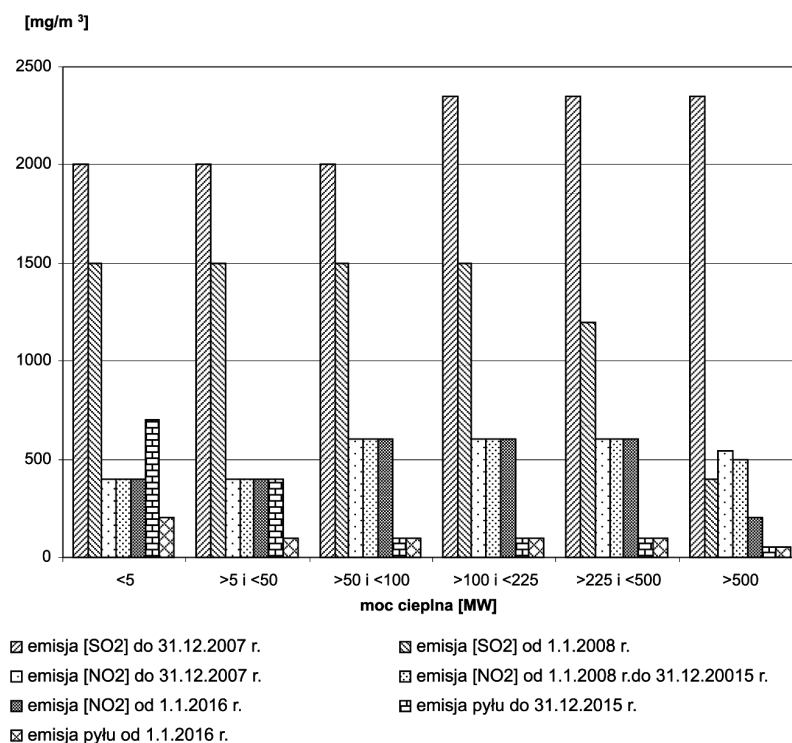
- standardy emisji z instalacji w zakresie wprowadzania gazów lub pyłów do powietrza zróżnicowane w zależności od rodzaju działalności, technologii lub operacji technicznej oraz terminu oddania instalacji do eksploatacji,
- sytuacje uzasadniające przejściowe odstępstwa od standardów oraz granice odstępstw,
- warunki uznawania standardów za dotrzymane,
- wymagania w zakresie stosowania określonych rozwiązań technicznych zapewniających ograniczenie emisji,
- sposoby postępowania w razie zakłóceń w procesach technologicznych i operacjach technicznych dotyczących eksploatacji instalacji lub urządzenia,
- rodzaje zakłóceń, gdy wymagane jest wstrzymanie użytkowania instalacji lub urządzenia,
- środki zaradcze, jakie powinni podjąć prowadzący instalację lub użytkownik urządzenia,
- przypadki, w których prowadzący instalację lub użytkownik urządzenia powinni poinformować o zakłóceniach wojewódzkiego inspektora ochrony środowiska, termin, w jakim informacja ta powinna zostać złożona oraz jej wymagana forma.

Najistotniejszą częścią rozporządzenia jest 11 załączników. Załączniki te standaryzują w wypadku energetycznego spalania paliw emisję dwutlenku siarki, tlenków azotu w przeliczeniu na dwutlenek azotu i pyłu. Stosowaną jednostką emisji jest  $[mg/m^3]$  spalin suchych (zawartość pary wodnej nie większa niż 5 g/kg gazów odlotowych) w warunkach umownych przy określonym stężeniu tlenu. W wypadku paliw stałych (węgiel kamienny, węgiel brunatny, koks, biomasa) normatywna zawartość tlenu w gazach odlotowych wynosi 6%, natomiast normatywne stężenie tlenu w spalinach powstałych ze spalania paliw gazowych i ciekłych wynosi 3%.

W załącznikach 1–4 określono standardy emisji z energetycznego spalania paliw. Zróżnicowanie poszczególnych załączników wynika jedynie z terminu oddania instalacji do eksploatacji.

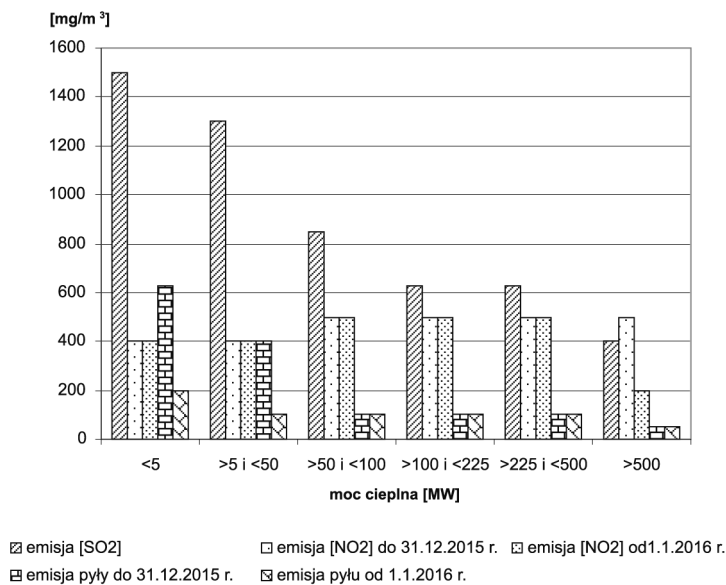
- Załącznik nr 1. Standardy emisyjne ze źródeł istniejących, czyli takich, dla których pierwsze pozwolenie na budowę lub odpowiednik tego pozwolenia wydano przed dniem 1 lipca 1987 r. Zestawienie graficzne standardów emisji dla Załącznika nr 1 (źródła istniejące) przedstawiono na rys. 1 i 2.

- Załącznik nr 2. Standardy emisyjne ze źródeł nowych, dla których wnioski o wydanie pozwolenia na budowę złożono przed dniem 27 listopada 2002 r., jeżeli źródła zostaną oddane do użytkowania nie później niż do dnia 27 listopada 2003 r.
- Załącznik nr 3. Standardy emisyjne ze źródeł nowych, dla których wnioski o wydanie pozwolenia na budowę złożono po dniu 26 listopada 2002 r. lub które zostały oddane do użytkowania po dniu 27 listopada 2003 r., z turbin gazowych, dla których decyzję o pozwoleniu na budowę wydano po 30 czerwca 2002 r. lub które zostały oddane do użytkowania po dniu 27 listopada 2003 r., oraz ze źródeł istotnie zmienionych po dniu 27 listopada 2003 r. Zestawienie graficzne standardów emisji dla Załącznika nr 3 (źródła nowe) przedstawiono na rys. 3.
- Załącznik nr 4. Standardy emisyjne ze źródeł istniejących, które oddano do użytkowania przed dniem 29 marca 1990 r., dla których prowadzący takie źródła zobowiązali się w pisemnej deklaracji złożonej właściwemu organowi ochrony środowiska do dnia 30 czerwca 2004 r., że źródło będzie użytkowane nie dłużej niż do dnia 31 grudnia 2015 r., a czas jego użytkowania w okresie od dnia 1 stycznia 2008 r. do dnia 31 grudnia 2015 r. nie przekroczy 20 000 godzin, obowiązujące w tym okresie.



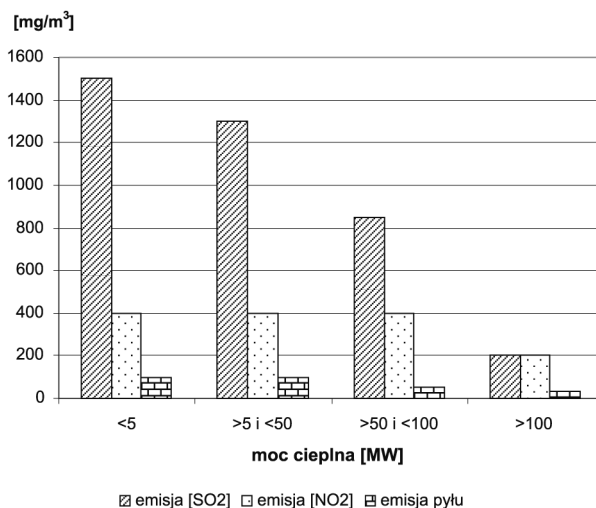
Rys. 1. Standardy emisji z rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2005 r. dla źródeł istniejących oddanych do użytku przed dniem 29 marca 1990 r. wg Załącznika nr 1 dotyczące spalania węgla kamiennego

Fig. 1. Coal combustion emission standards – Regulation of Environment Ministry of Poland from 20.12.2005 for existing sources given back to the use before 29.03.1990; Annex 1



Rys. 2. Standardy emisji z rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2005 r. dla źródeł istniejących oddanych do użytku po dniu 28 marca 1990 r. wg Załącznika nr 1 dotyczące spalania węgla kamiennego

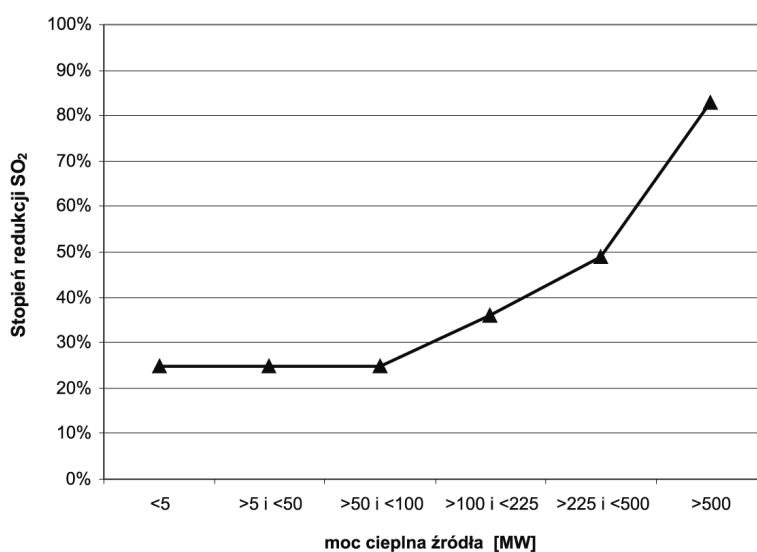
Fig. 2. Coal combustion emission standards – Regulation of Environment Ministry of Poland from 20.12.2005 for existing sources given back to the use after 28.03.1990; Annex 1



Rys. 3. Standardy emisji z rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2005 r. dla źródeł nowych wg Załącznika nr 3 dotyczące spalania węgla kamiennego

Fig. 3. Coal combustion emission standards – Regulation of Environment Ministry of Poland from 20.12.2005 for new sources; Annex 3

Na rysunku 4 przedstawiono procentowe zaostrenie standardów emisji  $\text{SO}_2$  dla źródeł istniejących o mocy cieplnej od 5 do 500 MW. Zauważyć można, że ustawodawca najbardziej restrykcyjnie potraktował źródła o mocy cieplnej od 100 do 500 MW, obniżając standardy emisji  $\text{SO}_2$  – odpowiednio – od 36 do 83%. Spełnienie tych ograniczeń wiąże się z koniecznością zastosowania instalacji odsiarczania lub zmiany paliwa z węgla kamiennego na gazowe. W myśl rozporządzenia źródła o mocy cieplnej od 5 do 100 MW muszą obniżyć dotychczasową emisję  $\text{SO}_2$  o 25%, co uzyskać mogą przez zmianę węgla na mniej zasiarczone lub bardziej kaloryczne paliwo.



Rys. 4. Obniżenie standardów emisji  $\text{SO}_2$  dla źródeł istniejących oddanych do użytku przed dniem 29 marca 1990 r. wg rozporządzenia z dnia 20 grudnia 2005 r.

Fig. 4. Reduction of  $\text{SO}_2$  emission standards for existing sources given back to the use before 29.03.1990 according to the Regulation of Environment Ministry of Poland from 20.12.2005

### 3. Wpływ parametrów paliwa na wielkość emisji $\text{SO}_2$

Rynek paliwowy oferuje węgiel kamienny o zawartości siarki od 0,3 do 1,5% oraz wartości opałowej od 16,7 do 29,3 MJ/kg. Dla węgla kamiennego o takich parametrach obliczono stężenia  $\text{SO}_2$  podczas spalania całkowitego i zupełnego, wyrażone dla spalin suchych w warunkach normalnych przy 6% zawartości tlenu w spalinach. Znając skład paliwa stałego, wyznaczono  $V_{ss}^t$  – teoretyczną objętość spalin suchych przy  $\lambda = 1 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $V_p^t$  – teoretyczne zapotrzebowanie powietrza do spalania danego paliwa  $\text{m}^3/\text{kg}$  oraz  $V_s$  – rzeczywistą objętość spalin  $[\text{m}^3/\text{kg}]$ .

$$V_{ss}^t = 0,01866 (C^r + 0,375 S^r) + 0,79 V_p^t + 0,8 \frac{N^r}{100} \quad (1)$$

gdzie:

- $C^r$  – zawartość pierwiastka węgla [%],
- $S^r$  – zawartość siarki [%],
- $N^r$  – zawartość azotu [%].

$$V_p^t = 0,0889(C^r + 0,375 S^r) + 0,265 H^r - 0,0333 O^r \quad (2)$$

gdzie:

- $H^r$  – zawartość wodoru [%],
- $O^r$  – zawartość tlenu [%].

$$V_s = V_{ss}^t \frac{21 - O_p}{21 - O_k} \quad (3)$$

gdzie:

- $O_p$  – początkowa zawartość tlenu w spalinach [%],
- $O_k$  – końcowa zawartość tlenu w spalinach [%].

**Przykład.** Dla węgla kamiennego o składzie chemicznym:  $C^r = 76\%$ ,  $S^r = 0,8\%$ ,  $O^r = 11\%$ ,  $N^r = 0,9\%$ ,  $H^r = 3\%$ , z 1 tony paliwa otrzymano 16 kg  $SO_2$ ,  $V_{ss}^t = 5,77 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $V_p^t = 7,29 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $V_s = 8,08 \text{ m}^3/\text{kg}$ , stężenie  $SO_2 = 1979 \text{ mg/m}^3$ .

Wyniki analogicznych obliczeń dla różnych mocy cieplnych źródła w warunkach odpowiadających standardom emisyjnym przedstawiono na rys. 5 i 6. Oś  $y$  pokazuje wartości emisji  $SO_2$  w  $[\text{mg}/\text{m}^3]$ , zaś oś  $x$  ukazuje wielkość zasilania paliwa, natomiast poszczególne proste odpowiadają różnym wartościom opałowym węgla.

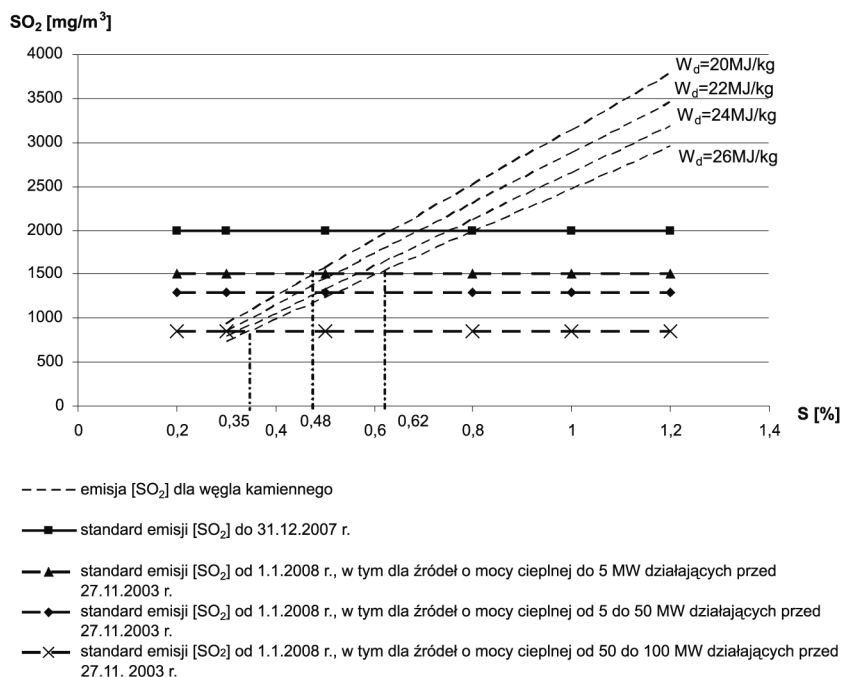
Na rysunku 5 przedstawiono standardy emisji  $SO_2$  dla źródeł o mocy cieplnej od 5 do 100 MW oddanych do użytku przed dniem 29 marca 1990 r. (Załącznik nr 1). Szczegółowej analizie poddano standardy emisji ze źródeł o mocy cieplnej od 5 do 100 MW ze względu na duże znaczenie lokalne tych źródeł.

Na rysunku 5 pokazano m.in., że dla źródeł o mocy cieplnej do 5 MW działających przed dniem 27 listopada 2003 r. po zaostrzeniu standardów emisji  $SO_2$  od 1 stycznia 2008 r., aby mogły one je spełnić bez instalacji odsiarczania, to przy spalaniu węgla kamiennego o wartości opałowej 20 MJ/kg zasilanie paliwa nie może być większe niż 0,48%. Użytkownik ma również do swojej dyspozycji inne rozwiązanie polegające na tym, że w wypadku pozostania przy paliwie o tej samej zawartości siarki, aby spełnić nowe zaostrzone standardy emisyjne, musi zastosować paliwo o większej wartości opałowej. Analogicznie, dla wartości opałowej równej 26 MJ/kg zasilanie węgla kamiennego do 0,62% gwarantuje dla tych źródeł spełnienie wymaganych standardów emisji  $SO_2$ .

Jednocześnie na rysunku 5 pokazano również, że dla źródeł o mocy cieplnej od 50 do 100 MW działających przed dniem 27 listopada 2003 r. spełnienie wymaganych standardów emisji  $SO_2$  ze względu na dostępny na rynku paliwowym asortyment węgla kamiennego bez instalacji odsiarczania spalin jest bardzo trudne. Jedynie korzystając z węgla kamiennego o wartości opałowej większej od 22 MJ/kg przy jednoczesnym zasilaniu do 0,35%, źródła te spełniałyby wymagania rozporządzenia o standardach emisyjnych. Alternatywą do spełnienia nowych standardów dla źródeł od 50 do 100 MW jest zmiana paliwa z węgla kamiennego na paliwo gazowe.

Na rysunku 6 przedstawiono emisję  $\text{SO}_2$  ze spalania całkowitego i zupełnego węgla kamiennego o różnej wartości opałowej oraz zamieszczono standardy emisji  $\text{SO}_2$  dla źródeł o mocy cieplnej od 5 do 100 MW oddanych do użytku po dniu 28 marca 1990 r.

Na podstawie rysunków 5 i 6 można oszacować efekty emisyjne wynikające ze zmiany takich parametrów paliwa, jak wartość opałowa i zawartość siarki. Jednocześnie na podstawie tych wykresów można określić również, czy zmiana parametrów paliwa wystarczy do spełnienia nowych standardów emisji, które będą obowiązywać od dnia 1 stycznia 2008 r.



Rys. 5. Emisja  $\text{SO}_2$  ze spalania węgla kamiennego oraz standardy emisji dla źródeł o mocy cieplnej od 5 do 100 MW, oddanych do użytku przed dniem 29 marca 1990 r.

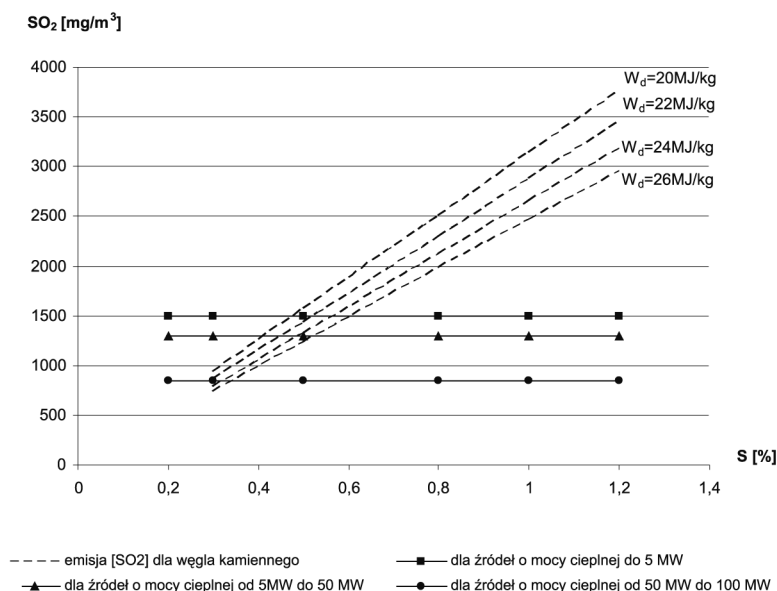
Fig. 5. Emission and standards emission  $\text{SO}_2$  from coal combustion for heating power sources from 5 to 100 MW given back to the use before 29.03.1990

#### 4. Wnioski

1. Obowiązujące Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów emisji z instalacji z dnia 20 grudnia 2005 r. najbardziej restrykcyjnie co do obniżenia emisji  $\text{SO}_2$  z dniem 1 stycznia 2008 r. dotyczy źródeł o mocy cieplnej powyżej 100 MW. Wymusza to konieczność stosowania oczyszczania spalin pochodzących z dużych jednostek kotłowych lub wykorzystanie paliw alternatywnych o niskiej zawartości siarki. Paliwa alternatywne mogą być spalane samodzielnie lub w mieszance z węglem kamiennym.



2. Użytkownicy źródeł o mocy cieplnej do 50 MW mogą osiągnąć obniżenie emisji  $\text{SO}_2$  gwarantujące spełnienie aktualnych standardów emisji przez zmianę parametrów paliwa, takich jak wartość opałowa i zawartość siarki. Rozwiązanie to powinno być tańsze od budowy instalacji odsiarczania spalin i stosowania dotychczasowego paliwa.
3. Dla źródeł o mocy cieplnej powyżej 50 MW do spełnienia standardów emisji  $\text{SO}_2$  konieczna jest instalacja odsiarczania spalin, której minimalna sprawność jest uzależniona od mocy cieplnej źródła (dla kotła o mocy 50 MW wynosi 25%, a dla kotła 500 MW – 83%).
4. Kwestia standardów emisyjnych ulegnie poważnym zmianom z chwilą wprowadzenia nowej definicji źródła emisji zgodnie z Dyrektywą 2001/80/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2001 r. w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dużych źródeł spalania paliw („dyrektywa LCP”).



Rys. 6. Emisja  $\text{SO}_2$  ze spalania węgla kamiennego oraz standardy emisji dla źródeł o mocy cieplnej od 5 do 100 MW, oddanych do użytku po dniu 28 marca 1990 r.

Fig. 6. Emission and standards emission  $\text{SO}_2$  from coal combustion for heating power sources from 5 to 100 MW given back to the use after 28.03.1990

#### Literatura

- [1] Rozporządzenie MOŚZNiL z dnia 12 lutego 1990 r. w sprawie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniem.
- [2] Rozporządzenie MOŚZNiL z dnia 8 września 1998 r. w sprawie wprowadzania do powietrza substancji zanieczyszczających z procesów technologicznych i operacji technicznych.

- [3] Rozporządzenie MŚ z dnia 30 lipca 2001 r. w sprawie wprowadzania do powietrza substancji zanieczyszczających procesów technologicznych operacji technicznych.
- [4] Rozporządzenie MŚ z dnia 4 sierpnia 2003 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji.
- [5] Rozporządzenie MŚ z dnia 20 grudnia 2005 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji.
- [7] Informacje Katowickiego Holdingu Węglowego: <http://www.khw.pl>.
- [8] Dyrektywa 2001/80/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2001 r. w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dużych źródeł spalania paliw.
- [9] *Pomiary cieplne*, cz. II, praca zbiorowa pod red. K u l e s z a J., WNT, Warszawa 1993.