

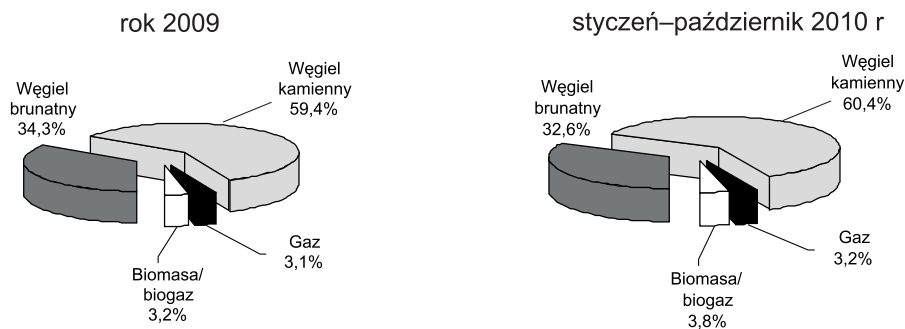
ZBIGNIEW GRUDZIŃSKI*

Wpływ opłat środowiskowych wynikających z parametrów jakościowych węgla na koszty produkcji energii elektrycznej

Wprowadzenie

Polska jest jednym z nielicznych krajów, w których wytwarzanie energii elektrycznej bazuje niemal wyłącznie na paliwach stałych.

W okresie 10 miesięcy 2010 r. dwa podstawowe paliwa, czyli węgiel kamienny i węgiel brunatny, miały łącznie udział 93%, udział gazu ziemnego wyniósł 3,2%, a biomasy i biogazu łącznie 3,8%. Na rysunku 1 przedstawiono strukturę zużycia paliw podstawowych



Rys. 1. Struktura zużycia paliw podstawowych w elektroenergetyce zawodowej w 2009 r oraz w okresie styczeń–październik 2010 r.

Źródło: ARE – Informacja statystyczna...

Fig. 1. Fuel-mix of the public power plants, 2009, January–October 2010

* Dr inż., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków;
e-mail: zg@min-pan.krakow.pl

w elektroenergetyce zawodowej w 2009 r. oraz w okresie styczeń–październik 2010 r. Stan ten wynika z faktu zasobności naszego kraju w te paliwa i posiadania infrastruktury wytwórczej oraz braku znaczących ilości innych nośników energii. Struktura wytwarzania energii elektrycznej w niewielkim stopniu zmieniła się w ostatnich latach (Praca zbiorowa 2010; Grudziński 2010).

W krajowym systemie elektroenergetycznym pracuje około 50 elektrowni i elektrociepłowni zawodowych, zużywających około 40–42 mln t węgla kamiennego (głównie miałów energetycznych).

Poniżej przedstawiono udziały poszczególnych grup elektrowni w produkcji energii elektrycznej.

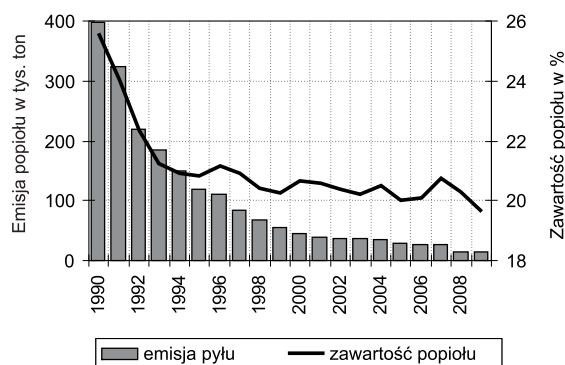
		rok 2009	10 miesięcy 2010
1.	Elektrownie na węglu kamiennym	43,1%	45,4%
2.	Elektrownie na węglu brunatnym	33,6%	32,3%
3.	Ec. zawodowe	14,3%	13,5%
4.	Elektrownie przemysłowe ciepłne	3,9%	4,1%
5.	Elektrownie wodne	2,0%	2,3%
6.	OZE	1,3%	1,7%
7.	Ec. niezależne ciepłne	1,8%	1,5%

Źródło: ARE – Informacja statystyczna...

Wytwarzanie energii elektrycznej w konwencjonalnej elektrowni to proces przekształcania jednej energii w inną. Na koszt wytwarzania energii elektrycznej z węgla wpływają koszty powstające na każdym etapie operacji czy procesu technologicznego: od pozyskania paliwa do przekazania do sieci.

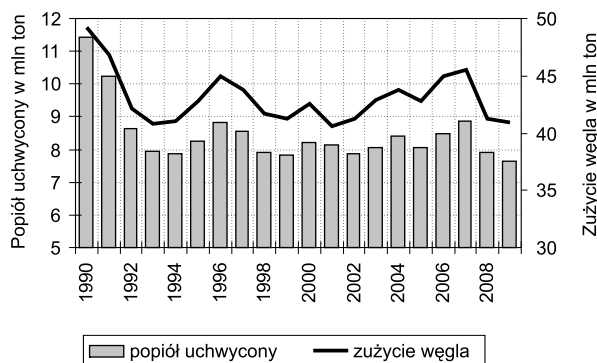
W całkowitym koszcie wytwarzania energii elektrycznej w procesie energetycznym spalania paliwa można wyodrębnić grupę kosztów, zależną od jakości paliwa i zmieniającą się wraz ze zmianą jakości paliwa (tę grupę kosztów określa się mianem kosztów zmiennych energii) oraz grupę kosztów w zdecydowany sposób mniej zależnych od jakości paliwa (są to tzw. koszty stałe, zwane też kosztami mocy). W grupie kosztów zmiennych 80–85% największych pozycji stanowi koszt paliwa; pozostałe pozycje kalkulacyjne to koszty gospodarczego korzystania ze środowiska oraz koszt transportu węgla do elektrowni (Lorenz 1999; Radovic 1997; Ligęza 1995; Sobota 1994).

Opłaty środowiskowe to problem związany przede wszystkim z kosztami wynikającymi z emisji SO_2 , NO_2 , CO , CO_2 oraz pyłów i składowania odpadów. W tabeli 1 przedstawiono kształtowanie się emisji gazów i pyłów w elektrowniach opalanych węglem kamiennym w latach 1990–2009. Modernizacje prowadzone od wielu lat w elektrowniach doprowadziły do znaczącego obniżenia emisji, zwłaszcza popiołu i SO_2 (rys. 2–4). W latach 1990–2009 dzięki zastosowaniu wysokowydajnych urządzeń odpylających redukcja emisji popiołu wyniosła prawie 97,5%, w przypadku SO_2 redukcja emisji w 2009 roku w stosunku do roku 1990 wyniosła 76%.



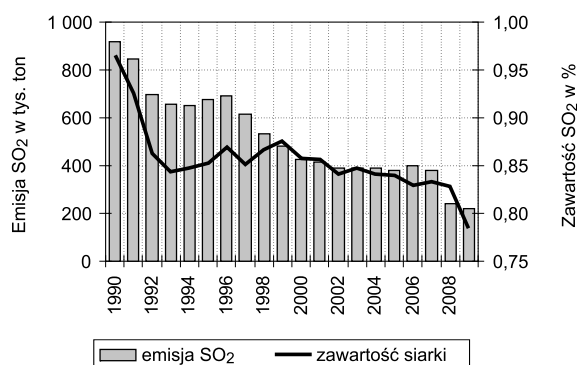
Rys. 2. Emisja popiołu z węgla kamiennego w energetyce zawodowej
 Źródło: opracowanie własne na podstawie – ARE Emitter...

Fig. 2. PM emissions of hard-coal based power plants



Rys. 3. Uchwylenie popiołu z węgla kamiennego w energetyce zawodowej na tle zużycia węgla
 Źródło: opracowanie własne na podstawie – Emitter...

Fig. 3. PM capture and hard-coal consumption of the hard coal-based public power sektor



Rys. 4. Emisja SO₂ z węgla kamiennego w energetyce zawodowej
 Źródło: opracowanie własne na podstawie – ARE Emitter...

Fig. 4. SO₂ emissions of hard-coal based power plants

TABELA 1

Emisja z węgla kamiennego w energetyce zawodowej

TABLE 1

Emissions of hard coal-based public power plants

Rok	Popiół	Popiół uchwycony	SO ₂	NO ₂	CO	CO ₂
	tys. ton	mln ton	tys. ton	tys. ton	tys. ton	mln ton
1990	397	11,4	920		17	92,1
1995	120	8,2	676	293	17	80,5
2000	46	8,2	426	170	20	85,6
2005	29	8,0	378	166	20	87,0
2009	14	7,6	221	157	21	87,3
Zmiana 2009/1990	3,5%	66,8%	24,0%	53,7%	128,8%	94,8%

Źródło: opracowanie własne na podstawie – ARE Emitter...

1. Zależność między parametrami jakościowymi węgla a kosztami wytworzenia energii elektrycznej

W przeprowadzonych poniżej obliczeniach przeprowadzono symulację, badającą zależność zmian parametrów jakościowych węgla od zmian kosztów wytwarzania energii elektrycznej, a wynikającą ze zmian opłat związanych z gospodarczym korzystaniem ze środowiska.

W obliczeniach założono, że dla przyjętych parametrów jakościowych spalane węgiel nie będą przekraczane obowiązujące limity emisji dla spalania w dużych kotłach w roku 2010, czyli:

- dla SO₂ – 400 mg/Nm³,
- dla pyłów – 50 mg/Nm³,
- dla NO₂ – 400 mg/Nm³.

Uzyskanie emisji SO₂ na poziomie 400 mg/Nm³ nie jest możliwe bez zastosowania technologii redukcji tej emisji (odsiarczania spalin). W przypadkach pyłów konieczne jest zastosowanie wysoko sprawnych urządzeń odpylających. Dla emisji tlenków azotu przyjmuje się, że limit może być osiągnięty poprzez odpowiednie prowadzenie procesu spalania.

W tej analizie założono, że koszty związane z emisją są tylko związane z opłatami za emisje, a elektrownia posiada darmowe limity emisji CO₂ i nie musi kupować praw do emisji na rynku.

W obliczeniach zastosowano stawki opłat za emisje oraz za składowanie odpadów ze spalania węgla w wysokościach obowiązujących w 2010 roku:

Emisje	Jednostka	2010
Pył	zł/kg	0,32
SO ₂	zł/kg	0,48
NO ₂	zł/kg	0,48
CO	zł/kg	0,11
CO ₂	zł/tonę	0,26
Składowanie odpadów	zł/tonę	15,87

Do określania emisji tlenków azotu oraz tlenków węgla zazwyczaj wykorzystuje się określone empirycznie wskaźniki. Do obliczeń przyjęto następujące wartości:

Emisja	Wskaźnik
NO ₂	148 g/GJ ¹⁾
CO ₂	94,42 kg/GJ ²⁾
CO	10 g/GJ ²⁾

1) Wartość odpowiadająca limitowi 400 mg/Nm³

2) Dla węgla kamiennego spalane w elektrowniach zawodowych – według danych Krajowego Centrum Inwentaryzacji Emisji (Wartości opałowe i wskaźniki emisji w roku 2007 – do wykorzystania w raportach do handlu emisjami za rok 2010)

Jak już wspomniano w kosztach ekologicznych ze spalania węgla uwzględniono koszty emisji gazowych i pyłowych oraz koszty składowania odpadów stałych. Koszty emisji zanieczyszczeń gazowych zależą od ilości emitowanych substancji oraz jednostkowych stawek opłat.

Spalanie węgla o określonej zawartości popiołu powoduje nie tylko emisję pyłów, ale również powstawanie odpadów stałych, proporcjonalnie do zawartości popiołu w węglu i w zależności od skuteczności odpylania spalin. Przy określaniu skutków finansowych wynikających z zawartości popiołu obliczono więc poza kosztami emisji pyłowej także koszty składowania wytworzonych odpadów stałych (popiołów lotnych i żużli). Koszty te określono na podstawie obowiązującej stawki opłaty z uwzględnieniem oszacowanego kosztu powiększenia składowiska (przyjmowanego zazwyczaj w wysokości stawki opłaty podstawowej) (Lorenz, Grudziński 2006; Grudziński 1999).

Wykonano również oszacowanie kosztów eksploatacyjnych dla przypadku zastosowania odsiarczania spalin. Koszt redukcji emisji siarkowej oszacowano w następujący sposób:

- dla wyliczonego koniecznego stopnia odsiarczania (dla danej pary parametrów S i Q) obliczono zapotrzebowanie na sorbent wapniowy (mielony kamień wapienny) o czystości 95% (przyjmując molowy stosunek Ca/S = 2 – tzw. współczynnik nadmiaru),
- koszty takiego sorbentu oszacowano na 120 zł/tonę zakładając, że ta wielkość uwzględnia koszty dostarczenia go do odbiorcy,

— założono, że produkt odsiarczania jest odpadem, podlegającym składowaniu – koszt składowania oszacowano w taki sam sposób, jak dla odpadów ze spalania (czyli w wysokości dwukrotnej stawki opłaty podstawowej).

Dla oszacowania pozostałych emisji gazowych – tlenków węgla i azotu – wykorzystano wskaźniki przytoczone wyżej. Wskaźniki te podają emisję w odniesieniu do jednostki energii chemicznej paliwa [g/GJ], a więc mają wartość stałą, charakterystyczną dla danego paliwa i typu paleniska. Stałe te będą koszty tych emisji obciążających jednostkę energii (zarówno energii chemicznej paliwa, jak i wytworzonej energii elektrycznej – dla średnich warunków spalania).

W tabeli 2 zestawiono oszacowane sumaryczne koszty emisji SO₂, NO₂, CO, CO₂, pyłów i składowania odpadów w złotych w zależności od zmian trzech parametrów jakościowych: wartości opałowej Q'_i , zawartości siarki S'_i i zawartości popiołu A' . Tabela ta pokazuje, z jakim kosztem – dla użytkownika – wiąże się zmiana parametrów jakościowych węgla.

W przedstawionych wyliczeniach w tabeli 1 pokazano zmianę opłat związanych z gospodarczym korzystaniem ze środowiska w przypadku spalania węgla w szerokich granicach

TABELA 2

Suma opłat za emisje SO₂, NO₂, CO, CO₂, pyłów i składowanie odpadów [zł/tonę]

TABLE 2

Total emission charges (SO₂, NO₂, CO, CO₂, PM, waste disposal) [zł/ton]

Zawartość siarki S'_i [%]	Zawartość popiołu A' [%]								
	11,6	14,0	16,4	18,7	21,1	23,4	25,8	28,2	30,5
	Wartość opałowa Q'_i [MJ/kg]								
	26	25	24	23	22	21	20	19	18
0,3	9,6	10,3	11,1	11,8	12,6	13,3	14,1	14,8	15,5
0,4	10,6	11,4	12,1	12,8	13,6	14,3	15,1	15,8	16,6
0,5	11,6	12,4	13,2	13,9	14,6	15,4	16,1	16,9	17,6
0,6	12,7	13,4	14,2	14,9	15,7	16,4	17,1	17,9	18,6
0,7	13,7	14,5	15,2	15,9	16,7	17,4	18,2	18,9	19,7
0,8	14,7	15,5	16,2	17,0	17,7	18,4	19,2	20,0	20,7
0,9	15,8	16,5	17,3	18,0	18,7	19,5	20,2	21,0	21,7
1,0	16,8	17,5	18,3	19,0	19,8	20,5	21,3	22,0	22,8
1,1	17,8	18,6	19,3	20,1	20,8	21,5	22,3	23,1	23,8
1,2	18,8	19,6	20,4	21,1	21,8	22,6	23,3	24,1	24,8
1,3	19,9	20,6	21,4	22,1	22,9	23,6	24,4	25,1	25,9
1,4	20,9	21,7	22,4	23,2	23,9	24,6	25,4	26,2	26,9

Źródło: opracowanie własne

zmian parametrów jakościowych. Symulacja ta uwzględnia zmiany trzech głównych parametrów jakościowych. Tabela ta – „dwuwymiarowa” dzięki uwzględnieniu zależności zawartości popiołu od wartości opałowej – pokazuje zmiany trzech parametrów na sumę opłat środowiskowych. Jako zmienne niezależne przyjęto zawartość siarki i wartość opałową. Zawartość popiołu jest zmienną zależną. W przypadku tego parametru wykorzystano fakt, że w większości polskich węgla można zaobserwować silną zależność między zawartością popiołu i wartością opałową (Blaschke 2009; Lorenz Grudziński 2000).

Dla potrzeb tych obliczeń – na podstawie analizy statystycznej wykonanej metodą regresji liniowej – opracowano zależność funkcyjną pomiędzy wartością opałową i zawartością popiołu, którą opisują równania 1 i 2 (wszystkie parametry są podane w stanie roboczym). Jak wynika z przedstawionego zapisu równań zmiana wartości opałowej o 1 MJ/kg powoduje zmianę zawartości popiołu o 2,36%, natomiast zmiana zawartości popiołu o 1% powoduje zmianę wartości opałowej o 0,396 MJ/kg. Średni błąd dla tak opracowanych równań wynosi 1,6% A^r oraz 0,63 MJ/kg Q_i^r .

$$A^r = -2,36 Q_i^r + 73 \text{ [%]} \quad (1)$$

$$Q_i^r = -0,396 A^r + 30,4 \text{ [MJ/kg]} \quad (2)$$

gdzie:

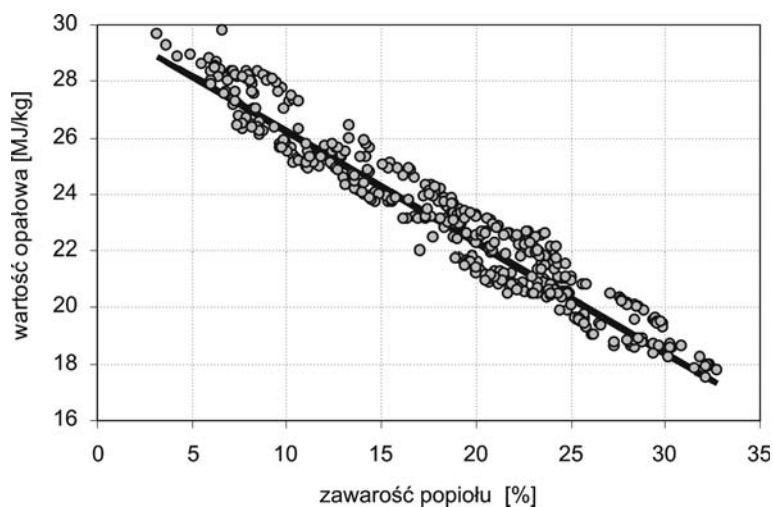
Q_i^r – wartość opałowa w stanie roboczym [MJ/kg],

A^r – zawartość popiołu [%].

Przedstawione równania pokazują zależności pomiędzy parametrami przy wysokim kwadracie korelacji wynoszącym 0,93. Oznacza to, że aż 93% związków między wartością opałową i zawartością popiołu wyjaśniają te równania.

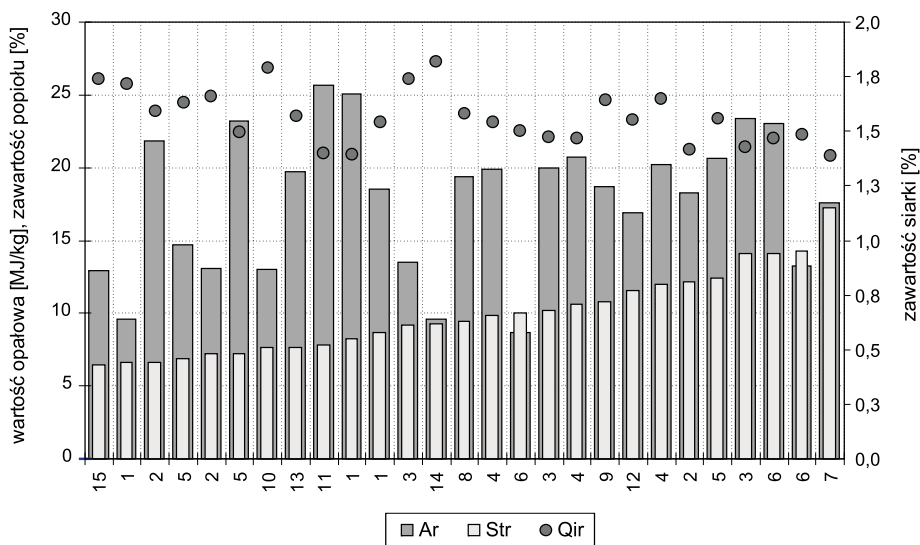
Obliczenia tych zależności funkcyjnych przeprowadzono w dwóch etapach: najpierw zbadano zależności tzw. danych surowych, w drugim etapie wyeliminowane zostały wszystkie te przypadki, które odstają powyżej dwukrotnej wartości odchylenia standardowego (σ). Analizę oparto na średnich miesięcznych zestawieniach parametrów produktów handlowych z kopalń. Uwzględniono tylko sortymenty miałowe (miały: surowe, wzbogacone i mieszanki energetyczne) tylko z kopalń produkujących węgiel typów 31–32. Równania te są dokładniejszym odwzorowaniem zależności od wzorów przedstawionych przez autora w pracy (Lorenz, Grudziński 2006). Na rysunku 5 zilustrowano te zależności.

Przedstawione równania (1 i 2) zostały opracowane na podstawie informacji o 36 mln ton miałów energetycznych. Na rysunku 6 zademonstrowano porównanie parametrów jakościowych, istotnych z punktu widzenia użytkowania węgla w energetyce: wartości opałowej, zawartości popiołu i siarki (dane za rok 2008) w poszczególnych kopalniach. Podobnie jak poprzednio, analizowane dane odnoszą się do miałów węgla energetycznego, które uszeregowano według rosnącej zawartości siarki (słupki na wykresach – wartości odniesione do prawej osi Y). Słupki w tle obrazują poziom zawartości popiołu. Kropkami zaznaczono



Rys. 5. Zależność wartości opałowej od zmian zawartości popiołu w mialach energetycznych

Fig. 5. Calorific value and ash content of steam coal

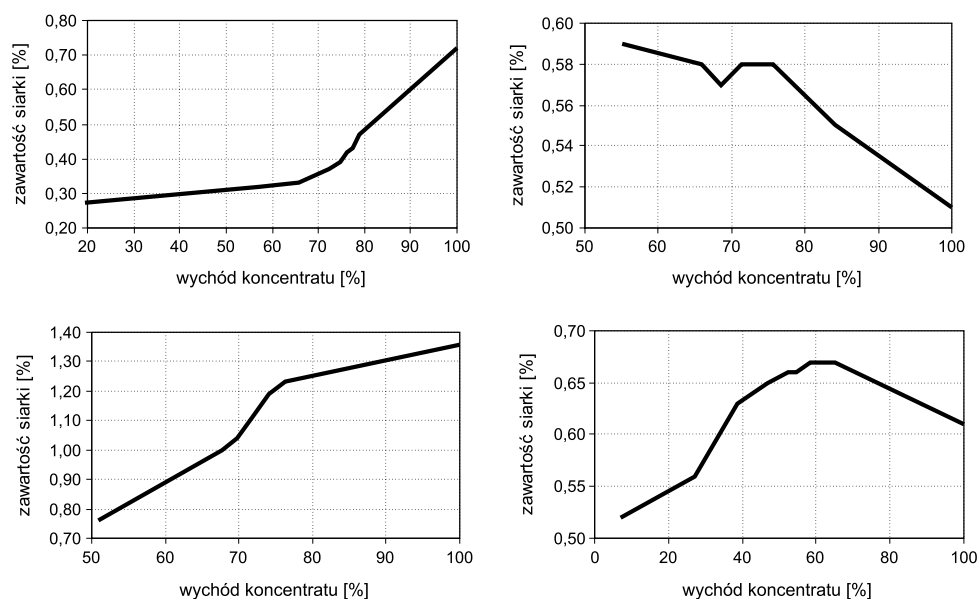


Rys. 6. Węgiel do celów energetycznych (ogółem) – porównanie parametrów jakościowych według kopalń

Fig. 6. Steam coal (total) – quality comparison, by mine

poziom wartości opałowej. Prezentowany wykres także dobrze ilustruje, dlaczego nie można było znaleźć korelacji zawartości siarki z innymi parametrami jakościowymi.

Sytuację tę przedstawiają również przykładowe wykresy pokazane na rysunku 7, które obrazują jakie występują zmiany zawartości siarki od wychodu koncentratu w mialach energetycznych dla czterech wybranych kopalń. Przykłady te pokazują krzywe wzbogacania



Rys. 7. Zmiany zawartości siarki od wychodu koncentratu dla miałów energetycznych dla czterech wybranych kopalń

Fig. 7. The sulphur content changes depending on the yield of coal fines concentrate in four selected mines

miałów energetycznych (klasa 20–0 mm) dla zawartości siarki. Z przedstawionych zależności wynika np., że ze wzrostem wychodu koncentratu zawartość siarki może rosnąć, ale są też przypadki sytuacji odwrotnej. Ta odmienna sytuacja uzależniona od charakterystyki technologicznej konkretnego węgla z kopalni powoduje, że opracowane równania obejmujące węgle z wielu kopalń mogą być statystycznie nieistotne. Dlatego w tej analizie wykorzystano tylko zależności, dla których udało się opracować zależności funkcyjne.

W przedstawionych powyżej obliczeniach w tabeli 2 pokazano jak zmiana parametrów węgla spalanego w elektrowniach wpływa na zmianę kosztów gospodarczego korzystania ze środowiska. W tabeli 3, uwzględniając te wyliczenia, pokazano jak zmiana kosztów opłat za gospodarcze korzystanie ze środowiska (związana z parametrami węgla) przypadających na 1 MWh zmienia się w stosunku do węgla o parametrach 22/21/09 (Q/A/S). Węgiel o takich parametrach był średnim węglem spalany przez energetykę w 2009 roku. Do obliczeń kosztów w zł/MWh przyjęto wskaźnik jednostkowego zużycia ciepła na wyprodukowanie 1 MWh (netto) w wysokości 10 000 kJ/kWh.

Z obliczeń tych wynika, że np. koszty produkcji 1 MWh energii elektrycznej przy spalaniu węgla o zawartości siarki 0,4% i wartości opałowej 25 MJ/kg (oraz przypisanej do tej kaloryczności zawartości popiołu 14%) wiążą się z kosztami korzystania ze środowiska niższymi o 3,5 zł/MWh niż spalanie węgla o parametrach średnich (22/21/08). Natomiast przy spalaniu np. węgla o zawartości siarki 1,3% i wartości opałowej 18 MJ/kg koszty są wyższe o 6,3 zł/MWh.

Trzeba wspomnieć, że w tych obliczeniach nie uwzględniono kar za przekroczenie emisji, a tylko wzięto pod uwagę opłaty za emisje i odpady, gdyż – w myśl obowiązujących przepisów – takie sytuacje mogą się zdarzyć w elektrowniach tylko incydentalnie, w przeciwnym przypadku decyzja o dopuszczalnej emisji mogłaby zostać cofnięta i w konsekwencji taka jednostka wytwórcza musiałaby zaprzestać produkcji.

TABELA 3

Zmiana kosztów opłat za gospodarcze korzystanie ze środowiska przypadających na 1 MWh w stosunku do węgla o parametrach 22/21/08 (Q/A/S) w zł/MWh

TABLE 3

Change in charge for industrial use of the environmental per 1 MWh, coal parameters 22/21/08 (Q/A/S) in zł/MWh

Zawartość siarki S_r^t [%]	Zawartość popiołu A^r [%]								
	11,6	14,0	16,4	18,7	21,1	23,4	25,8	28,2	30,5
	Wartość opałowa Q_i^r [MJ/kg]								
	26	25	24	23	22	21	20	19	18
0,3	-4,4	-3,9	-3,4	-2,9	-2,3	-1,7	-1,0	-0,3	0,6
0,4	-4,0	-3,5	-3,0	-2,5	-1,9	-1,2	-0,5	0,3	1,2
0,5	-3,6	-3,1	-2,6	-2,0	-1,4	-0,7	0,0	0,8	1,7
0,6	-3,2	-2,7	-2,1	-1,6	-0,9	-0,2	0,5	1,4	2,3
0,7	-2,8	-2,3	-1,7	-1,1	-0,5	0,2	1,0	1,9	2,9
0,8	-2,4	-1,9	-1,3	-0,7	0,0	0,7	1,5	2,5	3,4
0,9	-2,0	-1,5	-0,9	-0,2	0,5	1,2	2,1	3,0	4,0
1,0	-1,6	-1,0	-0,4	0,2	0,9	1,7	2,6	3,5	4,6
1,1	-1,2	-0,6	0,0	0,7	1,4	2,2	3,1	4,1	5,2
1,2	-0,8	-0,2	0,4	1,1	1,9	2,7	3,6	4,6	5,7
1,3	-0,4	0,2	0,9	1,6	2,3	3,2	4,1	5,2	6,3
1,4	-0,0	0,6	1,3	2,0	2,8	3,7	4,6	5,7	6,9

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

W przedstawionej analizie pokazano, jak zmiana parametrów jakościowych w paliwie dostarczonym do energetyki zawodowej wpływa na koszty wytwarzania energii elektrycznej. W analizie uwzględniono opłaty wynikające z gospodarczego korzystania ze

środowiska. Dzięki opracowaniu wzorów (na podstawie analizy statystycznej), określających jak zmiany wartości opałowej wpływają na zmiany zawartości popiołu, w tablicach udało się przeprowadzić symulacje uwzględniające wpływ trzech parametrów jakościowych (Q, S, A). Te parametry to także najważniejsze parametry handlowe, które są podstawą do określania ceny węgla. Przedstawione związki statystyczne między parametrami jakościowymi w węglu pokazują, że praktycznie wybierając węgiel o danej wartości opałowej determinujemy poziom innych parametrów, co w konsekwencji wpływa na koszt użytkowania danego gatunku węgla. Związki pomiędzy parametrami jakościowymi są na tyle silne, że odbiorca węgla decydując się na kupno węgla o określonej wartości opałowej determinuje poziom pozostałych parametrów jakościowych (S, A).

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można stwierdzić, że spośród parametrów jakościowych największy wpływ na koszty ekologiczne ma zawartość siarki, następnie emisja pyłów i składowanie odpadów (związane z zawartością popiołu) oraz opłaty związane z emisją NO_x, CO i CO₂. W ostatnich latach nastąpiła znaczna redukcja zwłaszcza emisji popiołu, która obecnie jest na poziomie 3,5% w stosunku do emisji z 1990 roku. Znaczna jest także redukcja emisji SO₂, która teraz jest na poziomie 24% emisji z 1990 roku. Tak znaczne spadki emisji związane są głównie ze znacznym zwiększeniem skuteczności odpylania i prowadzenia odsiarczania spalin. Dodatkowym czynnikiem jest także poprawa jakości spalanego węgla. Udział w tym efekcie miało także zmniejszenie ilości spalanego węgla w elektrowniach.

Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń koszty tzw. środowiskowe w zależności od parametrów jakościowych spalanego węgla mogą zwiększyć koszty spalnego węgla w granicach 3,5% do 14% przy założeniu, że zakupy węgla są na poziomie około 11 zł GJ (cena loco kopalnia).

W przeliczeniu na 1 MWh, jak zostało to pokazane w tabeli 2, wpływ opłat wydaje się niewielki w stosunku do aktualnych cen energii elektrycznej na TGE na poziomie 200–220 zł/MWh, jednak spadek opłat środowiskowych tylko w granicach 3–5% może znacząco wpływać na rentowność produkcji energii elektrycznej.

W przeprowadzonych obliczeniach nie uwzględniono wpływu kosztów uprawnień do emisji CO₂ na koszty produkcji energii elektrycznej. Obecnie elektrownie posiadają darmowe limity CO₂, pozwalające wyprodukować określoną ilość energii nie kupując tych pozwoleń na rynku. Po roku 2012 system ten ulegnie zmianie, a to spowoduje, że koszty uprawnień do emisji CO₂ – nawet zakładając, że elektrownie tylko 30% uprawnień będą nabywać w sposób komercyjny – znacząco wpłyną na koszty produkcji energii elektrycznej.

Przy założeniu, że cena uprawnień będzie w 2013 roku na poziomie 15 EUR/1 tonę CO₂, a elektrownia musi zakupić minimum 30% uprawnień, to koszty opłat związane tylko z CO₂ przypadające na 1 MWh wyniosą około 17 zł/MWh (przy założeniu emisji 0,95 t CO₂/1 MWh i kursu 1 EUR = 4 zł).

LITERATURA

- Blaşchke W., 2009 – Przeróbka węgla kamiennego – wzbogacanie grawitacyjne. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, 233 s.
- Grudziński Z., 1999 – System cen dla węgla brunatnego – propozycje rozwiązań branżowych i indywidualnych. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* t. 15, z. 2. s. 37–55.
- Grudziński Z., 2010 – Konkurencyjność wytwarzania energii elektrycznej z węgla brunatnego i kamiennego. *Polityka Energetyczna* t. 13, z. 2. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, s. 157–171.
- Laudyn D., Pawlik M., Strzelczyk F., 2000 – Elektrownie. WNT, wyd. czwarte poprawione, s. 634.
- Ligeza J., 1995 – W kierunku rynku węgla. Wpływ jakości węgla na parametry elektrowni. Materiały IX Konferencji z cyklu: „Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej” pt. „Modernizacja elektrowni i elektrociepłowni a budowa zakładów przeróbki miałów węgla energetycznego”. Zakopane, 9–11 października 1995. Sympozja i Konferencje Nr 17. Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków, ss. 151–160.
- Lorenz U., 1999 – Metoda oceny wartości węgla kamiennego energetycznego uwzględniająca skutki jego spalania dla środowiska przyrodniczego. *Studia, Rozprawy, Monografie* nr 64. Wyd. IGSMiE PAN. Kraków, s. 84.
- Lorenz U., Grudziński Z., 2000 – Pollutants emission from power industry in Poland changes after the decade of economy transition. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* t. 16, z. 4. Wyd. IGSMiE PAN. Kraków, s. 37–44.
- Lorenz U., Grudziński Z., 2006 – Badanie zmian kosztów paliwowych produkcji energii elektrycznej. [W:] *Badania kosztów pozyskania węgla kamiennego i brunatnego w celu określenia optymalnej struktury paliwowej produkcji energii elektrycznej pod redakcją L. Gawlik*. Wyd. IGSMiE PAN, s. 92–109.
- Praca zbiorowa pod red. Grudziński Z., Lorenz U. (autorzy: Grudziński Z., Lorenz U., Blaschke S., Ozga-Blaschke U.), 2008 – Opracowanie metodyki tworzenia systemu cen węgla brunatnego. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, s. 255.
- Radović U., 1997 – Zanieczyszczenia atmosfery. Źródła oraz metodyka szacowania wielkości emisji zanieczyszczeń. Wyd. Centrum Informatyki Energetyki. Warszawa, 162 s.
- Sobota J., 1994 – Wpływ jakości węgla kamiennego na ciepłe parametry pracy oraz zużycie elementów kotłów energetycznych. Materiały VIII Konferencji z cyklu: „Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej”. Sympozja i Konferencje Nr 15. Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków, s. 157–168.
- ARE – Emitor – Emisja zanieczyszczeń środowiska w elektrowniach i elektrociepłowniach zawodowych (wcześniej CIE), rocznik z lat 1990–2010.
- ARE – Informacja statystyczna o energii elektrycznej. Biuletyn miesięczny z lat 2009–2010.
- ARE – Statystyka elektroenergetyki polskiej (rocznik), numery z lat 2009–2010.
- Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2007 – do raportowania w ramach wspólnotowego systemu handlu uprawnieniami do emisji za rok 2010 – Krajowego Centrum Inwentaryzacji Emisji.

**WPLYW OPŁAT ŚRODOWISKOWYCH WYNIKAJĄCYCH Z PARAMETRÓW JAKOŚCIOWYCH WĘGLA
NA KOSZTY PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ**

Słowa kluczowe

Opłaty środowiskowe, parametry jakościowe węgla, zależność wartości opałowej od zawartości popiołu

Streszczenie

Struktura wytwarzania energii elektrycznej w ostatnich latach nie uległa zasadniczym zmianom. 93% energii jest obecnie produkowane z węgla kamiennego i brunatnego. Istotny wpływ na koszty wytwarzania mają opłaty związane z gospodarczym korzystaniem ze środowiska. W artykule przedstawiono problem wpływu opłat środowiskowych wynikających z parametrów jakościowych węgla na koszty produkcji energii w energetyce

zawodowej. Przedstawiono badania symulacyjne wpływu trzech parametrów jakościowych (Q, A, S) na koszty opłat środowiskowych. Większe możliwości symulacji obliczeń uzyskano dzięki opracowanym wzorom zależności między parametrami jakościowymi węgla. W obliczeniach uwzględniono także opłaty związane z NO_x, CO, CO₂. Odpowiednie wyliczenia pokazano zarówno w przeliczeniu na 1 tonę spalanego węgla, jak i na 1 MWh wyprodukowanej energii.

**THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL CHARGES INFLUENCED BY COAL QUALITY
ON ELECTRICITY PRODUCTION COSTS**

Key words

Environmental charges, coal quality, calorific value, ash content

Abstract

The structure of electricity production in Poland has not changed dramatically recently. Approximately 93% of electricity is currently produced from coal and lignite. Environmental charges have a significantly impact on costs of production. This paper analyses the impact of environmental charges influenced by coal quality on the production cost of power generation. A simulation of the impact of coal quality (Q, A, S) on the environmental charges was carried out. The study was extended by the analysis based on improved relationship between coal quality and emission charges. The calculations included also charges related to the NO_x, CO and CO₂. The results are presented per 1 ton of coal burned and per 1 MWh of electricity produced.

