

EKONOMICZNE I EKOLOGICZNE ASPEKTY WYKORZYSTANIA
SŁOMY NA CELE ENERGETYCZNE W LOKALNYCH
SYSTEMACH GRZEWCZYCH

Piotr Gradziuk

Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu, Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Szczepieszka 102, 22-400 Zamość
e-mail: gradziuk@inr.edu.pl

Streszczenie. W pracy porównano koszty produkcji energii cieplnej ze słomy, węgla i oleju opałowego w warunkach dwóch przedsiębiorstw energetyki cieplnej, w których funkcjonowały zarówno kotłownie opalane miałem węglowym o mocy 4 MW i 17,5 MW, słomą (0,9, 1 i 7 MW) oraz olejem opałowym (1,1 MW). Dane dotyczące efektów ekonomicznych zgromadzono w oparciu o prowadzone w przedsiębiorstwach zestawienia kosztów i przychodów w dwóch sezonach grzewczych 2003/2004 i 2004/2005. Efekty ekologiczne ustalono na podstawie badań przeprowadzonych w PEC Lubań przez Inspektorat Ochrony Środowiska. Koszt jednostkowy produkcji energii cieplnej w przypadku kotłowni węglowych wynosił od 17,5 do 23,8 zł·GJ⁻¹, opalanych słomą 21-53,5 zł·GJ⁻¹, a olejem 102,6-106,4 zł·GJ⁻¹. W strukturze kosztów kotłowni węglowych największą pozycję stanowiły: zakup węgla 44,9-56,3%, remonty 6,6-15,4% oraz energia elektryczna 10,2-10,5%, w kotłowniach opalanych słomą: jej zakup 17,6-35,2%, amortyzacja 8,2-18,8% i wynagrodzenia 13,6-27,2%, a w olejowych zakup paliwa 61,6-64,4% oraz amortyzacja 22,2-23,2%. Analiza kosztów jednostkowych produkcji energii cieplnej w poszczególnych obiektach wykazała, że nie zawsze są one wyższe w kotłowniach opalanych słomą. Podstawową przyczyną tego zróżnicowania była efektywność ich wykorzystania. Zastosowanie słomy jako paliwa w systemie ciepłowniczym PEC Lubań spowodowało obniżenie emisji SO_x o 57,5 t, NO_x o 2,6 t, CO₂ o ponad 10,5 tys. t oraz pyłów o 63 t.

Słowa kluczowe: przedsiębiorstwo energetyki cieplnej, lokalny system grzewczy, odnawialne źródła energii, słoma, miał węglowy, olej opałowy

WSTĘP

Wzrost zainteresowania odnawialnymi źródłami energii (OZE) pojawił się w latach siedemdziesiątych XX wieku, a wywołany został przez kolejne kryzysy energetyczne. Obecnie głównymi przesłankami rozwoju ich wykorzystania są: dywersyfikacja zaopatrzenia i obniżenie uzależnienia od importu energii, redukcja

emisji zanieczyszczeń atmosfery przez sektor energetyczny oraz tworzenie nowych miejsc pracy.

Początki kształtowania wspólnotowej polityki wobec OZE sięgają 1986 roku, kiedy to w Rezolucji Rady dotyczącej nowych celów w zakresie energetyki zawarto postulat promocji odnawialnych źródeł energii [2]. Cel ilościowy, dotyczący udziału OZE w bilansie paliwowo-energetycznym UE, przyjęty został dopiero w 1994 podczas madryckiego szczytu Rady Europejskiej. W Deklaracji Madryckiej [9] wezwano kraje UE, aby w 2010 roku jej udział w produkowanej przez te państwa energii wyniósł 15%. W 1996 roku Zielona Księga [3] zawierała już zasady polityki energetycznej w odniesieniu do OZE. Natomiast w „Białej Księdze – Energia dla przyszłości odnawialne źródła energii” [4], wyznaczono kierunki polityki długookresowej i wytyczono cel ilościowy w postaci podwojenia udziału OZE w strukturze produkcji energii pierwotnej z 6 do 12% w latach 1998-2010. Znalazło to również potwierdzenie w wydanym 7 grudnia 2005 roku Komunikacie Komisji Wspólnot Europejskich „Plan działania w sprawie biomasy” [1]. W dokumencie tym wskazano, że najważniejsze kierunki jej wykorzystania to transport (biopaliwa), elektroenergetyka i ciepłownictwo. To ostatnie stwierdzenie było inspiracją do podjęcia badań nad efektami ekonomicznymi i ekologicznymi wykorzystania biomasy w przedsiębiorstwach energetyki ciepłej. W ostatnich latach coraz częściej na te cele wykorzystywana jest słoma, stąd też w oparciu o takie przykłady przeprowadzono rachunek ekonomiczny zastąpienia nią tradycyjnie stosowanych paliw nieodnawialnych.

W Polsce produkuje się rocznie około 25 mln ton słomy. Przez dziesięciolecia wykorzystywano ją głównie na potrzeby produkcji zwierzęcej, jako materiał ściółkowy i paszę. Służyła także do przykrywania kopców, ocieplania budynków i przygotowania mat w gospodarstwach ogrodniczych. W okresie niższych zbiorów, jak to miało miejsce w latach 1977-1980, występował wręcz jej deficyt. Przeprowadzone badania [6,7] wykazały, że od 1983 roku zbiory słomy zaczęły przewyższać zapotrzebowanie wynikające z produkcji rolniczej. W latach 1983-1990 średnioroczna nadwyżka ponad zużycie w rolnictwie wyniosła 5 354 tysięcy ton, a w okresie 1995-2001 już 10 881 tys. ton [5]. W rachunku tym uwzględniono także potrzeby przeznaczania słomy na przyoranie, dla utrzymania zrównoważonego bilansu substancji organicznej w glebie. Powiększające się nadwyżki słomy zaczęły skłaniać do poszukiwania efektywnego sposobu ich zagospodarowania. Jedną z możliwości jest wykorzystanie słomy w energetyce. Jej wartość opałowa wynosi bowiem od 14,3 do 15,2 MJ·kg⁻¹, pod względem energetycznym 1,5 tony słomy równoważna jest około jednej tonie węgla kamiennego. Udane wdrożenia wykazały, że istnieją techniczne możliwości wykorzystania słomy jako paliwa nie tylko do ogrzewania mieszkań i budynków inwentarskich w gospodarstwach rolnych, ale także w kotłowniach komunalnych [6].

Celem badań było porównanie efektywności ekonomicznej wykorzystania do produkcji energii cieplnej słomy, oleju opałowego i mialu węglowego, który jest najtańszym i najczęściej stosowanym paliwem w przedsiębiorstwach energetyki cieplnej w Polsce.

MATERIAŁY I METODYKA

Badania przeprowadzono w Zakładzie Gospodarki Komunalnej w Ulhówku (woj. lubelskie) oraz Przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej w Lubaniu (woj. dolnośląskie). Od początku 2002 roku w obu analizowanych przedsiębiorstwach kotły na słomę osiągnęły pełną moc produkcyjną i funkcjonowały w całym systemie ciepłowniczym obok kotłowni węglowych Piast (17,5 MW) i Śródmieście (4 MW) w PEC Lubań oraz kotłowni olejowej (1,12 MW) w ZUK Ulhówek. Sytuacja ta umożliwiła dokonanie analizy kosztów produkcji energii cieplnej ze słomy, oleju i mialu węglowego.

Jako miernik zastosowano koszt produkcji energii cieplnej w zł/GJ, który obejmował między innymi: wynagrodzenia, zakupy paliwa i energii elektrycznej, amortyzację, remonty, składowanie i transport wewnętrzny, opłaty za emisje, odsetki od kredytów oraz pozostałe koszty. Efekty ekologiczne to redukcja emisji CO₂, SO₂ oraz odpadów stałych, które wyrażono w t/rok.

Dane dotyczące efektów ekonomicznych zgromadzono w oparciu o prowadzone w przedsiębiorstwach zestawienia kosztów i przychodów w dwóch sezonach grzewczych 2003/2004 i 2004/2005. Efekty ekologiczne ustalono na podstawie badań przeprowadzonych w PEC Lubań przez Inspektorat Ochrony Środowiska.

WYNIKI BADAŃ

Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Lubań Sp. z o.o. jako samodzielna jednostka powstało w 1992 roku, w wyniku szeregu przemian będących efektem zmiany systemu gospodarczego w Polsce. Od 1997 roku funkcjonuje jako spółka prawa handlowego ze 100% udziałem gminy. Usamodzielnienie zbiegło się w czasie ze znaczącymi przemianami w warunkach funkcjonowania całej gospodarki, w tym także w sferze przedsiębiorstw energetycznych. Dla PEC Lubań oznaczało to konieczność dostosowania się do całego szeregu nowych uwarunkowań organizacyjnych, technicznych i gospodarczych.

Do produkcji ciepła w PEC Lubań wykorzystywano głównie dwie kotłownie węglowe: Piast o mocy 17,5 MW i Śródmieście o mocy 7,5 MW. W warunkach ustawowego zaostrzania norm emisji zanieczyszczeń, wzrastających kosztów zakupu i transportu węgla oraz konieczności zwiększenia wydajności pracy, przyjęto długofalową strategię dostosowania funkcjonowania spółki do nowych realiów.

Spośród wielu scenariuszy wybrano ten z wykorzystaniem słomy, ponieważ jako jedyny stwarzał szansę na obniżenie kosztów produkcji ciepła w dłuższej perspektywie. Ponadto rozwiązanie to w radykalny sposób redukowało emisję dwutlenku węgla i tlenków siarki. Zastosowanie słomy stało się tym samym podstawowym elementem strategii rozwoju przedsiębiorstwa. Na podstawie sprawdzonych, dostępnych zasobów słomy zaplanowano docelowy jej udział w bilansie paliwowym na poziomie 40%. Realizację projektu rozłożono na dwa etapy. Pierwszy (zakończony w grudniu 1998 roku) obejmował między innymi budowę kotła na słomę o mocy 1 MW z wyposażeniem technologicznym oraz zakup maszyn do zbioru słomy. Koszt realizacji tego zakresu prac wyniósł 1 119 tys. zł, dając wskaźnik zainstalowanej mocy na poziomie $1\,119\text{ zł}\cdot\text{kW}^{-1}$. W drugim etapie zainstalowano dwa kotły o mocy 3,5 MW każdy wraz z wyposażeniem technologicznym, zbudowano magazyn słomy oraz halę kotłów, a także dokonano dalszych zakupów sprzętu do zbioru i transportu słomy. Koszty tego zadania wyniosły 4 316,7 tys. zł ($617\text{ zł}\cdot\text{kW}^{-1}$).

Zupełnie inny przebieg miały zmiany systemu ciepłowniczego w miejscowości Ulhówek. Do 1999 roku jego właścicielem była Agencja Własności Rolnej Skarbu Państwa (AWRSP), na zlecenie której w 1998 roku przygotowano „Analizę możliwości i zakresu modernizacji systemu ciepłowniczego” [8]. Rozpatrzono w niej trzy scenariusze, oparte o następujące źródła energii: miał węglowy, olej opałowy i słomę. Najkorzystniejszy był ten ostatni, ale mimo iż gwarantował niższe o blisko połowę koszty produkcji energii cieplnej w porównaniu do najdroższego (olejowego), inwestor zdecydował o wyborze wariantu olejowego. W 1999 roku cały system ciepłowniczy w Ulhówku AWRSP przekazała nieodpłatnie do Zakładu Usług Komunalnych (ZUK) w tej miejscowości. Zakład ten początkowo eksploatował, oddaną do użytku w 1998 roku, kotłownię opalaną olejem. Jednak z uwagi na bardzo wysokie koszty jej eksploatacji podjęto decyzję o budowie nowego źródła ciepła, zasilanego słomą. Wybrano najprostszą technologię, opartą na kotłach wsadowych o łącznej mocy 0,9 MW. Koszt realizacji tego zakresu prac wyniósł 456 tys. zł ($507\text{ zł}\cdot\text{kW}^{-1}$ zainstalowanej mocy) i był o około 70% niższy od kosztów kotłowni olejowej ($848\text{ zł}\cdot\text{kW}^{-1}$). Tak więc od sezonu grzewczego 2000/2001 głównym źródłem energii cieplnej w ZUK jest słoma.

Przeprowadzone badania wykazały, że koszty jednostkowe produkcji energii cieplnej były bardzo zróżnicowane. Dla poszczególnych źródeł zawierały się w następujących granicach: miał węglowy – $17,5\text{-}23,8\text{ zł}\cdot\text{GJ}^{-1}$, słoma – $21\text{-}53,5\text{ zł}\cdot\text{GJ}^{-1}$ i olej opałowy – $102,6\text{-}106,4\text{ zł}\cdot\text{GJ}^{-1}$ (tab. 1). Wyniki te potwierdzają tezę, iż energia cieplna wytworzona z oleju opałowego należy do najdroższych. Decydującym czynnikiem były wydatki na zakup paliwa, które w strukturze tych kosztów zajmowały największą pozycję (ponad 61%). Znaczący wpływ na tak wysokie koszty miała też amortyzacja (około 22%), z uwagi na niski stopień wykorzystania

kotłów olejowych, mierzony produkcją energii cieplnej (GJ) na 1 MW zainstalowanej mocy. Na płace przypadało tylko 3,5% tych kosztów, co jest w pełni zrozumiałe, gdyż ich obsługa sprowadzała się tylko do przeglądów i prac konserwatorskich.

W ZUK Ułhówek, w porównaniu do kotłowni olejowej jednostkowe koszty produkcji energii cieplnej ze słomy, były blisko trzykrotnie niższe i wahały się od 33,8 do 41,8 zł·GJ⁻¹. Chociaż i w tym przypadku główną pozycję stanowiły zakupy paliwa, to przypadało na nie tylko 28,8% ogółu kosztów. Zdecydowały o tym znacznie niższe koszty pozyskania energii zawartej w słomie (10,8 zł·GJ⁻¹) niż oleju opałowym (64,4 zł·GJ⁻¹). Zbliżoną wielkością charakteryzowały się też wydatki na wynagrodzenia (26,2%) oraz pozostałe koszty (22,5%), na które składały się przede wszystkim podatek od nieruchomości oraz koszty ogólnozakładowe.

W PEC Lubań przeciętne koszty jednostkowe produkcji energii cieplnej ze słomy w sezonach 2003/2004-2004/2005 wynosiły 23,8 zł·GJ⁻¹ i były wyższe o 14,4% od energii wytwarzanej w kotłowniach węglowych (20,8 zł·GJ⁻¹). W strukturze kosztów kotłowni węglowych największą pozycję stanowiły: zakup węgla – 49,1%, remonty – 12% oraz energia elektryczna – 10,1%, a w kotłowniach opalanych słomą: jej zakup – 31,9%, amortyzacja – 17,7% i wynagrodzenia – 16,4%. Wielkości te wskazują, iż obsługa kotłowni na słomę wymaga wyższych nakładów pracy, a znaczny udział amortyzacji na wysokie nakłady inwestycyjne poniesione na realizację takiego źródła energii cieplnej. Ponadto analiza przeprowadzona w PEC Lubań wykazała, że nie zawsze koszty te są wyższe w kotłowniach opalanych słomą. W kotłowni węglowej Piast (17,5 MW) wynosiły 22,7 zł·GJ⁻¹, a w ciepłowni gdzie źródłem energii była słoma (7 MW) tylko 21,3 zł·GJ⁻¹. Podstawową przyczyną tego zróżnicowania była efektywność ich wykorzystania. Efektywność ta mierzona ilością wytworzonej energii cieplnej na 1 MW zainstalowanej mocy w przypadku obiektu Piast wynosiła 3,7 tys. GJ w sezonie 2003/2004 i 4,4 tys. GJ w 2004/2005, a w kotłowni na słomę (7 MW) odpowiednio 7,2 i 5,9 tys. GJ (tab. 1).

Znacznie wyższe zróżnicowanie kosztów jednostkowych produkcji energii cieplnej występowało między kotłowniami opalonymi słomą. W PEC Lubań, gdzie funkcjonowały kotłownie o mocy 1 MW i 7 MW, dla pierwszej z nich wynosiły one od 53,5 zł·GJ⁻¹ w sezonie 2003/2004 do 38,7 zł·GJ⁻¹ w następnym, a w drugiej odpowiednio 21,6 i 21 zł·GJ⁻¹. W ZUK Ułhówek było to 33,8 i 41,8 zł·GJ⁻¹. Podstawowym powodem tak dużych wahań w kotłowni 1 MW było wykorzystanie mocy produkcyjnych. W sezonie 2004/2005 nastąpił wzrost tego wskaźnika o blisko 60% (z 4,2 do 6,7 GJ), co wpłynęło na obniżenia kosztów o 27,7%.

Tabela 1. Produkcja, nakłady i koszty wytwarzania energii cieplnej ze słomy, miazgi węglowej i oleju opałowego w PEC Lubań oraz PGK Ułhówek w sezonach grzewczych 2003/2004 – 2004/2005

Table 1. Production, expenses and costs of thermal energy production from straw, coal dust and oil at PEC Lubań and ZUK Ułhówek in the years 2003/2004 and 2004/2005

Wyszczególnienie Specification	Lubań								Ułhówek			
	Słoma Straw				Miazga węglowa Coal dust				Słoma Straw		Olej Oil	
	1 MW		7 MW		4 MW		17,5 MW		0,9 MW		1,1 MW	
	2003 2004	2004 2005	2003 2004	2004 2005	2003 2004	2004 2005	2003 2004	2004 2005	2003 2004	2004 2005	2003 2004	2004 2005
Produkcja i nakłady: Production and expenses: Produkcja energii cieplnej (tys. GJ) Production of thermal energy(thou. GJ)	4,2	6,7	50,6	41,0	53,6	45,0	64,0	76,7	14,8	14,5	2,2	1,9
Produkcja energii cieplnej na 1 MW zainstalowanej mocy (tys. GJ) Production of thermal energy per 1 MW of installed power (thou. GJ)	4,2	6,7	7,2	5,9	13,4	11,3	3,7	4,4	16,4	16,1	2,0	1,7
Ilość zużytego paliwa (Mg) Amount of fuel used (Mg)	400	591	4 669	3 581	2 730	2 316	3 235	3 946	1 796	1 920	107,3	70,8
Zużycie en. elektrycznej (tys. kWh) Consumption of electricity (thou. kWh)	35,6	57,1	162,5	157,8	312,6	271,3	522,0	565,2	118,9	144,5	18,2	19,4
Koszty w tys. zł: Costs in thou. PLN												
Zakup paliwa Purchase of fuel, delivery included	32,6	52,1	381,6	307,9	555,6	444,8	659,0	769,1	152,6	165,2	153,3	110,6

Tabela 1. c.d. - Table 1. Cont.

Składowanie Storage	20,7	10,6	92,3	55,3	14,4	17,3	29,6	31,0	35,2	37,6	4,1	4,1
Energia elektryczna Electricity	11,6	13,1	53,8	48,0	94,8	93,3	152,1	170,1	37,2	48,7	5,7	6,2
Place z narzutami Wages, including social security and taxes	59,5	71,9	157,1	105,8	103,3	87,9	135,6	120,3	115,1	173,7	6,1	9,1
Amortyzacja Depreciation	30,6	30,6	184,9	185,1	33,1	36,7	67,4	79,4	45,6	45,6	47,5	47,5
Remonty Repairs	33,7	25,4	125,7	89,8	39,7	74,2	248,8	246,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Opłata za emisję zanieczyszczeń Payments for pollution	1,0	1,6	9,2	7,0	19,2	24,8	42,5	75,1	0,4	0,3	0,1	0,1
Odsetki od pożyczek i kredytów Interest due on loans	0,0	0,0	52,8	29,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pozostałe koszty Other costs	35,0	53,8	36,9	30,2	77,8	69,3	185,1	186,0	113,8	135,1	17,2	17,4
Razem koszty Total costs	224,7	259,1	1 094,3	859,0	937,9	848,3	1 520,1	1 677,4	499,9	606,2	234,0	195,0
Koszty jednostkowe (zł/GJ) Gross unit costs (PLN/GJ)	53,5	38,7	21,6	21,0	17,5	18,9	23,8	21,9	33,8	41,8	106,4	102,6

Źródło: Obliczenia własne – Source: Own study..

Tabela 2. Struktura kosztów jednostkowych produkcji energii cieplnej ze słomy, miazgi węglowej i oleju opałowego w PEC Lubań oraz ZUK Ułhówek w sezonach grzewczych 2003/2004 – 2004/2005

Table 2. Structure of unit costs of thermal energy production from straw, coal dust and oil in PEC Lubań and ZUK Ułhówek in the years 2003/2004 and 2004/2005

Wyszczególnienie Specification	PEC Lubań								ZUK Ułhówek			
	Słoma Straw				Miało węglowe Coal dust				Słoma Straw		Olej opałowy Oil	
	1 MW		7 MW		4 MW		17,5 MW		0,9 MW		1,1 MW	
	zł	%	zł	%	zł	%	zł	%	zł	%	zł	%
Paliwo Fuels	7,8	17,6	7,5	35,2	10,2	56,3	10,2	44,9	10,9	28,8	64,4	61,6
Składowanie i transport wewnętrzny Storage and internal transport	2,9	6,5	1,6	7,5	0,3	1,7	0,4	1,8	2,5	6,6	2,0	1,9
Energia elektryczna Electricity	2,3	5,2	1,1	5,2	1,9	10,5	2,3	10,2	2,9	7,7	2,9	2,8
Płace z narzutami Wages, including social security and taxes	12,1	27,2	2,9	13,6	1,9	10,5	1,8	7,9	9,9	26,2	3,7	3,5
Amortyzacja Depreciation	5,6	12,6	4,0	18,8	0,7	3,9	1,0	4,4	3,1	8,2	23,2	22,2
Remonty Repairs	5,4	12,2	2,4	11,3	1,2	6,6	3,5	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Opłata za emisję zanieczyszczeń Payments for pollution	0,2	0,5	0,2	0,9	0,4	2,2	0,8	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Odsetki od pożyczek i kredytów Interest due on loans	0,0	0,0	0,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pozostałe Others	8,1	18,2	0,7	3,3	1,5	8,3	2,7	11,9	8,5	22,5	8,4	8,0
Razem Total	44,4	100,0	21,3	100,0	18,1	100,0	22,7	100,0	37,8	100,0	104,6	100,0

Źródło: Obliczenia własne. Source: Own study.

Głównych przyczyn tego zróżnicowania należy upatrywać w efektywności wykorzystania czynników produkcji. W strukturze kosztów produkcji 1 GJ energii cieplnej w kotłowni 7 MW na wynagrodzenia przypada 2,9 zł a koszty ogólne 0,7 zł, natomiast w kotłowni 1 MW aż 12,1 zł i 8, 1 zł. W ZUK Ułhówek proporcje były podobne do tych dla kotłowni 1 MW i wynosiły dla wynagrodzeń 9,9 zł/GJ oraz kosztów ogólnych 8,5 zł·GJ⁻¹ (tab. 2). Na tej podstawie należy wnosić, że wraz ze wzrostem mocy kotłowni maleją koszty jednostkowe wytwarzanej energii cieplnej, głównie za sprawą zwiększonej wydajności pracy oraz znacznie niższych pozostałych kosztów (podatek od nieruchomości, analizy opału i spalin, koszty ogólnozakładowe).

Zastosowanie słomy jako paliwa w systemie ciepłowniczym PEC Lubań spowodowało obniżenie emisji SO_x o 57,5 t, NO_x o 2,6 t, CO₂ o ponad 10,5 tys. t oraz pyłów o 63 t. Miało to bezpośredni wpływ na obniżenie opłat za emisję szkodliwych substancji do środowiska. W strukturze kosztów kotłowni opalanych słomą stanowiły tylko 0,8%, a węglowych 3,1%.

PODSUMOWANIE

W pracy porównano koszty produkcji energii cieplnej ze słomy, węgla i oleju opałowego w warunkach dwóch przedsiębiorstw energetyki cieplnej, w których funkcjonowały zarówno kotłownie opalane miazem węglowym o mocy 4 MW i 17,5 MW, słomą (0,9 MW, 1 MW i 7 MW) oraz olejem opałowym (1,1 MW). Koszt jednostkowy produkcji energii cieplnej w przypadku kotłowni węglowych wynosił od 17,5 do 23,8 zł/GJ, opalanych słomą 21,0-53,5 zł·GJ⁻¹, a olejem 102,6-106,4 zł·GJ⁻¹. W strukturze kosztów kotłowni węglowych największą pozycję stanowiły: zakup węgla 44,9-56,3%, remonty 6,6-15,4% oraz energia elektryczna 10,2-10,5%, w kotłowniach opalanych słomą: jej zakup 17,6-35,2%, amortyzacja 8,2-18,8% i wynagrodzenia 13,6-27,2% a w olejowych zakup paliwa 61,6-64,4 oraz amortyzacja 22,2-23,2%. Analiza kosztów jednostkowych produkcji energii cieplnej w poszczególnych obiektach wykazała, że nie zawsze są one wyższe w kotłowniach opalanych słomą. Podstawową przyczyną tego zróżnicowania była efektywność ich wykorzystania.

Znacznie wyższe zróżnicowanie kosztów jednostkowych produkcji energii cieplnej występowało pomiędzy kotłowniami opalnymi słomą. Głównych przyczyn tego zróżnicowania należy upatrywać w efektywności wykorzystania czynników produkcji. W strukturze kosztów produkcji 1 GJ energii cieplnej w kotłowni 7 MW na wynagrodzenia przypada 2,9 zł a koszty ogólne 0,7 zł, natomiast w kotłowni 1 MW aż 12,1 zł i 8, 1 zł. Wraz ze wzrostem mocy kotłowni maleją koszty jednostkowe wytwarzanej energii cieplnej, Głównie za sprawą zwiększonej wydajności pracy oraz znacznie niższych pozostałych kosztów (podatek od nieruchomości, analizy opału i spalin, koszty ogólnozakładowe). Zastosowanie

słomy jako paliwa w systemie ciepłowniczym PEC Lubań spowodowało obniżenie emisji SO_x o 57,5 t, NO_x o 2,6 t, CO_2 o ponad 10,5 tys. t oraz pyłów o 63 t. Miało to bezpośredni wpływ na obniżenie opłat za emisję szkodliwych substancji do środowiska. W strukturze kosztów kotłowni opalanych słomą stanowią tylko 0,8%, a węglowych 3,1%.

PIŚMIENNICTWO

1. Biomass action plan. Communication from the Commission. Commission of the European Communities, Brussels, 2005.
2. Council Resolution of 16 September 1986 concerning New Community energy policy objectives and convergence of the policies of the Member States, OJ C 241.
3. Energy for the future: renewable sources of energy. Green Paper for a Community Strategy. Brussels, 20.11.1996. COM (96) 576 final.
4. European Commission White Paper Energy for the future, renewable energy source. European Commission, Brussels, 1997.
5. **Gradziuk P.:** Analiza możliwości wykorzystania słomy na cele energetyczne w Polsce. Ekspertyza wykonana na zlecenie Fundacji Ekofundusz. AR w Lublinie, Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu, 2002.
6. **Gradziuk P., Grzybek A., Kowalczyk K.:** Słoma energetyczne paliwo. Wydawnictwo Wsi Jutra, Warszawa, 66-70, 2001.
7. **Kuś J., Smagacz J.:** Regionalne zróżnicowanie bilansu słomy. Pamiętnik Puławski, Zesz. 124, 289-295, 2001.
8. **Tokarski R.:** Analiza możliwości i zakresu modernizacji systemu ciepłowniczego Ulhówek. P.W. Aten sp. z o. o. Zamość, 1998.
9. The Declaration of Madrid. An Action Plan For Renewable Energy Sources In Europe. European Commission DG XVII-D-1, Bruxelles, 1994.

UTILIZATION OF STRAW FOR ENERGY GENERATION PURPOSES IN LOCAL HEATING SYSTEMS; ITS ECONOMICAL AND ECOLOGICAL ASPECTS

Piotr Gradziuk

Institute of Agricultural Science in Zamość, Agricultural University in Lublin
ul. Szczepieska 102, 22-400 Zamość
e-mail: gradziuk@inr.edu.pl

Abstract. About 25 million tons of straw are produced annually in Poland. For many decades straw was used mainly for animal production purposes, as fodder or a bedding material. In periods of lower yields, as it happened in the years 1977-1980, an actual deficit of straw was observed. The conducted research proved that since 1983 the yields of straw began to exceed the demand resulting from agricultural production. In the years 1983-1990 an average yearly surplus in relation to its agricultural utilization reached 5 354 thou. tons, whereas in 1995-2001 it was already 10 881 thou.

tons. That calculation includes also a certain demand for ploughing up of straw, for maintaining a well-balanced amount of organic matter in soil. The growing excessive amounts of straw induced the search for a more efficient way for its utilization. One of such possibilities was the utilization of straw for power generation. Its calorific effect amounted from 14.3 to 15.2 MJ kg⁻¹, because 1.5 ton of straw makes for an energy equivalent of 1 ton of coal. Its successful introductions proved that there are technical possibilities for utilization of straw as a fuel, not only for heating flats and livestock buildings, but also in communal heating plants. The aim of the research was to define the economic and ecological effects of thermal energy production from straw, in comparison to conventional fuels such as coal and oil. The research was conducted in ZGK Ułhówek (Lublin region) and PEC Lubań (Dolnośląskie region) in two heating seasons, 2003/2004 and 2004/2005. Among the ecological advantages the highest significance was that of the 98% reduction of sulphur oxides emission.

Key words: costs of heat energy production, local heating system, renewable energy sources, straw, coal dust, oil