

ENERGETYCZNE WYKORZYSTANIE BIOMASY NA PRZYKŁADZIE KOTŁOWNI OPALANEJ SŁOMĄ WE FROMBORKU

Ryszard Lipski*, Stanisław Orliński**, Marcin Tokarski*

* Prywatna Wyższa Szkoła Ochrony Środowiska w Radomiu

** Wydział Mechaniczny, Politechnika Radomska

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagadnienia dotyczące wykorzystania biomasy jako odnawialnego źródła energii na przykładzie kotłowni opalanej słomą we Fromborku, powstałej w ramach projektu przebudowy systemu ciepłego miasta. W wyniku realizacji projektu uzyskano znaczące efekty, zwłaszcza ekologiczne.

Słowa kluczowe: energia odnawialna, biomasa, słoma, ochrona środowiska

WSTĘP

Unia Europejska przyjęła na siebie zobowiązanie jeszcze większej redukcji emisji dwutlenku węgla, bo aż o 8% w tym samym okresie. Jednym ze sposobów zmniejszania tej emisji jest zwiększanie udziału energii odnawialnej w całkowitej produkcji energii [Hryniewicz 2000].

Obecnie w krajach Unii Europejskiej ok. 8% całkowitego zużycia energii pierwotnej pochodzi ze źródeł energii odnawialnej, a w roku 2010 wskaźnik ten ma wzrosnąć do 12%. W naszym kraju ilość energii odnawialnej w całkowitym zużyciu energii ocenia się zaledwie ok. 2,5%.

W ostatnich latach wybitnie wzrosło zainteresowanie możliwościami uzyskania energii cieplnej z tzw. biomasy. Tę energię można uzyskać ze spalania w szczególności słomy, a ponadto drewna, trocin, odpadów komunalnych. Biomasa składa się prawie w 90% z węgla, wodoru i tlenu, a spalanie jej odbywa się ze znikomą emisją dwutlenku węgla (oczywiście w specjalnych do tego celu piecach). Do atmosfery ulotni się tyle dwutlenku węgla, ile roślina pobierze z atmosfery w procesie fotosyntezy. Wadą tego paliwa jest stosunkowo duża objętość w stosunku do masy [Hryniewicz 2000].

Zasoby dyspozycyjne biomasy w Polsce są oceniane na prawie 30 mln ton rocznie co jest energetycznie równoważne około 16-19 mln ton węgla kamiennego i stanowiłoby 110-130 TWh (śr. 11% zużycia ogólnego). W szczególności zalecane jest spalanie słomy, gdyż 2 tony słomy są równoważne 1 tonie węgla kamiennego. Na przykład do

ogrzania domu mieszkalnego o powierzchni 70 m² w miesiącach zimowych potrzeba zbioru słomy z powierzchni 2 ha [Praca zbiorowa 2000].

Głównym źródłem odpadów w sektorze rolnictwa jest produkcja zbóż, której podstawowym celem jest uzyskiwanie ziarna na pasze dla zwierząt i drobiu oraz dla przetwórstwa na produkty spożywcze dla ludności. Pozostaje słoma, którą można traktować jako odpad w tej produkcji. Jest ona wykorzystywana od dawna w hodowli zwierząt jako ściółka, a od kilku lat w produkcji pieczarek, pomidorów oraz do innych celów. Według danych statystycznych w Polsce corocznie uzyskuje się ogółem około 30 milionów ton słomy, z czego około 20 milionów zużywa się na wymienione cele, a pozostałe 10 milionów ton można wykorzystać do celów energetycznych. Jednak dotychczasowe wykorzystanie słomy do celów energetycznych jest niewielkie, ze względu na niezbyt jeszcze duże rozpowszechnienie urządzeń do jej spalania. W przeliczeniu energetycznym, 10 milionów ton słomy równoważy ok. 7 milionów ton węgla.

BIOMASA

Do biomasy zalicza się całą roślinność, występującą na Ziemi, która asymiluje dwutlenek węgla z powietrza w procesach fotosyntezy w czasie swojego okresu wegetacji. W czasie późniejszego spalania biomasy dwutlenek węgla oddawany jest do atmosfery, a więc końcowy bilans jest zerowy. Dlatego biomasa traktowana jest jako źródło energii, które nie emituje do atmosfery ziemskiej ani grama dwutlenku węgla, zatem nie ma żadnego wpływu na pogłębianie się efektu cieplarnianego [www.gsp.pl/biomasa.htm].

Biomasa jest to substancja organiczna, powstająca w wyniku procesu fotosyntezy. Przyrost biomasy roślin zależy od intensywności nasłonecznienia, biologicznie zdrowej gleby i wody. W Polsce z 1 ha użytków rolnych zbiera się rocznie około 10 ton biomasy, co stanowi równowartość około 5 ton węgla kamiennego [www.gsp.pl/biomasa.htm].

Charakterystyka słomy

Wartość opałowa słomy wynosi około 16 MJ/kg, temperatura spalania 850–1100 °C [www.eko-system.com.pl]. Podczas spalania słomy w celu uzyskania energii cieplnej wydzielą się CO₂.

Dzięki zjawisku fotosyntezy rośliny rolnicze mogą wchłonać około 400 kg CO₂ w ciągu doby na obszarze 1 ha. Zespoły leśne, szczególnie liściaste, szybko rosnące, wchłaniają go znacznie więcej.

Słoma jako podstawowy surowiec energetyczny

Nowoczesne metody produkcji rolniczej z ograniczoną produkcją zwierzęcą przyczyniają się do zmniejszonego zapotrzebowania na słomę, co sprawia, że jest ona często palona na polu, tymczasem istnieją duże możliwości wykorzystania jej jako biopaliwa. Przyjmując, że dla zbóż średni stosunek ziarna do słomy wynosi 1: 1,35, roczna produkcja słomy wynosi około 30,5 mln ton. Przy obecnie stosowanych technologiach w rolnictwie, około 30%, tj. ok. 10 mln ton słomy może stanowić proekologiczny surowiec energetyczny, który często jako kłopotliwy odpad spalany jest na polu. Tymczasem wartość opałowa słomy suchej wynosi 16,1-17,4 MJ/kg. W krajach Europy Zachodniej (Dania, Wielka Brytania, Holandia), spalanie słomy na polach jest zabronione, zaś surowiec ten z powodzeniem jest wykorzystywany do celów energetycznych [www.eko-

system.com.pl]. Na przykład w Danii istnieje kilkanaście tysięcy kotłowni o małej mocy opalanych słomą i kilkadziesiąt kotłowni dużej mocy i elektrociepłowni na to paliwo. Wartość opałowa słomy w dużym stopniu uzależniona jest od wilgotności, ale także rodzaju słomy. Duży wpływ na wartość opałową słomy ma także stan w jakim została ona zebrana z pola. W wyniku długiego działania warunków atmosferycznych staje się szara, tracąc jednocześnie na wartości opałowej. Wybrane parametry fizykochemiczne słomy przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane parametry fizykochemiczne słomy [www.eko-system.com.pl]

Table 1. Select physicochemical parameters of straw

Rodzaj słomy	Wartość opałowa słomy świeżej MJ/kg	Zawartość wilgoci w słomie świeżej %	Wartość opałowa słomy suchej MJ/kg
Pszenna	12,9–14,9	12–22	17,3
Jęczmienna	12,0–13,9	12–22	16,1
Kukurydziana	3,3–7,2	50–70	16,8

TECHNOLOGIE SPALANIA SŁOMY

Wykorzystanie słomy jako paliwa w prymitywnych piecach do ogrzewania budynków mieszkalnych na wsi, a nawet pod płytami kuchennymi w ubogich rodzinach wiejskich, znane było od dawna. Takie prymitywne spalanie słomy charakteryzuje się oczywiście bardzo niską sprawnością cieplną (najwyżej 30–35%) i emisją do atmosfery dużych ilości tlenu węgla, pyłów i szkodliwych substancji organicznych.

Profesjonalne podejście do energetycznego wykorzystania słomy zaczęło się w niektórych krajach europejskich, a szczególnie w Danii, w latach 70., czyli w latach tzw. kryzysu paliwowego. Wówczas rozpoczął się szybki rozwój konstrukcji kotłów centralnego ogrzewania opalanych słomą, które zastępowały dotychczasowe kotły olejowe lub gazowe i zapewniały wyższą sprawność cieplną oraz niższe emisje szkodliwych składników spalin. Liderem w tej dziedzinie stała się Dania [www.gsp.pl/biomasa.htm].

Opracowano i wdrożono do praktyki trzy podstawowe systemy spalania słomy [www.gsp.pl/biomasa.htm]:

- okresowo-cykliczne spalanie ładunków słomy w tzw. kotłach wsadowych; są to kotły o mocy do 1000 kW,
- spalanie słomy ciętej na odcinki o długości 5–10 cm w kotłach automatycznych o działaniu ciągłym; są to kotły o mocy od 1 do kilkunastu MW,
- spalanie słomy w tzw. „systemie cygarowym” w kotłach o działaniu ciągłym; są to kotły o mocy od 1 do kilkunastu MW.

W tabeli 2 przedstawiono ilość pozyskiwanej energii z 1 kg różnych rodzajów biomasy.

Tabela 2. Ilość energii z 1 kg biomasy [www. hgsp.pl/biomasa.htm]

Table 2. Energy from 1 kg biomass

Spalany składnik	Ilość energii
Słoma żółta	14,3 MJ
Słoma szara	15,2 MJ
Słoma szara	13,0 MJ
Trzcina	14,5 MJ

ENERGETYCZNE WYKORZYSTANIE SŁOMY WE FROMBORKU

Na terenie województwa warmińsko-mazurskiego istnieje kilkadziesiąt dużych instalacji, produkujących energię cieplną na bazie słomy, odpadów drzewnych oraz zrębków z plantacji energetycznych. Do największych z nich należą [WOS i GW Olsztyn 2004]:

- kotłownia opalana słomą we Fromborku (6,5 MW),
- kotłownia miejska opalana drewnem w Pieszku (21 MW),
- kotłownia opalana zrębkami wierzby energetycznej w Łukcie (2,5 MW),
- kotłownia Spółdzielni Mieszkaniowej w Jonkowie opalana biomasą (3 MW).

Miasto Frombork ogrzewane było z kilku lokalnych kotłowni węglowych o mocach od 100 do 2000 kW, wyposażonych w przestarzałe i znacznie wyeksploatowane urządzenia. Było to główne źródło zanieczyszczeń, działających niszcząco na zabytkową zabudowę Fromborka [Projekt 2000]. Dlatego wybudowano miejską kotłownię opalaną słomą, która stanowi główne źródło ciepła dla miasta. Zainstalowano tam trzy automatyczne kotły rusztowe o mocy nominalnej 2×2,5 MW i 1×1,5 MW, o sprawności energetycznej 85%. To przedsięwzięcie inwestycyjne obejmowało również wybudowanie magazynu słomy, zainstalowanie 67 węzłów ciepłowniczych i wykonanie sieci o długości 5980 m.

Ważnym motywem podjętych działań był fakt lokalizacji starej kotłowni miejskiej w centrum zabytkowej części miasta, w budynku dawnego kościoła. Miejski system ciepłowniczy Fromborka był zużyty technicznie, przestarzały i niedoinwestowany przez ostatnie lata [Projekt 2000]. Sieć ciepła była wykonana w niestosowanej technologii kanałowej, z rurami docieplanymi wełną mineralną.

Zastosowanie nowych kotłów, wbudowanie rur przeizolowanych i zastosowanie automatyki pogodowej w nowoczesnych kompaktowych węzłach ciepłych było priorytetowym zadaniem gminy miejskiej Frombork. Osiągnięto racjonalizację gospodarki cieplnej, infrastrukturę stymulującą rozwój usług turystycznych w mieście atrakcyjnym historycznie, przygotowaniu lokalizacji do prowadzenia działalności gospodarczej związanej z pozyskiwaniem lokalnych surowców energetycznych (biomasy) z sektora rolniczego. W pobliżu miasta znajduje się ok. 2000 ha pól uprawnych.

Miasto Frombork podjęło się przebudowy systemu ciepłowniczego, a budowa kotłowni i magazynu słomy była jego kluczowym elementem. Rezultatem sfinalizowania inwestycji jest [Projekt 2000]:

- oszczędność ok. 700 tys. zł. PLN, wynikająca z obniżenia kosztów produkcji ciepła, (obniżenie kosztów paliwa, obsługi, remontów, konserwacji i innych mediów),
- wprowadzanie nowej techniki i technologii, ochrona zabytków i dziedzictwa kulturowego,
- wprowadzenie nowych rozwiązań techniki ciepłowniczej – kotłów na słomę, sieci z rur preizolowanych, minimalizujących straty na sieci,
- ochrona budowli zabytkowej – kościół św. Mikołaja,
- podłączenie do kotłowni centralnej 423 odbiorców, w tym 18 nowych,
- zwiększenie sprzedaży energii cieplnej o ok. 9000 GJ/rok,
- obniżenie kosztów jednostkowych produkcji energii cieplnej,
- przez większą sprawność kotłów zwiększenie wykorzystania energii pierwotnej zawartej w spalonym paliwie,
- poprzez instalację odpylającą z trójstopniowym odpylaniem przy użyciu filtrów tkaninowych zmniejszenie ilości emitowanych zanieczyszczeń o 60% w stosunku do stanu obecnego,
- spadek emisji do atmosfery [Założenia 2000]: o 100% SO₂, tj. ok. 58 Mg / rok, o 61% NO, tj. ok. 10 Mg/rok, o 51% CO₂, tj. ok. 7500 Mg/rok, o 94% pyłów, tj. ok. 100 Mg/rok,
- spadek ilości odpadów – kotły na biomasę wytworzą ok. trzykrotnie mniej popiołu i będzie on wykorzystywany jako nawóz dla rolnictwa (wysoka zawartość azotu),
- stworzenie nowych miejsc pracy przy pozyskiwaniu paliwa z lokalnych zasobów.

Elekt ekologiczny przedstawiono w tabeli [Projekt 2000].

Tabela 3. Efekt ekologiczny [Projekt 2000]

Table 3. Ecological effect

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość przed modernizacją	Wielkość po zrealizowaniu inwestycji	Zmiana bezwzgl.	Zmiana wzgl. w %
		a	b	c = a - b	d = c/a • 100%
Dwutlenek siarki, SO ₂	t/rok	46,548	0	46,548	100
Tlenek azotu, NO	t/rok	19,859	11,030	8,559	43,7
Dwutlenek węgla, CO ₂	t/rok	8420,782	0	8420,782	100
Pyły	t/rok	60,28	9,576	50,704	84,1

W ramach realizowanego projektu odbiorcom ciepła nie zmieniono stawki opłaty. Przy projektowaniu systemu ciepłowniczego przewidziano możliwość zasilenia nowych odbiorców. Podłączone zostały dwie nowe instytucje oraz szesnaście gospodarstw domowych. Ogólna liczba odbiorców ciepła z tej inwestycji stanowi 90% w przypadku instytucji oraz 80% w przypadku gospodarstw domowych. Daje to łącznie 85% wszystkich odbiorców ciepła.

Udział procentowy wydatków na ciepło w przychodzie dla obiektów Fromborka w porównaniu z obiektami w innych rejonach o podobnej charakterystyce jest następujący [Projekt 2000]:

- udział procentowy wydatków na ciepło dla gospodarstw (mieszkań) rzędu 14,5% jest porównywalny z wielkościami dla miast korzystających z centralnej kotłowni w rejonach Polski północno-wschodniej, który wynosi 12-20%,

– udział procentowy wydatków na ciepło dla instytucji rządu 8,5% jest porównywalny dla takich obiektów, jak sanatoria, szpitale, domy dziecka i mieści się w granicach 7–10%.

W tabeli 4 przedstawiono porównanie kosztów produkcji ciepła przed i po realizacji projektu.

Tabela 4. Porównanie kosztów produkcji ciepła przed i po realizacji projektu przebudowy systemu ciepła [Projekt 2000]

Table 4. Comparison of the manufacture charges **before** and after redevelopment project of the thermal system

Koszty produkcji ciepła	Stan przed realizacją inwestycji	Stan po realizacji inwestycji
Koszt paliwa	954 200	441 600
Koszty energii elektrycznej	70 500	156 000
Koszty innych mediów	3 800	2 400
Materiały	22 200	14 000
Koszty obsługi	297 200	129 200
Usługi obce	15 800	8 500
Koszty remontów i konserwacji	89 100	24 000
Opłaty i kary ekologiczne	31 200	---
Koszty ogólnozakładowe	189 900	189 900
Razem koszty	1 673 900	965 600

Obniżka kosztów produkcji ciepła dla całego systemu ciepłego wyniosła [Projekt 2000]:

$$1\,673\,900 - 965\,600 = 708\,300 \text{ PLN}$$

Inne przychody (obniżka kosztów produkcji) odniesiona do magazynu słomy po zastosowaniu wskaźnika korygującego wyniosły:

$$708\,300 \times 6,2\% = 43\,915 \text{ PLN}$$

Efektem końcowym inwestycji stało się ożywienie gospodarcze na obszarze gminy i w jej najbliższym otoczeniu. W tabelach 5 i 6 przedstawiono możliwości finansowania projektu.

Tabela 5. Zestawienie dochodów i wydatków Gminy Frombork w latach 1998-2000 [Tokarski 2006]

Table 5. Specification of the **income** and expenditures in Frombork in 1998-2000 years

	Plan	Wykonanie	Struktura
Dochody 1998	4 910 486	4 655 608	94,81%
Wydatki 1998	5 272 366	4 965 341	94,18%
Dochody 1999	4 772 917	4 012 260	84,06%
Wydatki 1999	4 793 341	4 203 686	87,70%
Dochody 2000	10 926 227	10 030 045	91,18%
Wydatki 2000	11 331 527	9 747 768	86,60%

Tabela 6. Dotacje otrzymane przez gminę Frombork w latach 1998-2000 [Tokarski 2006]

Table 6. Endowments obtained by Frombork in 1998-2000 years

	1998	1999	2000
PHARE	–	30 000 euro	670 000 euro
Ekofundusz	–	–	1 900 000 zł
WOS i GW Olsztyn	–	–	550 000 zł
WOS i GW Elbląg	573 880 zł	–	–

Budowa i modernizacja systemu ciepłego Fromborka przyniosła szereg korzyści, zarówno dla społeczeństwa, jak i miasta. Po zainstalowaniu w nowej kotłowni urządzeń spalających różne rodzaje biomasy, stworzono dogodne warunki do wykorzystania podmokłych terenów nad Zalewem Wiślanym do uprawy wierzby energetycznej i wykorzystania tańszych paliw odnawialnych, co pośrednio wiąże się ze zwiększeniem opłacalności uprawy zbóż. Wyeliminowane zostały również straty ciepła podczas przesyłania, a podłączone do nowego systemu ciepłego objekty poprzez indywidualną, zależną od potrzeb regulację w nowoczesnych węzłach ciepłych optymalnie wykorzystują dostarczane ciepło. Ma to bezpośredni związek z obniżeniem kosztów jednostkowych produkcji energii cieplnej oraz zwiększeniem jej sprzedaży o ok. 9000 GJ/rok. Przez większą sprawność kotłów poprawiło się wykorzystanie energii pierwotnej zawartej w spalanej paliwie [Projekt 2000].

PODSUMOWANIE

Najważniejsze argumenty za energetycznym wykorzystaniem słomy to:

- stałe i pewne dostawy ekologicznego, krajowego nośnika energii (w przeciwieństwie do importowanej ropy lub gazu),
- ograniczenie degradacji środowiska poprzez ograniczenie palenia słomy na polu,
- zapewnienie dodatkowych źródeł dochodu dla ludności wiejskiej,
- ograniczenie emisji CO₂ z paliw konwencjonalnych,
- tworzenie lobby proekologicznego oraz aktywizacja ekonomiczna, przemysłowa i handlowa lokalnych społeczności wiejskich,
- decentralizacja produkcji energii i tym samym wyższe bezpieczeństwo energetyczne przez poszerzenie oferty producentów energii,
- przystosowanie się do wymagań UE.

Do nowej kotłowni podłączono 423 odbiorców, w tym 18 nowych, bez podnoszenia stawek opłat za ciepło. Ponadto powstały nowe miejsca pracy, a większa liczba mieszkańców uzyskała dostępność do wody użytkowej o niższy koszcie, co spowodowało wzrost poziomu higieny. Przebudowa systemu ciepłego wpłynęła również znacząco na środowisko naturalne. W znaczny sposób, bo aż o 60%, ograniczona została emisja szkodliwych związków chemicznych i pyłów do atmosfery, co ma wpływ na zmniejszenie liczby zachorowań na schorzenia dróg oddechowych oraz ochronę licznych zabytków klasy zerowej położonych na terenie miasta.

PIŚMIENNICTWO

- Hryniewicz A. 2000: Skąd brać energię? „Wiedza i życie” Warszawa.
Rocznik statystyczny 2004, GUS Warszawa, 2005.
Projekt – przebudowa systemu ciepłego miasta Frombork. Urząd Gminy i Miasta Frombork, Frombork 2000.
Praca zbiorowa 2000: Strategia rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
www.eko-system.com.pl, „Energia odnawialna”, Eko-System, 2005.
www.hgsp.pl/biomasa.htm. 2006.
WOS i GW Olsztyn . 2004. WOS i GW Elbląg. 2004
Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku, Warszawa 2000.
Tokarski M, 2006: Praca dyplomowa, PWSOŚ, Radom.

ENERGETIC UTILIZATION OF THE BIOMASS BASED
ON A STRAW-HEATED BOILER-ROOM IN FROMBORK

Summary. Problems relating to making use of the biomass as renewable energy based on a boiler-room heated by straw in Frombork were shown in this article. The use of biomass as fuel was formed within redevelopment project of the thermal system of Frombork. As a result, positive effects (especially ecological) were obtained.

Key words: removable energy, biomass, straw, environment

Recenzent: prof. dr hab. Stanisław Sosnowski