

**Sylwia Kawalko**  
**Małgorzata Olek**

Instytut Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza  
Politechnika Krakowska

## **SPALANIE BIOMASY**

### **1. Wprowadzenie**

Na przestrzeni lat rząd Polski podpisał szereg międzynarodowych konwencji dotyczących ochrony środowiska. Skutkiem tych działań było wydanie przez władze ustawodawcze i wykonawcze dokumentów kładących nacisk na zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii w ogólnym bilansie paliwowo-energetycznym kraju. 8 lipca 1999 roku opublikowano Rezolucję Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej w sprawie wzrostu wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych. Powstały dokumenty: „Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku”; „Długa polityka ekologiczna państwa”; „Długookresowa strategia trwałego i zrównoważonego rozwoju Polski do 2025 roku”[1]. W 2001 roku Sejm przyjął dokument Strategia Rozwoju Energetyki Odnawialnej zakładający uzyskanie 7,5 proc. energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych w 2010 r, a w 2020 r. - 14 procent [2].

Obecnie udział paliw kopalnych (węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny) w produkcji energii pierwotnej kształtuje się na poziomie 95 %. W Polsce ponad 98% energii ze źródeł odnawialnych to energia pozyskana z biomasy.

### **Czym jest biomasa?**

Biomasa obejmuje substancje organiczne pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego oraz odpady ulegające biodegradacji [3]. Może ona mieć formę pierwotną (drewno, słoma) lub przetworzoną (biogaz, etanol, metanol, makulatura). Biomase pozyskujemy z plantacji roślin uprawianych wyłącznie na cele energetyczne oraz z odpadów gromadzonych przy produkcji i przetwarzaniu produktów rolniczych (słoma odpadowa) oraz leśnych (odpady drzewne). Zaliczamy do niej także substancje organiczne występujące w osadach ściekowych.

## **Potencjał biomasy**

Polski węgiel kamienny charakteryzuje się ciepłem spalania na poziomie 25 MJ/kg, zawartością popiołu 22%, zawartością siarki 0,8%. Dla biomasy parametry te wynoszą 13/3/0,03. Można przyjąć, że 2 tony suchego drewna lub słomy są równe 1 tonie węgla. W roku 2004 rolnictwo i leśnictwo zebrało biomasę, która jest równoważna 150 mln ton węgla. Zakładając, że promieniowanie słoneczne w Polsce jest na poziomie 3600 MJ/m<sup>2</sup>rok, a sprawność fotosyntezy na poziomie 0,5% energia chemiczna zawarta w biomacie wyniesie 18 MJ/m<sup>2</sup>rok. Mamy więc 1400 Mg biomasy/km<sup>2</sup>rok. W Polsce obszar użytkowany rolniczo zajmuje powierzchnię 200 000 km<sup>2</sup> [4].

## **Mała energetyka, energetyka zawodowa**

Można wyróżnić 2 obszary wytwarzania energii cieplnej. Jeden to mała energetyka obejmująca indywidualne domostwa, osiedla oraz małe zakłady przemysłowe. Drugi obszar to energetyka tzw. zawodowa. Dla pierwszej grupy zamiana tradycyjnych nośników energii na „zielony węgiel” związane jest z analizą ekonomiczną opartą na lokalnych zasobach biomasy. Dla drugiej jest koniecznością wynikającą z przepisów.

Dyrektywy unijne i przepisy państw członkowskich zdefiniowały, co możemy nazwać biomasą, a ośrodki naukowe starają się stworzyć technologie pozwalające na najefektywniejsze wykorzystanie energii słońca związanej w substancjach organicznych. W chwili obecnej można wydzielić 3 grupy stosowanych rozwiązań techniczno-technologicznych:

- Spalanie biomasy
- Piroliza i zgazowywanie biomasy
- Współspalanie z węglem przy wykorzystaniu istniejących kotłów

## **2. Drewno**

Pomimo dużego asortymentu kotłów o parametrach pozwalających na efektywne wykorzystanie energii zawartej w drewnie w Polsce surowiec ten jest często spalany w małych kotłach na węgiel i miał węglowy o bardzo niskiej sprawności.

Kotły do spalania drewna są produkowane przez m. in. Firmę KUBACKI w Hajnówce, przedsiębiorstwo WUSP-MET w Pleszewie, firmę FUWI w Elblągu. Ocenia się że do użytkowników trafiło około 16 tys. kotłów o łącznej mocy 600MW. Powstają także większe instalacje pilotowe m in. w Kliniskach k. Szczecina (0,8MW), Rychlikach k. Elbląga (3MW), Wejcherowie (2MW) [4].

W Otwocku powstała kotłownia na odpady drzewne pozyskane z pielęgnacji zieleni miejskiej. Stary kocioł na koks zastąpiono kotłem fluidalnym o mocy 150 kW ogrzewa on zespół szklarni należący do Miejskiego Zakładu

Oczyszczania (produkujący rozsądę kwiatów i krzewów na potrzeby miasta). Odpady drzewne rozdrabniane są na rębarnie ciągnikowej, następnie transportowane do magazynu, wstępnie podsuszane, mechanicznie dozowane do kotła fluidalnego przystosowanego do spalania biomasy. Kocioł wyposażony jest w palenisko fluidalne, komorę osadczą, zasobnik popiołu oraz automatyczny układ sterujący. Z wymiennika ciepła odbierana jest woda o temperaturze do 95 oC i ciśnieniu do 0,4 MPa [5].

Podobną instalację uruchomiła w 2003 roku w Bochni firma Hydro SOLID. Kotłownia o mocy 0.4 MW zasila sieć grzewczą budynków biurowych i bazę warsztatową. Jednostką podstawową jest kocioł fluidalny KFD-s14u, rezerwę stanowi kocioł KFD-s9u [6].

Drewno może być spalane, ale również można go zgazowywać. Technologia zgazowania polega na wytlewaniu i pirolizie surowca. Powstały pirolityczny gaz drzewny służy do napędu silników spalinowych poruszających generatory prądu elektrycznego. Na rynku są dostępne zestawy energetyczne o wydajności cieplnej od 25kW do 197 kW.

### **3. Słoma [7]**

Produkcja słomy z roślin zbożowych i innych wynosi w Polsce około 26 mln ton. Około 15 mln ton przeznaczana jest na pasze, ściólkę oraz przeoranie. Pozostałe 11 mln ton można przeznaczyć na cele energetyczne.

Wartość energetyczna słomy w głównej mierze zależy od jej wilgotności. Za dużą wilgotność wpływa nie tylko na wartość energetyczną ale również na przebieg samego procesu spalania powoduje podwyższenie emisji zanieczyszczeń. Stwarza także problemy przy jej magazynowaniu, transporcie, rozdrabnianiu, dozowaniu do paleniska. Słoma świeża zwana żółtą zawiera w swoim składzie metale alkaliczne i związki chloru wpływające na procesy korozji i zażużłania elementów kotła. Słoma przeznaczona na cele energetyczne powinna być poddana procesowi wędnięcia. Pozostawia się ją na polu gdzie deszcz wymywa szkodliwe składniki, a następnie suszy (słoma szara). Wartość opałowa słomy żółtej wynosi 14,3 MJ/kg, a szarej 15,2 MJ/kg, temperatura spalania 850 – 1100<sup>o</sup>C[8].

Szczególnie cenne energetycznie są słomy: rzepakowa, bobikowa i słonecznikowa, zupełnie nieprzydatne w rolnictwie.

Ze względu na sposób podawania słomy rozróżnia się 3 podstawowe grupy kotłów:

- Kotły wsadowe – do okresowego spalania całych bel słomy
- Kotły do spalania słomy rozdrobnionej
- Kotły do ‘‘cygarowego’’ spalania całych bel słomy

Zastosowane kotłów wsadowych ma ekonomiczne i techniczne uzasadnienie dla kotłowni do mocy około 1 MW. Dla większych jednostek stosuje się kotły do spalania słomy rozdrobnionej. Kotły do spalania cygarowego nie są często stosowane w Polsce.

### **3.1 Kotły wsadowe**

Stosuje się kotły z przeciwprądowym systemem spalania. Sprawność cieplna tych kotłów wynosi 70-75%, emisja CO 1000 do 4000 mg/m<sup>3</sup>. Kotły te składają się z dwóch komór. Do pierwszej jest wkładana słoma i zgazowywana; w drugiej komorze następuje spalanie palnych składników powstałego gazu.

Powietrze włączane jest do kotła przez wentylator. Dzieli się na dwie strugi pierwotną i wtórna. Pierwotna włączana jest do komory z zapaloną słomą. Przy niedoborze tlenu dochodzi do zgazowania słomy. Powstały gaz składa się z tlenku węgla i innych palnych związków organicznych. Mieszanka gazowa powraca w przeciwprądzie do przestrzeni, w której natrafia na powietrze wtórne. Przy nadmiarze powietrza rzędu 25-50% zachodzi proces dopalenia CO do CO<sub>2</sub> i spalanie związków organicznych. Powstałe gazy spalinowe przechodzą do wymiennika ciepła i do komina.

### **3.2 Kotły na słomę rozdrobnioną**

Instalacja składa się:

- Linia podawcza słomy
- Rozdrabniacz słomy
- System pneumatyczny lub mechaniczny transportu słomy rozdrobnionej
- Śluza mechaniczna oddzielająca układ transportu słomy od podajnika – zabezpieczenie przeciwpożarowe
- Podajnik słomy do kotła (najczęściej ślimakowy)
- Najczęściej stosowane są kotły z rusztem schodkowym,

Ruszt podzielony jest na kilka stref spalania, z regulowaną ilością powietrza pierwotnego dostarczanego do każdej z nich. Powstające gazy spalone są nad rusztem. Komory spalania wyposażone są w system dysz, dostarczających powietrze wtórne. Ilość powietrza jest regulowana dla każdej ze stref indywidualnie, dzięki czemu możliwe jest spalanie różnych rodzajów słomy. Gazy spalinowe odprowadzane są do sekcji konwekcyjnej, gdzie ciepło jest oddawane do cyrkulującej wody kotłowej.

### 3.3 Spalanie cygarowe

Układ podawania stanowi automatyczna suwnica dozująca bele słomy do komory w postaci śluzy ogniowej kotła. Spalanie słomy przebiega na czołowej płaszczyźnie podawanej beli. Spadające fragmenty słomy dopalają się na ruszcie.

### 3.4 Emisja gazów spalinowych, odpady stałe

Wielkość emisji uzyskanych ze spalania słomy zależy od składu chemicznego paliwa, wilgotności, rodzaju i parametrów zastosowanego kotła, użytych urządzeń odpylających (tab. 1).

Substancja	Kotły zmechanizowane na słomę rozdrobnioną	Kotły wsadowe z załadunkiem okresowym
	mg/ N m <sup>3</sup>	mg/ N m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	170	170
NO <sub>x</sub>	400	400
CO <sub>2</sub>	517 939	517 939
CO	500-2000	1000-4000
pył	150	200

Tab. 1. Poziomy emisji uzyskane przy spalaniu słomy

W procesie spalania otrzymujemy pył i popiół. W kotłach zmechanizowanych z układem odpylania uzyskujemy 30-40 kg popiołu i 5-8 kg pyłu z tony słomy. Zarówno popiół jak i pył może być wykorzystany jako nawóz mineralny.

### 3.5 Kotłownie na słomę

Dostępne nadwyżki słomy nie są jednakowe we wszystkich województwach. Powstanie kotłowni opalanej słomą jest opłacalne w Wielkopolsce gdzie nadwyżki są rzędy 1 800 tys. ton. Natomiast zupełnie nieuzasadnione w województwie Podlaskim gdzie saldo słomy jest ujemne.

W Polsce od początku lat 90-tych zainstalowano kilkaset kotłów opalanych słomą o mocy 25 do 50 kW. Wykorzystywane są one głównie do ogrzewania domów jednorodzinnych i gospodarstw. Instalacja urządzeń umożliwiających wykorzystanie słomy jako źródła energii dla centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej w domu jednorodzinnym o powierzchni 180m<sup>3</sup> jest średnio ponad 3-krotnie droższa od tradycyjnych kotłów węglowych.

Wysokie koszty inwestycyjne zwracają się poprzez niski koszt pozyskania słomy.

Pierwsza kotłownia c.o. na słomę wzorowana na rozwiązaniach Duńskich została uruchomiona w roku 1996 w Osiedlu Zielonki we wsi Szropy w gminie Stary Targ k. Malborka. Do ogrzania 450 mieszkań użyto 2 kotłów DANSTOKER o mocy 0,5 MW każdy. Kotłownie na duńskich rozwiązaniach na słomę pracują także w Czerninie k Malborka (3MW), w Grabowcu k. Zamościa (1MW), w Lubaniu (8MW). Kotły firmy GRASO z Starogardu Gdańskiego o mniejszych mocach zainstalowano w Bączku k. Starogardu Gdańskiego (0,6MW); Kamienniku k. Elbląga (0,3MW), w Trutnowicach k. Tczewa (0,3MW).

Polskie firmy tj. ENERGOMONTAŻ W Gdańsku, METALERG w Oławie produkują małe kotły o mocy 50-60kW przeznaczone dla gospodarstw wiejskich.

Obecnie w Polsce pracują 24 kotłownie na słomę o dużej mocy i około 150 kotłów mniejszych łącznie o mocy ok. 55 MW

#### **4. Osady ściekowe**

W oczyszczalniach ścieków próbuję się wdrożyć technologie umożliwiające wykorzystanie osadów ściekowych na cele energetyczne.

W oczyszczalni w Gdyni-Dębogórze zbudowano spalarkę osadów ściekowych o mocy 4MW przepustowości 10-20 Mg s.m. osadów na dobę. Dostarcza ona ciepło do suszarni osadów o mocy 2 MW.

W Niepołomicach k. Krakowa w ramach 5 Programu Ramowego wdrażana jest pilotowa instalacja do spalania osadów ściekowych o wilgotności do 82%. Technologia oparta jest na palenisku fluidalnym o mocy 1 MW. Osad mieszany jest w stosunku 1:1 z odpadami drzewnymi.

Osady ściekowy można także zgazować i spalić. Urządzenia do pirolizy osadów ściekowych pracują m.in. w oczyszczalniach ścieków w Swarzewie k. Pucka, Radziejowie k. Konina, Brzozowie k.Krosna, Makowie k.Ciechanowa, Gostyninie k.Płocka. Spalają one na dobę ok. 200 kg s.m. osadów ściekowych o wilgotności 65% wymieszanych w stosunku 1:1 ze zrębkami [4].

#### **5. Uprawy energetyczne**

W lasach polskich nie ma wystarczającej ilości drewna opałowego aby zaspokoić potrzeby odbiorców indywidualnych i energetyki zawodowej. Szacuje się że łącznie z drewnem odpadowym z przemysłu drzewnego zasoby wynoszą 7,2 mln Mg drewna rocznie. Jeżeli dodamy do tego nadwyżki słomy w wysokości ponad 11 tys Mg. dla osiągnięcia zakładanego poziomu 14% w 2020 roku konieczne będą alternatywne źródła biomasy. Pojawiła się możliwość

zużytkowania gruntów odłogowanych dla energetycznego rolnictwa nieżywnościowego. Zakładane są plantacje energetyczne, roślin o szybkim, w porównaniu do tradycyjnych gatunków, przyroście masy. Najczęściej uprawiane są rośliny drzewiaste szybko rosnące (np. wierzby, topole, eukaliptusy), wieloletnie byliny dwuliścienne (np. topinambur, ślazowiec pensylwański, rdesty), trawy wieloletnie (np. trzcina pospolita, miskanty).

## **5.1 Wierzba**

Najbardziej rozpowszechniona jest uprawa wierzby - *Salix Viminalis*. Wiele osób wychodzi z błędnego założenia że wierzbę można posadzić na nieużytku, a ona sama rośnie. Najlepsze plony daje wierzba sadzona na glebach III i IV klasy, dobrze uprawionych, aluwialnych (w dolinach rzek), na gruntach po użytkach zielonych. Przed założeniem plantacji grunt należy odchwaścić oraz przygotować poprzez głęboką orkę i bronowanie. Plantacje wierzby nie wymagają nawożenia, jednak osady z oczyszczalni ścieków rozlane na polu wpływają korzystnie na przyrost wierzbowej masy drzewnej.

Koszty założenia 1 ha plantacji szacuje się na 7-8 tys. zł[9].

Pierwszy plon uzyskuje się zwykle po 2 latach uprawy i może odbywać się w cyklach 1-roczych, 2-letnich lub 3-letnich. Plon suchej masy drewna w zależności od częstotliwości zbioru może wynosić: 18.19 t/ha przy zbiorze co rok, 20.54 t/ha przy zbiorze co 2 lata, 26.44 t/ha przy zbiorze co 3 lata [10].

Wartość kaloryczna spalania zrębków pozyskanych z dwuletnich pędów wynosi 19,36 MJ/kg s.m.

## **5.2 Ślazowiec pensylwański [11]**

Ślazowiec pensylwański rośnie na glebach wszystkich klas z wyjątkiem VI i słabych klas V, odczyn obojętny, dopuszczalnie lekko kwaśny. Pole przeznaczone pod uprawę musi być wolne od chwastów. Plonem pozyskiwanym corocznie są zdrewniałe i zaschnięte łodygi. Ślazowiec może być uprawiany na plantacji przez okres 15 - 20 lat.

## **5.3 Słonecznik bulwiasty [11]**

Słonecznik bulwiasty (Topinambur) jest blisko spokrewniony ze słonecznikiem zwyczajnym. Jest łatwy w uprawie, odporny na susze i przemarzanie. Można go uprawiać na glebach podmokłych. Powoduje wyjąłowanie gleby. Zeschnięte części rośliny, mogą być bezpośrednio spalane lub przetwarzane i spalane w postaci brykietów lub peletów. Topinambur można uprawiać na jednym stanowisku przez 15-20 lat.

## **5.4 Miskant olbrzymi [11]**

Miskant olbrzymi jest gatunkiem trawy. Wyróżnia się dużą produkcją suchej masy od 8 do 25 t s.m./ha. Roślina ma małe wymagania glebowe jest jednak wrażliwa na ujemne temperatury, szczególnie w pierwszym roku po posadzeniu, konieczne więc byłoby przykrycie uprawy np. słomą. Wartość energetyczna wynosi 19,25 MJ/kg s.m W Polsce dotychczas brak jest pełniejszej oceny przydatności tej rośliny do uprawy na cele energetyczne.

## **5.5 Wykorzystanie biomasy z plantacji energetycznych**

W Polsce nie ma jeszcze kotłowni, która byłaby zasilana wyłącznie np. zrębkami wierzbowymi. Opracowywane są projekty gminnych lub powiatowych kotłowni zasilanych zrębkami wierzbowymi w okolicach Szczecina, Żagania, Piły, Wolsztyna.

W chwili obecnej właściciele plantacji wierzby energetycznej czerpią zyski głównie ze sprzedaży sadzonek.

Energetyka zawodowa, która może być głównym odbiorcą roślin energetycznych, wymaga od plantatorów dostarczania jednorodnego materiału. „Zielony węgiel” musi występować w formie umożliwiającej jego dozowanie do kotłów przy użyciu istniejących systemów transportu i dozowania lub po ich niewielkich modyfikacjach. W Polsce system kojarzący produkcję, dystrybucję i wykorzystanie biomasy dopiero jest tworzony. W miejscowości Kossów gm Radków obecnie woj. Świętokrzyskie powstał pierwszy zakład produkujący biomasę energetyczną dla potrzeb elektrociepłowni Tychy [12].

## **6. Energetyka zawodowa**

Podpisanie traktatu w Kioto ze zobowiązaniem do zmniejszania emisji gazów cieplarnianych ukierunkowało politykę energetyczną naszego państwa na stopniowe zwiększanie udziału biomasy w paliwach wykorzystywanych w dużej energetyce.

### **6.1 Trudności przy stosowaniu biomasy jako paliwa w energetyce zawodowej [1]**

Największym problemem użytkowania biomasy jako paliwa jest ich wysoka wilgotność (tab. 2), od której uzależniona jest kaloryczność. Często musi być ona podsuszana przy użyciu paliw kopalnych. Po wysuszeniu wartość opałowa jest zbliżona do przeciętnego węgla kamiennego (Tab1).



Mała gęstość nasypowa i stosunkowo niska wartość opałowa biomasy stwarzają trudności w doborze odpowiednich parametrów procesowych, aby otrzymać ten sam efekt energetyczny trzeba zużyć 2 razy więcej biomasy.

Popiół zawiera metale alkaliczne w ilości od kilku do kilkudziesięciu %. Konieczne jest stosowanie odpowiednich urządzeń usuwających popiół. Duży udział substancji lotnych powoduje, że proces spalania przebiega szybko i jest trudny do kontroli.

Biomasa charakteryzuje się dużą niejednorodnością składu. Obecny w jej strukturze tlen, azot, chlor, prowadzi do powstawania w procesie spalania wysokich poziomów tlenków azotu ponadto produkowany jest chlorowódor, dioksyne i furany.

<b>Paliwo</b>	<b>Wartość energetyczna [MJ/kg]</b>	<b>Zawartość wilgoci [%]</b>
Drewno kawałkowe	11.0 – 12.0	20 – 30
Zrębki	6.0-16.0	20 – 60
Rośliny energetyczne	13.0 – 21.5	–
Słoma	14.4 – 15.8	10 – 20
Osad ściekowy	11.0	–
Węgiel	29.8 – 32.7	5 – 20

**Tab. 2 Właściwości biomasy [13]**

## **6.2 Południowy Koncern Energetyczny [14]**

Południowy Koncern Energetyczny opracował program wdrożeniowy produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii metodą współspalania biomasy z paliwami podstawowymi. Wzięto pod uwagę istniejące instalacje kotłów fluidalnych, ze względu na bezproblemowe dozowanie biomasy (jest ona dostarczana bezpośrednio do paleniska), pozyskania biomasy oraz możliwości sprzedaży maksymalnej ilości energii elektrycznej z danego bloku.

O koncesja na produkcję „zielonej energii” starają się:

1. W E Siersza przystosowano do współspalania biomasy roślinnej z węglem 2 bloki o łącznej mocy 24 MWe
2. W E Łaziska łączna moc wynosi 32 MWe
3. W E Jaworzno III współspalanie mączki mięsno – kostnej z paliwami podstawowymi moc 14 MWe
4. W EC Katowice trwają kolejne próby współspalania biomasy roślinnej z węglem kamiennym. Pierwsze próby przeprowadzone w październiku 2003r. Wykazały możliwość współspalania do 5% całkowitej energii chemicznej

dostarczonej do kotła. PKE prowadzi starania o koncesję na produkcję energii elektrycznej i ciepłej z wykorzystaniem biomasy.

## 7. Podsumowanie

Energetyczne wykorzystanie biomasy jest zagadnieniem skomplikowanym. Wymaga analizy dostępność surowców na danym terenie. Produkcja biomasy jest najbardziej opłacalna w odległości 50 km od jej potencjalnego odbiorcy. Dostosowania istniejących instalacji do spalania nowego rodzaju surowca, przy równoczesnym poszukiwaniu technologii pozwalających na przetwarzanie biomasy do postaci zbliżonej do paliw konwencjonalnych. Polskie firmy pracują nad wprowadzaniem na rynek nowoczesnych kotłów do efektywnego spalania słomy, drewna, osadów ściekowych. Za pośrednictwem turbin parowych oraz silników spalinowych napędzanych biogazem produkuje się energię elektryczną z biomasy.

Nowe Prawo Energetyczne umożliwi wykorzystanie lokalnych zasobów biomasy jako paliwa w energetyce. W praktyce pojawiają się niestety problemy. Wynikają one m in. z :

- niskich cen energii produkowanej z paliw konwencjonalnych nie uwzględniających kosztów zniszczenia środowiska
- kłopotów związanych ze sprzedażą lokalnie produkowanej energii elektrycznej do państwowej sieci energetycznej
- braku świadomości jakie możliwości daje wdrożenie rozwiązań opartych na odnawialnych nośnikach energii w planach zaopatrzenia w ciepło na poziomie gmin wiejskich

W chwili obecnej priorytetem jest możliwie szerokie propagowanie wiedzy na temat istniejących i sprawdzonych rozwiązań wykorzystujących biomasę do produkcji energii.

## Literatura:

- [1] Kubica K., Spalanie biomasy i jej współspalanie z węglem-techniki, korzyści, bariery, Zabrze 2003
- [2] [http://www.mos.gov.pl/1materialy\\_informacyjne/raporty\\_opracowania/energetyka/](http://www.mos.gov.pl/1materialy_informacyjne/raporty_opracowania/energetyka/)
- [3] Dz. U. Nr 267, poz. 2656; Rozporządzeniu Ministra Gospodarki i pracy W sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii.
- [4] Ściążko M, Zieliński H., Termochemiczne przetwórstwo węgla i biomasy, Zabrze-Kraków 2003.
- [5] <http://www.otzo.most.org.pl/publikacje/praktyki/otwock.htm>

- [6] Kandefer S. Wykorzystanie biomasy i odpadów w małej energetyce, XV Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna: Wentylacja, Klimatyzacja, Ogrzewnictwo, Zdrowie, Zakopane-Kościelisko 2-4 czerwca 2004, Wyd. PZITS.
- [7] Grzybek A.; Gradziuk P., Kowalczyk K., Słoma energetyczne paliwo, Wyd. Wieś Jutra Sp. z o.o, Warszawa 2001
- [8] <http://www.energetyka.most.org.pl/biomasa.htm>
- [9] [http://www.biomasa.org/jako\\_paliwo/uprawy\\_energetyczne/uprawa\\_wierzby](http://www.biomasa.org/jako_paliwo/uprawy_energetyczne/uprawa_wierzby)
- [10] Energia XXXIII, Dodatek reklamowy do RZECZPOSPOLITEJ., nr 295 (6372) 19 grudnia 2002 r.
- [11] [http://www.biomasa.org/jako\\_paliwo/uprawy\\_energetyczne/](http://www.biomasa.org/jako_paliwo/uprawy_energetyczne/)
- [12] [http://www.geoland.pl/dodatki/energia\\_xxxiii/ec\\_tychy.html](http://www.geoland.pl/dodatki/energia_xxxiii/ec_tychy.html)
- [13] [http://www.biomasa.org/biomasa/jako\\_paliwo/](http://www.biomasa.org/biomasa/jako_paliwo/)
- [14] <http://www.pke.pl/>