

Dr hab. inż. Bożena Borycka  
Katedra Nauk o Jakości  
Politechnika Radomska

## Walory ekologiczne spalania biomasy z odpadów owocowo-warzywnych

Biomasa jako produkt fotosyntezy jest formą gromadzenia energii słonecznej. Biomasa traktowana jest jako energia odnawialna, gdyż wegetacja roślin może odbywać się tak długo, jak świeci słońce i gleba jest urodzajna.

Potencjał energetyczny biomasy jest funkcją formy paliwa (zasobu biologicznego), rodzaju materiału, zawartości wilgoci, sortymentu oraz wynikającej z wymienionych cech wartości opałowej [7, 16]. Pozytywna rola biomasy jako paliwa wynika nie tylko z jej odnawialności, ale też dostępności, ilości, składu chemicznego i kosztów pozyskania [32, 34]. Biomase uznaje się powszechnie za paliwo „czyste ekologicznie” w porównaniu z paliwami kopalnymi. Aspekty ekologiczne spalania biomasy wiążą się z faktem, że emisja CO<sub>2</sub> w procesie spalania równa jest jego pochłanianiu podczas odnawiania tego biopaliwa drogą fotosyntezy [16]. Procesy spalania paliw zanieczyszczają atmosferę, dużymi ilościami tlenków węgla i azotu, ditlenku siarki oraz pyłów.

Celem pracy były badania nad użytecznością źródeł biomasy z odpadów przemysłu owocowo-warzywnego jako „ekologicznie czystych” źródeł odnawialnych.

### Materiał do badań

W badaniach stosowano następujące materiały:

- 1) wyłtki aroniowe pochodzące z prób przemysłowych z ZPOW „Agriko” w Łęczycy – BA,
- 2) wyłtki z czarnych porzeczek pochodzące z próby przemysłowej z ZPOW w Skrzyńsku – BP,
- 3) wyłtki z marchwi pozyskane z próby przemysłowej z ZPOW „Bawer” w Siemiatyczach – BM,
- 4) wyłtki z jabłek z próby przemysłowej pozyskane z ZPOW „Pektowin” w Jaśle – BJ,
- 5) młóto pomidorowe – odpady z przecieru pomidorowego z próby przemysłowej pozyskane z ZPOW w Milejowie – BPOM.
- 6) węgiel – paliwo węglowe pobrane zostało z dostarczanych do wybranego zakładu przemysłu owocowo-warzywnego partii – W,

### Metody badań

#### Oznaczanie właściwości energetycznych

Badania wskaźników energetycznych i właściwości paliwowych wykonano w Akredytowanej Jednostce Badawczej

Głównego Instytutu Górniczego w Katowicach w Zakładzie Oceny Jakości Paliw Stałych. Zawartość popiołu określono zgodnie z PN-G-04560:1998 [26]. Zawartość części lotnych oznaczono wg PN-G-04516:1998 [25]; wartość opałową wyznaczono w oparciu o PN-81/G-04513 [24]; zawartość siarki całkowitej i siarki popiołowej oznaczono zgodnie z PN-G-04584:2001 [28]; a zawartość węgla, wodoru, azotu (C, H, N) w oparciu o PN-G-04571:1998 [27].

#### Szacowanie emisji gazowo-pyłowych

Do oznaczenia wielkości emisji poszczególnych gazów oraz pyłu z niekonwencjonalnych źródeł energii wykorzystano metodę wskaźników emisji. Emisję określano według wzoru:

$$Emisja = A \cdot WE$$

gdzie:

- A – aktywność, Mg,  
WE – wskaźnik emisji, kg/Mg.

Emisję wyliczano przy następujących założeniach:

- spalanie w kotle płomieniowym o mocy nominalnej 100 kW
  - sprawność kotła wynosi 85%.
- Ilość spalanego paliwa w ciągu godziny określono z zależności [4]:

$$B = \frac{3600 \cdot M}{\eta \cdot W_d}$$

gdzie:

- B – zużycie paliwa, kg/h,  
M – nominalna moc kotła, kW,  
 $\eta$  – sprawność spalania,  
 $W_d$  – wartość opałowa, kJ/kg.

Z powodu braku danych literaturowych dotyczących wskaźników emisji i unosu z procesu spalania badanych źródeł biomasy z odpadów owocowych i warzywnych, zdecydowano się na ich wyznaczenie [22]. Wielkość wskaźników emisji poszczególnych gazów oraz pyłu ze źródeł energetycznej biomasy określono w oparciu o opracowanie Radovića [29]. Podstawą do obliczeń była powszechnie stosowana metodyka IPCC/OECD [9].

## Wyniki badań i dyskusja

Metodyka szacowania emisji wykorzystuje parametry stanu roboczego paliwa, jak również dane odnoszące się do techniki i technologii spalania. Dlatego w tabeli 1 zestawione zostały przydatne do takich rozważań parametry stanu roboczego badanych paliw.

Wyniki badań stanu roboczego paliw zestawione w tabeli 1 potwierdziły powszechnie panujące przekonanie, iż biomasowe źródło jest paliwem, które charakteryzuje się: niższą wartością opałową, niższą zawartością siarki oraz niższą zawartością popiołu w porównaniu ze spalaniem węgla [14, 29, 30].

Szacunkowe wielkości emisji dokonywane są w oparciu o wskaźniki emisji EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook [29] oraz opracowane przez Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa [22]. W niniejszych rozważaniach zastosowano obie metody szacowania wskaźników emisji, używając wartości wskaźników emisji jednostkowych dla węgla opartych na doświadczalnym ich wyznaczeniu w określonym typie kotła [22]. Dyskusja tych wyników sprawia sporo trudności, bowiem dane literaturowe [5, 8, 20, 23, 33] często podają wyniki zmierzone różnymi metodami.

Wyliczone wartości emisji jednostkowych WE wyrażony w kg/GJ, zaprezentowane w tabeli 2, potwierdzają tezę postawioną przez wielu specjalistów i badaczy [17, 36], w myśl której szczególną zaletą energetycznych źródeł biomasowych jest, korespondująca ze składem elementarnym paliwa, niższa emisja

CO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub> podczas jego spalania. Do zalet badacze ci zaliczają też niższe wartości wskaźników emisji z procesów spalania biomasowych źródeł dla większości pozostałych gazów w porównaniu z paliwami konwencjonalnymi, a przede wszystkim z węglem. W przypadku badanych źródeł biomasy jedynie dla tlenków azotu wystąpiło podwyższenie ich poziomu.

Wartość wskaźnika emisji CO dla procesu spalania biomasy zależy od warunków procesu, typu i wieku urządzeń kotłowych oraz rodzaju i właściwości spalanego materiału [29]. W niniejszych badaniach przyjęto WECO dla kotła płomienicowego z rusztem stałym.

Zaprezentowane w tabeli 2 WECO dla BZBO okazały się niższe niż dla węgla; o około 12 – 14% dla wyłtoków jabłkowych i marchwiowych, o około 17 – 22% dla wyłtoków owoców aronii i czarnych porzeczek oraz o około 24% dla młota pomidorowego.

Natomiast czyste źródła biomasy odpadowej, a w szczególności z młota pomidorowego i wyłtoków porzeczkowych (średni WE<sub>CO</sub> = ok. 2,9 kg/GJ) mogą znacznie mniej niż czysty węgiel emitować CO do atmosfery. Wartość wskaźników emisji BZBO z jabłek, marchwi i aronii określono na poziomie 3,1 – 3,4 kg/GJ. Podobne wartości (ok. 3,4 kg/GJ) dla biomasy wysłodkowej oszacowała Kubik [19]. Natomiast dla tradycyjnej biomasy źródła literaturowe [3, 10] podają następujące wartości WECO: dla słomy 0,038 – 1,15 kg/GJ, a dla drewna około 0,04 kg/GJ. Rozpiętość danych świadczy o zależności tego parametru od użytej techniki i technologii spalania oraz o trudnościach metodycznych w obliczeniach.

Tabela 1  
Główne miary statystyczne właściwości energetycznych i składu elementarnego paliw w przeliczeniu na stan roboczy

Paliwo	Popiół	Wartość opałowa	Siarka całkowita	Siarka popiołowa	Siarka palna	Węgiel	Azot
	%	KJ/kg	%	%	%	%	%
BJ	1,24 ±0,03	15937,8 ±62,3	0,06 ±0,01	0,01 ±0,01	0,06 ±0,01	43,73 ±0,50	0,78 ±0,10
BM	3,40 ±0,21	16231,67 ±75,83	0,08 ±0,01	0,00 ±0,00	0,08 ±0,00	43,61 ±0,20	1,59 ±0,06
BP	2,90 ±0,21	20863,00 ±46,86	0,30 ±0,02	0,02 ±0,00	0,28 ±0,02	50,27 ±0,39	2,61 ±0,11
BA	1,65 ±0,02	19641,3 ±75,0	0,08 ±0,01	0,02 ±0,01	0,00 ±0,00	50,73 ±0,41	0,75 ±0,10
B – POM	2,65 ±0,07	23275,3 ±69,0	0,30 ±0,03	0,01 ±0,01	0,30 ±0,04	54,90 ±0,35	3,24 ±0,06
W	18,66 ±3,32	26103 ±1195,2	0,46 ±0,14	0,2 ±0,02	0,26 ±0,17	66,57 ±2,8	1,16 ±0,09

Tabela 2  
Wskaźniki emisji gazowo-pyłowych dla biomasy [218] i dla węgla wg [153]

Paliwo	WE <sub>CO</sub>	WE <sub>NO<sub>x</sub></sub>	WE <sub>SO<sub>2</sub></sub>	WE <sub>Pył</sub>
BJ	3,38	80,90	0,17	0,10
BM	3,31	64,61	0,35	0,26
BP	2,97	58,88	0,44	0,18
BA	3,18	63,13	0,13	0,11
B - POM	2,91	57,03	0,49	0,14
W	3,83	70,87	0,04	1,14

Przedstawione w tabeli 2 wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> wykazują spore różnicowanie dla źródeł biomasy, są one o około 9 – 19,5% niższe niż dla węgla, jedynie w przypadku niżej energetycznych BJ poziom jest wyższy. Można sporządzić następujący szereg (bez BJ): BM > BA > BP > BPOM. Warto zwrócić uwagę, że szereg ten niemal w całości odpowiada szeregowi zawartości węgla w biomasowych źródłach.

Porównując wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> przeliczone na jednostkę energii, daje się zauważyć wyraźnie niższe ich wartości (57–65 kg/GJ) od wskaźników węglowych (71 kg/GJ) i dotyczy to większości badanych biomasowych źródeł. Jedynie stosunkowo niskoenergetyczne wyłtki jabłkowe charakteryzuje wyższy wskaźnik (na poziomie 81 kg/GJ), który koresponduje z ustalonym przez Kubik [19] wskaźnikiem dla wyłtków buraczanych (83 kg/GJ). Wskaźnik emisji ditlenku węgla przyjęty dla węgla okazał się znacząco niższy od danych literaturowych (94–100 kg/GJ) [1, 3], co można tłumaczyć, z jednej strony, brakiem jednoznacznej metody szacowania danych, z drugiej – różnicami pomiędzy teorią a danymi pomiarowymi. W odniesieniu do wartości tego wskaźnika dla drewna i bagassy (ok. 102 kg/GJ) [7, 35] badane źródła biomasowe okazały się paliwem znacznie mniej obciążającym środowisko.

Wyniki badań nad spalaniem biomasowych źródeł BZBO zawarte w tabeli 2 potwierdzają głoszoną w źródłach literaturowych [15] tezę, że biomasa w porównaniu z węglem charakteryzuje się dużą zawartością części lotnych, aczkolwiek w poszczególnych źródłach biomasy jest ona zróżnicowana.

Warto zauważyć, że niektóre źródła literaturowe [2, 21] podają, że podczas odgazowania paliwa azot dzielony jest pomiędzy uwalniane części lotne i powstały koksik, a ich proporcje uzależnione są od rodzaju paliwa. Opisane w nich badania dowodzą, że udziały azotu są porównywalne z udziałem części lotnych. Z teorii tej wynika, że wielkość emisji NO<sub>x</sub> ze spalania biomasowych źródeł może być wyższa niż ze spalania węgla.

Należy też przypomnieć, iż badane tutaj źródła biomasy są pod względem zawartości azotu zróżnicowane (tab. 1), przy czym odpady warzywne, w tym głównie młóto pomidorowe, charakteryzuje znacznie wyższy od węgla poziom tego pierwiastka. Przedstawione w tabeli 2 obliczone wartości wskaźników emisji, wyrażone w kg/GJ dla każdego biomasowego źródła są wyższe niż dla węgla [odpowiednio: wyłtki jabłkowe – młóto pomidorowe: 0,17 – 0,49 kg/GJ, węgiel: 0,04 kg/GJ], a także kompozycje mogą emitować znacząco więcej tlenków azotu. Z danymi tymi korespondują wyniki doświadczeń Kubik [19] nad emisją jednostkową NO<sub>x</sub> obliczoną dla spalania wyłtków cukrowniczych (WE<sub>NO<sub>x</sub></sub> = 0,36 kg/GJ). Bartuszevska [1] natomiast podaje znacząco wyższe wartości WE<sub>NO<sub>x</sub></sub> od uzyskanych w niniejszej pracy dla węgla (0,3 – 0,4 kg/GJ) oraz porównywalne wartości tych parametrów dla słomy i drewna (0,16 kg/GJ) do WE<sub>NO<sub>x</sub></sub> wyłtków jabłkowych i aroniowych (odpowiednio: 0,17 do 0,13 kg/GJ). Trzeba podkreślić, iż wartości te są uzależnione od jakości spalanego paliwa, jego składu oraz techniki i technologii spalania. Dlatego też źródła literaturowe pokazują dużą rozpiętość wyników dla podobnie określonych paliw, np. Janowicz ze współpracownikami [10] podaje dla słomy szeroki przedział wartości WE<sub>NO<sub>x</sub></sub>: 0,04-0,15 kg/GJ.

Też o korelacji poziomu siarki w paliwie z ilością powstających podczas spalania tlenków siarki [12, 29] potwierdziły

uzyskane tutaj wyniki badań. Jak pokazuje tabela 1 biomasowe źródła charakteryzują się niższą, aczkolwiek zróżnicowaną, zawartością siarki ogółem, stąd ustalone wartości wskaźników emisji podczas ich spalania, zawarte w tabeli 3, też są zróżnicowane, ale niższe od wskaźników emisji z węgla. Można je przedstawić w następującym szeregu: E<sub>SO<sub>2</sub></sub> w kg/GJ: BJ = BA - 0,06 < BM - 0,10 < BPOM - 0,25 < BP - 0,27 < W - 0,28. Oznacza to, że emisja SO<sub>2</sub> przy uzyskaniu jednostki energii z wyłtków jabłkowych i aroniowych jest niższa w porównaniu z węglową o około 80%, podczas gdy dla młóta pomidorowego tylko o 11%. Warto przypomnieć, że podobne relacje obserwowano analizując skład elementarny tych paliw, bowiem najwięcej siarki całkowitej zawierają odpady porzeczkowe i pomidorowe, istotnie mniej – wyłtki marchwiowe i aroniowe, a najmniej – wyłtki jabłkowe. Wyniki oszacowanych wskaźników emisji korespondują z uzyskanymi przez Kubik [19] dla wyłtków (na poziomie 0,11 kg/GJ) oraz z podanymi przez Janowicza i współpracowników [10] dla słomy (0,1 – 0,17 kg/GJ). Są one jednak znacząco wyższe niż dla drewna (na poziomie 0,01 – 0,03 kg/GJ) [3, 7, 10]. Oznacza to, że w odniesieniu do tradycyjnej biomasy ze słomy wartość wskaźnika emisji SO<sub>2</sub> dla wyłtków jabłkowych, aroniowych i marchwiowych jest porównywalna, natomiast zdecydowanie wyższa w porównaniu z biomasą drzewną.

Należy zauważyć, że niektórzy badacze podają wyższą wartość wskaźnika emisji ditlenku siarki dla węgla na poziomie 0,4 – 0,5 kg/GJ [1, 3, 7], co zapewne wiąże się z jakością stosowanego paliwa.

Zdolność do emisji pyłu uważana jest za cechę świadczącą o „ekologiczności” paliwa, a jest ona funkcją m.in. zawartości popiołu w paliwie, rodzaju paleniska, warunków spalania.

Wyniki badań składu chemicznego badanych źródeł biomasy (tab. 1) potwierdziły sformułowaną przez wielu badaczy tezę [13, 30], a mianowicie: biomasę charakteryzuje znacznie niższa zawartość popiołu niż węgiel. Teoretycznie zatem wskaźnik unosu pyłu dla biomasowych OZE w stosunku do wartości tego wskaźnika dla węgla powinien odzwierciedlać taką relację. Prezentowane w tabeli 2 dane odnoszące się do pyłu, dotyczą tej jego ilości, która jest unoszona z paleniska wraz z lotnymi związkami składającymi się na strumień spalin, dlatego oznaczają poziom wskaźnika unosu. Nie uwzględniają one bowiem stopnia redukcji pyłu w spalinach, wynikającej z działania urządzenia odpylającego. Wyniki ustalonych wartości wskaźników unosu dla spalanych źródeł biomasy są ponad 77% (do 90%) niższe niż dla analizowanego węgla. Potwierdzeniem tego zjawiska są też doniesienia literaturowe, dotyczące badań porównawczych rzeczywistych procesów spalania drewna i słomy oraz węgla pod kątem różnic emisyjnych [6, 31]. Podobne wyniki uzyskała Kubik [19] dla wyłtków, w których wskaźnik unosu pyłu był około 40% niższy w porównaniu z poziomem tego wskaźnika dla analizowanego przez tę badaczkę węgla.

Jak już wspomniano wielkość zanieczyszczeń emitowanych do środowiska podczas spalania paliw zależy od ich reaktywności, parametrów procesu spalania i warunków panujących w komorze paleniskowej [23]. Do spalania biomasy na szeroką skalę stosuje się kotły płomienicowe o małej mocy, które mogą być instalowane w gospodarce komunalnej oraz w rozproszonym ogrzewalnictwie indywidualnym.

Spróbowano wykorzystać wyliczone wcześniej wskaźniki emisji do określenia emisji gazowo-pyłowych dla biomasowych źródeł i ich kompozycji z węglem w modelowych warunkach ciepłowni. Rozważając emisje w niniejszej pracy oszacowano je dla powszechnie stosowanego do spalania biomasy kotła rusztowego płomienicowego małej mocy (o mocy nominalnej 100KW).

Zestawione w tabeli 3 obliczone emisje CO ( $E_{CO}$ ) dla biomasowych źródeł, są niższe od emisji z węgla.  $E_{CO}$  zmniejszają się dla biomasy w stosunku do węgla w granicach 15 – 20%.

Podobnie na podstawie wyników przedstawionych w tej tabeli stwierdzono niższe emisje CO<sub>2</sub> ( $E_{CO_2}$ ) z biomasowych źródeł (z wyjątkiem uboższych energetycznie wyłtoków jabłkowych) od emisji z węgla.

**Tabela 3**  
Oszacowane wielkości emisji gazowo-pyłowych dla kotła płomienicowego o mocy nominalnej 100KW i sprawności 85%

Paliwo	Max zużycie paliwa	Emisje gazowe				Emisja pyłu
		$E_{CO}$	$E_{CO_2}$	$E_{NO_x}$	$E_{SO_2}$	
	B					
	Mg/h	kg/h				
BJ	0,0266	1,43	34,30	0,07	0,03	0,04
BM	0,0261	1,40	27,37	0,15	0,04	0,11
BP	0,0203	1,26	24,94	0,19	0,11	0,07
BA	0,0216	1,35	26,78	0,06	0,03	0,05
B - POM	0,0182	1,23	24,16	0,21	0,11	0,06
<b>W</b>	<b>0,0163</b>	<b>1,63</b>	<b>30,16</b>	<b>0,02</b>	<b>0,12</b>	<b>0,49</b>

W przeciwieństwie do prawnego obowiązku wniesienia opłat za emisje z procesu współspalania kompozycji biomasowo-węglowych, możliwe jest pomijanie emisji CO<sub>2</sub> z czystej biomasy (jako antropogenicznego wkładu ilości tego gazu w cykl obiegu w przyrodzie) [29]. Fakt ten powoduje, że w zestawieniach emisji z procesu spalania biomasy często brak jest danych dotyczących ilości emitowanego CO<sub>2</sub>, dlatego występują trudności w dyskusji wyników badań.

Emisja tlenków azotu nie jest prostą funkcją składu elementarnego paliwa, lecz w większym stopniu wiąże się z techniką i technologią procesu spalania, na co zwracali uwagę Kobyłecki i Bis [11] i wielu innych badaczy [15, 21]. W przypadku emisji NO<sub>x</sub> biomasowe źródła okazały się ekologicznie uciążliwszym od węgla paliwem, a w szczególności młóto pomidorowe oraz wyłtoki z czarnych porzeczek i wyłtoki marchwiowe.

Powszechnie uznawanymi indykatorami „ekologiczności” paliwa są parametry emisji ditlenku siarki i pyłu lotnego. Obliczone emisje ditlenku siarki i pyłu ogółem potwierdziły, że wszystkie biomasowe źródła wykazują niższą od węgla emisję tych substancji.

Obliczone emisje gazowo-pyłowe, w większości przypadków potwierdzają zatem tezę o „ekologiczności” paliw z biomasy odpadowej.

## Podsumowanie

Analizując walory ekologiczne badanych źródeł biomasy stwierdzono, że  $WE_{CO}$  dla biomasowych źródeł są niższe niż dla węgla; o około 12 – 24%.

Także obliczone emisje (kotła rusztowego płomienicowego małej mocy) CO biomasowych źródeł, są niższe od emisji z węgla  $E_{CO}$ .

Również wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> dla biomasowych źródeł są o około 9 – 19,5% niższe niż dla węgla, aczkolwiek wykazują one zróżnicowanie, a w przypadku niżej energetycznych BJ poziom jest nawet wyższy. Podobnie stwierdzono niższe emisje CO<sub>2</sub> z biomasowych źródeł (z wyjątkiem uboższych energetycznie wyłtoków jabłkowych).

W przypadku emisji NO<sub>x</sub> biomasowe źródła okazały się, wbrew oczekiwaniom, ekologicznie uciążliwszym paliwem niż węgiel.

Wykazano też, że ustalone wartości wskaźników emisji SO<sub>2</sub> podczas spalania biomasy są zróżnicowane, ale niższe od wskaźników emisji z węgla: emisja SO<sub>2</sub> przy uzyskaniu jednostki energii z wyłtoków jabłkowych i aroniowych jest niższa w porównaniu z węglową o około 80%, podczas gdy dla młóta pomidorowego tylko o 11%.

Wyniki ustalonych wartości wskaźników unosu dla spalanych źródeł biomasą są znacząco niższe (80-90%) niż dla analizowanego węgla.

Można zatem orzec, że obliczone emisje dwutlenku siarki i pyłu ogółem [kg/h], jako wskaźniki walorów ekologicznych paliwa, potwierdziły, że wszystkie biomasowe źródła wykazują niższą od węgla emisję tych substancji i dlatego można je nazwać „ekologicznie czystymi” biomasowymi źródłami energii.

## LITERATURA

- [1] Bratuszewska E. (1999): Lepiej spalać słomę. *Zdr. Żyw. Zdr. Styl Życia*. 4(46): 31-32
- [2] Brereton C. (1997): Combustion performance. *Circulating Fluidized Bed* (edited by Grace J., Avidan A., Knowlton T.): 369-416
- [3] Buchoski J. (2004): Bioenergetyka polska – blaski i cienie. *Ryn. Energ.* 4:18-21
- [4] Chruściel S., Nowicki M. (1977): Problemy obliczeniowe w ochronie atmosfery. Część I, Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa
- [5] Fryda L., Panopoulos K., Pavlidou E., Kakaras E. (2006): Experimental investigation of fluidised bed co-combustion of meat and bone meal coals and olive bagasse. *Fuel* 85, 12-13, 1685-1699
- [6] Gradziuk B., Gradziuk P. (1995): Biomasa jako materiał energetyczny. *Tytoń Polski* 9/18: 14-15
- [7] Guzenda R., Świegoń J. (1994): Technologiczne i ekologiczne aspekty spalania masy drzewnej. *Gospod. Paliw. Energ.* 3: 10-20
- [8] Helmer W.A., Stokke D.D., Carbondale I.L. (1998): A case study of fluidised-bed combustion of wood/coal mixtures, Part A, The effect of wood particle size. *Forest Prod. J.* 48(3): 46-49.86
- [9] IPCC/OECD, (1995): Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 1.2 and 3 Bracknell, UK
- [10] Janowicz L., Hunter M., Gańko E. (2003): Research on solid biofuels: properties, measurements and standardization. The 8th Polish-Danish Workshop on Biomass for Energy, Starbienio: 37-45

- [11] Kobytecki R., Bis Z. (2003): Aspekty współspalania paliw alternatywnych z węglem w kotłach fluidalnych – szansa czy zagrożenie? *Gospod. Paliw. Energ.* 2: 2-8
- [12] Kordylewski W. (red.) (1993): Spalanie i paliwa. Politechnika Wrocławska, Wrocław
- [13] Korzeniowski Z. (2001): Słomiana energia. *Środowisko* 2: 14-16
- [14] Kowalewicz A. (2000): Podstawy procesów spalania. WNT, Warszawa
- [15] Kruczek H., Miller R., Tatarek A. (2000), Spalanie i współspalanie biomasy – korzyści i zagrożenia. *Gospod. Paliw. Energ.* 3: 13-19
- [16] Kruczek S. (2001): Nowa technologia utylizacji biomasy. Materiały z Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt. „Odnawialne źródła energii u progu XXI wieku”, Warszawa: 408
- [17] KTBL Arbeitspapier 249 – Kofermentation; Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft – KTBL; Darmstadt
- [18] Kubica K. (2001): Spalanie biomasy w urządzeniach grzewczych małej mocy – emisja zanieczyszczeń. *Mat. Międzynar. Konf. Nauk. pt. „Odnawialne źródła energii u progu XXI wieku”*, Warszawa: 419-426
- [19] Kubik B. (2006): Odnawialne paliwo w przemyśle cukrowniczym – ekonomiczne i ekologiczne przesłanki wykorzystania wyśtoków buraczanych. *Rozpr. doktorska*, PR, Radom
- [20] Lech-Brzyk K. (2001): Ekologiczne i prawne spalania drewna poprodukcyjnego, *Mat. Międzynar. Konfer. pt. „Odnawialne źródła energii u progu XXI wieku”*, Warszawa: 427-434
- [21] Leckner B., Karlsson M. (1993): Emission from circulating fluidized bed combustion of wood and coal. *Fluidized Bed Comb. Vol. 1 ASME*: 109-115
- [22] Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (1996): Wskaźniki emisji substancji zanieczyszczających, wprowadzanych do powietrza z procesu energetycznego spalania paliw. *Mat. Inform. Instrukc. seria 1/96*, Warszawa
- [23] Nowak W., Sekret R. (2002): Emisje zanieczyszczeń gazowych w procesie fluidalnego spalania węgla brunatnego i biomasy. *Gospod. Paliw. Energ.* 2: 7-14
- [24] PN-81/G-04513. Paliwa stałe. Oznaczanie ciepła spalania i obliczanie wartości opałowej
- [25] PN-G-04516:1998. Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości części lotnych metodą wagową
- [26] PN-G-04560:1998. Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości wilgoci, części lotnych oraz popiołu analizatorem automatycznym
- [27] PN-G-04571:1998. Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości węgla, wodoru i azotu automatycznymi analizatorami. *Metoda makro*
- [28] PN-G-04584:2001. Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości siarki całkowitej i popiołowej automatycznymi analizatorami
- [29] Radović U. (1997): Zanieczyszczenie atmosfery. Źródła oraz metodyka szacowania emisji zanieczyszczeń. CIE, Warszawa. 218
- [30] Ross A.B., Jones J.M., Chaiklangmuang S., Pourkahanian M., Williams A., Kubica K., Andersson J.T., Kerst M., Danihelka P., Bartle K.D. (2002): Measurement and prediction of the emission of pollutants from the combustion of coal and biomass in a fixed bed furnace. *Fuel*: 1045-1051
- [31] Szpil. Z. (2001): Słoma – paliwo ekologiczne i tanie. *Aura* 6:19
- [32] Tomasik P. (2000): Polisacharydy surowcem XXI wieku. *Przem. Spoż.* 1: 9-10
- [33] Tomeczek J., Woitkowska A., Jastrząb Z. (2003): Emisja  $N_2O$  z przemysłowych palenisk fluidalnych. *Gospod. Paliw. Energ.* 3: 5-8
- [34] Tymiński J. (1997): Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w Polsce do roku 2030. Aspekt energetyczny i ekologiczny. IBMER, Warszawa
- [35] US EPA (Environmental Protection Agency): Supp. F to compilation of air pollutant emission factor, Ap-42, v. 1, July 1993. (1.8): 2-4
- [36] Wiszniewski W. (1999): Innowacyjność polskich przedsiębiorstw przemysłowych. Procesy dostosowawcze do polityki innowacyjnej Unii Europejskiej. Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemśle „ORGMAZ”, Warszawa

**pronovum**<sup>®</sup>  
RESEARCH & TECHNOLOGICAL SERVICES

przy współpracy z

**PKE**  
Polski Komitet Energetyczny  
Energy Studies

Towarzystwo Gospodarcze  
Polskie Elektryczne  
Grupa Chemiczna

organizuje  
**XIII konferencję naukowo-techniczną**  
pn.

## UDZIAŁ CHEMII ENERGETYCZNEJ WE WZROŚCIE EFEKTYWNOŚCI URZĄDZEŃ

która odbędzie się w dniach 26 - 28 maja 2010 r.  
w Centrum Kongresów i Rekreacji „Orle Gniazdo”  
w Szczyrku

### TEMATYKA KONFERENCJI

- Problemy wodno-chemiczne w elektrowniach i elektrociepłowniach
- Reżimy chemiczne w układach wodno-parowych elektrowni i elektrociepłowni
- Problemy korozji i zabezpieczeń antykorozyjnych urządzeń energetycznych
- Nowe technologie i usługi z zakresu chemii energetycznej i ochrony środowiska
- Badania diagnostyczne i analiza warunków cieplno-mechanicznych pracy urządzeń energetycznych

Konferencji towarzyszyć będzie wystawa i sesja plakatowa; na której firmy krajowe i zagraniczne mogą zaprezentować swoje wyroby, technologie i usługi związane z tematyką konferencji.

Patronat medialny:

**Energetyka**

PRZEGLĄD ENERGETYCZNY

**CIRE.PL**

Dodatkowe informacje: [www.pronovum.pl](http://www.pronovum.pl)