

Uwarunkowania spalania i współspalania biomasy

Jarosław Frączek, Sławomir Francik, Zbigniew Ślipek

W artykule omówiony problem spalania i współspalania biopaliw. Przedstawione zostały działania podjęte przez kraje UE, sprzyjające wykorzystaniu biomasy jako paliwa stałego. Zwrócono również uwagę na problemy towarzyszące zastosowaniu biopaliw w istniejących systemach spalania.

Słowa kluczowe: biomasa, spalanie, współspalanie.

Wstęp

Postęp techniczny oraz wzrost stopy życiowej powoduje podniesienie stopnia wykorzystania różnych maszyn i urządzeń przez przeciętnego mieszkańca Ziemi. Skutkuje to znacznym zwiększeniem zużycia energii w skali światowej. Produkcja tej energii oparta jest przede wszystkim na konwencjonalnych źródłach, które w świetle wielu prognoz ulegną szybkiemu wyczerpaniu [28]. W związku z tym, istotnym kryterium decydującym o rozwoju sektora energetycznego w Polsce i na świecie jest możliwość efektywnego zagospodarowania energii pochodzących ze źródeł odnawialnych. Coraz bardziej istotne staje się rozwiązywanie problemu lokalnego zapotrzebowania na energię w aspekcie jego pokrycia ze źródeł kopalnych i odnawialnych. Prowadzone są m.in. liczne badania związane z możliwościami zasilania silników spalinyowych olejem roślinnym i biogazem [13, 14].

Energetyka światowa stoi obecnie przed koniecznością pogodzenia dwóch przeciwstawnych tendencji: rosnącego zapotrzebowania na energię oraz wyczerpywania się zasobów ropy, gazu i węgla. Dodatkowym czynnikiem, który coraz mocniej wpływa na strukturę zużycia paliw pierwotnych są coraz ostrzejsze normy dotyczące ochrony środowiska.

W roku 2008 Parlament Europejski przegłosował pakiet ustaw, nazywanych pakietem klimatycznym („pakiet 3x20%”). Zgodnie z tym pakietem, do 2020 roku państwa unijne będą zmuszone do (w stosunku do roku 1990):

- ograniczenia emisji CO₂ o 20%,
- zmniejszenia zużycia energii o 20%,
- wzrostu zużycia energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych do 20%.

Zamierzenia te mają na celu wymuszenie odejścia od wykorzystania wysokoemisyjnego węgla na rzecz odnawialnych źródeł energii oraz zmniejszenie energochłonności istniejących systemów.

Zrealizowanie przez Polskę ww. „pakietu 3x20%” może nastręczać duże trudności. Jak pokazano na rys. 1, w naszym kraju stosunkowo słabo rozwinięte jest wykorzystanie OZE (np. we Francji energetyka jest oparta w 85% elektrowniach atomowych). Z tych względów w krajowych prognozach przewidywany jest niższy – 15% wzrost udziału energii ze źródeł odnawialnych.

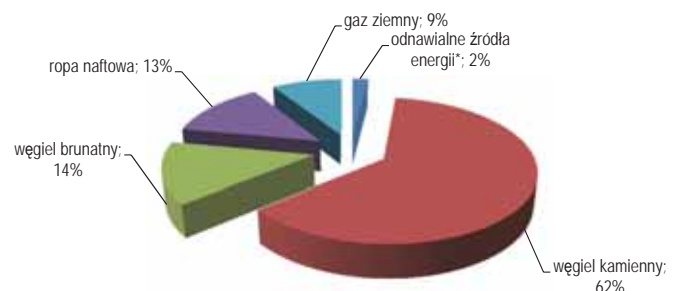
Zmiana struktury surowcowej produkcji energii w kierunku zastępowania paliw kopalnych odnawialnymi nośnikami energii, oprócz niezaprzeczalnych efektów ekologicznych w skali globalnej, ma ogromne znaczenie w wymiarze społecznym, co jest szczególnie istotne w polskich warunkach. Wykorzystanie biomasy jako źródła energii skutkować będzie bowiem

tworzeniem nowych miejsc pracy przy produkcji i obsłudze urządzeń technologicznych oraz w przygotowaniu i transporcie tych paliw [5]. Dodatkowo konieczna będzie między innymi obsługa doradcza dla podmiotów inwestujących w OZE [22, 29, 31].

Według wielu szacunków, trzecie co do wielkości, źródło energii odnawialnej stanowi biomasa, która może być znaczącym energetycznie substytutem paliw kopalnych. Energia pozyskiwana z biomasy stanowi obecnie dwie trzecie energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych i jak wynika z prognoz, odgrywać będzie kluczową rolę – w coraz bardziej przyjaznym dla środowiska – europejskim systemie energetycznym. Według danych zamieszczonych w tabeli 1 jednym z najważniejszych źródeł energii odnawialnej do roku 2020 będzie biomasa (w tym biomasa stała).

Nieskomplikowana technologia spalania biomasy – łatwa do adaptowania w wielu tradycyjnych systemach energetycznych oraz dostępność tańszego surowca sprawia, iż biomasa używana do celów energetycznych staje się konkurencją dla paliw tradycyjnych, a w krajowej strukturze dominuje jako źródło energii odnawialnej. W roku 2008 stanowiła ona aż 87% OZE (tabela 2).

Zostało to również uwzględnione w strategii rządu RP. Opracowany przez Ministerstwo Gospodarki „Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych” (*National Renewable Energy Action Plans*) [20] określa krajowe cele w zakresie udziału energii ze źródeł odnawialnych zużyte w sektorach transportowym, energii elektrycznej, ogrzewania i chłodzenia w 2020 r., uwzględniając wpływ innych narzędzi polityki efektywności energetycznej na końcowe zużycie energii oraz odpowiednie środki, które należy podjąć dla osiągnięcia krajowych celów ogólnych w zakresie udziału OZE. Przewidywane zapotrzebowanie na ener-



* wliczając energię jądrową

Rys. 1. Struktura zużycia energii w Polsce [28]

Tab. 1. Suma energii odnawialnej do ogrzewania i chłodzenia (RES-H / C) dla wszystkich 27 państw członkowskich Unii Europejskiej [2]

Rodzaj nośnika energii	Rok				Share [%] ^a	Share [%] ^b
	2005 [Mtoe]	2010 [Mtoe]	2015 [Mtoe]	2020 [Mtoe]		
Geotermia	0.4	0.7	1.3	2.6	2.3	1.0
Energia słoneczna	0.7	1.4	3.0	6.3	5.6	2.6
Biomasa stała	47.7	53.8	63.3	77.2	69.2	31.4
Biogaz	0.6	1.5	2.9	5.0	4.5	2.0
Biopaliwa płynne	1.1	3.6	4.1	4.4	3.9	1.8
Biomasa (suma częściowa)	49.4	58.9	70.2	86.5	77.6	35.2
Pompy ciepła powietrzne	0.1	2.3	3.7	6.1	5.5	2.5
Pompy ciepła ziemne	0.2	1.2	2.3	4.1	3.7	1.7
Pompy ciepła wodne	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.2
Energia odnawialna pomp ciepła (suma częściowa)	0.6	4.0	7.2	12.1	10.9	4.9
Suma energii odnawialnej do ogrzewania i chłodzenia	54.6	67.8	84.7	111.5	100.0	45.4

a – wartość procentowa odnosi się do udziału poszczególnych technologii w całkowitej energii odnawialnej do ogrzewania i chłodzenia w 2020 roku.

b – wartość procentowa odnosi się do udziału poszczególnych technologii w całkowitej ilości energii ze źródeł odnawialnych (energii elektrycznej, ogrzewania i chłodzenia oraz transportu) w 2020 roku.

Tab. 2. Pozyskanie energii ze źródeł odnawialnych w latach 2006-2008 [TJ] [27]

Rodzaj nośnika energii	Rok		
	2006	2007	2008
Biomasa stała	192 097	197 150	198 401
Energia promieniowania słonecznego	11	15	54
Energia wody	7 352	8 467	7 748
Energia wiatru	922	1 878	3 012
Biogaz:			
– z wysypisk odpadów	791	879	1 432
– ze ścieków	1 803	1 802	3 976
– pozostały	19	27	107
Pompy ciepła	33	68	605
Biopaliwa ciekłe:			
– bioetanol	3 542	2 792	2 459
– biodiesel	3 423	1 822	9 943
Energia geotermalna	535	439	531
Odpady komunalne	27	35	9
Razem	210 555	215 374	228 277

Tab. 3. Zapotrzebowanie na energię finalną brutto z OZE w podziale na rodzaje energii [TJ] [20]

Sposób wykorzystania	Rok					
	2006	2010	2015	2020	2025	2030
Energia elektryczna	370,6	715,0	1516,1	2686,6	3256,3	3396,3
Biomasa stała	159,2	298,5	503,2	892,3	953,0	994,9
Biogaz	13,8	31,4	140,7	344,5	555,6	592,6
Wiatr	22,0	174,0	631,9	1178,4	1470,0	1530,0
Woda	175,6	211,0	240,3	271,4	276,7	276,7
Fotowoltaika	0,0	0,0	0,0	0,1	1,1	2,1
Ciepło	4 312,7	4 481,7	5 046,3	6 255,9	7 048,7	7 618,4
Biomasa stała	4 249,8	4 315,1	4 595,7	5 405,9	5 870,8	6 333,2
Biogaz	27,1	72,2	256,5	503,1	750,0	800,0
Geotermia	32,2	80,1	147,5	221,5	298,5	348,1
Słoneczna	3,6	14,2	46,7	125,4	129,4	137,1

gię finalną brutto pochodzącą ze źródeł odnawialnych zamieszczono w tabeli 3. Energia finalna brutto została zdefiniowana zgodnie z dyrektywą OZE jako suma: finalnego zużycia nośników energii na potrzeby energetyczne, strat energii elektrycznej

i ciepła w czasie przesyłu i dystrybucji oraz zużycia własnego (energia i ciepło produkowane na potrzeby własne).

Wg tej prognozy, w roku 2030 – w stosunku do roku 2006 – przewidywany jest ponad sześciokrotny wzrost produk-

cji energii elektrycznej oraz około pięćdziesięcioprocentowy wzrost ilości ciepła pozyskiwanego z biomasy stałej.

Należy mieć świadomość, że wykorzystanie odnawialnych zasobów energii odnawialnej jest jednym z istotnych elementów zrównoważonego rozwoju państwa. Stopień ich wykorzystania jest uzależniony od wielkości zasobów oraz technologii przetwarzania. Ocenia się, że przy obecnie obowiązujących regulacjach prawnych, cenach energii elektrycznej i ciepła oraz stosowanym wsparciu finansowym, największy potencjał do wykorzystania w Polsce ma przede wszystkim biomasa, rozumiana jako drewno odpadowe z produkcji leśnej, uprawy roślin szybko rosnących (zwane uprawami energetycznymi), odpady komunalne oraz odpady z przemysłu rolno-spożywczego. O powodzeniu wprowadzenia „pakietu 3x20” decydować więc będzie szereg działań, w tym m.in. rozwój technologii do energetycznego przetwarzania biomasy. Ograniczenia intensywnego wprowadzenia tych technologii to z jednej strony właściwości energetyczne biomasy, a z drugiej niedostatki komercyjnych rozwiązań związanych z energetycznym wykorzystaniem biomasy.

Na podstawie danych GUS [7], w 2009 r. udział źródeł OZE w zaspokajaniu potrzeb energetycznych kraju wynosił 7,7% (stanowiło to ekwiwalent 5,4 Mtoe). Z kolei, spośród wszystkich źródeł OZE, w analizowanym roku z biomasy stałej wyprodukowano blisko 36% energii elektrycznej zaś w energetyce zawodowej 92% ciepła. Świadczy to wymownie o ważkości problematyki przetwarzania biomasy stałej.

1. Polityka proekologiczna Unii Europejskiej

W lutym 2011 r. Komisja Europejska [21] potwierdziła strategię UE prowadzącą do ograniczenia wzrostu średniej temperatury na świecie do poziomu poniżej 2°C. Ma to zostać osiągnięte poprzez ograniczenie wewnętrznych emisji CO₂ do 2050 r. o 80% w porównaniu z ich poziomem z 1990 r. (chodzi tu o rzeczywistą redukcję, a nie wyrównanie poziomu przy pomocy rynku uprawnień do emisji). Długoterminową prognozę zmniejszenia emisji (niepewność prognozy została zmniejszona poprzez uwzględnienie na etapie modelowania szerokiego wachlarza scenariuszy) zamieszczono na rys. 1.

Jak pokazuje powyższa prognoza główną rolę w gospodarce niskoemisyjnej będzie odgrywać energia elektryczna. Analiza pokazuje, że w tym sektorze powinno dojść do niemal wyeliminowania emisji CO₂ do 2050 r. W celu zabezpieczenia odpowiednich warunków do realizacji tego zamierzenia

planowane jest między innymi zapewnienie odpowiednich bodźców finansowych. Chodzi tu zarówno o wystarczająco mocny sygnał cenowy dotyczący emisji dwutlenku węgla, jak i długoterminowa przewidywalność tych cen. W dyrektywie 2009/29/WE [6] przewidziano liniową redukcję pułapu emisji o 1,74% punktów procentowych rocznie.

Drugim sektorem gospodarki, w którym przewiduje się znaczną redukcję emisji CO₂ jest mieszkalnictwo. Działania prowadzone w tym kierunku będą dotyczyły:

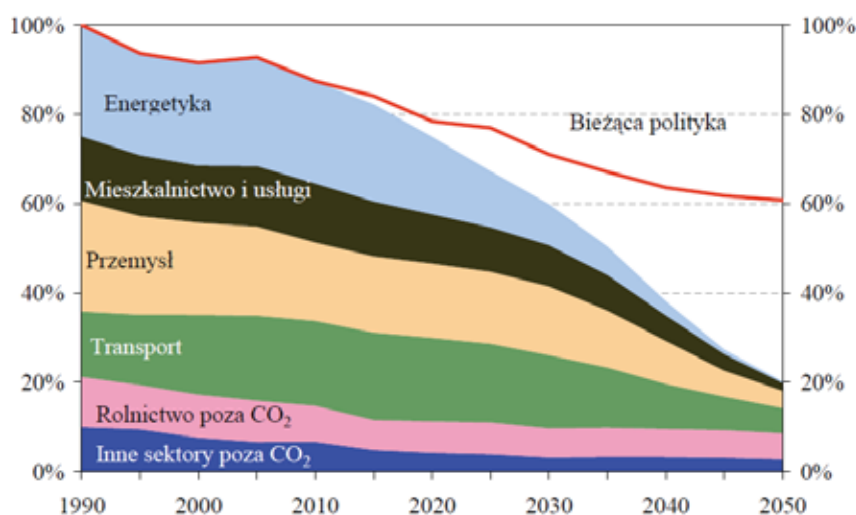
- nowych budynków – powinny być projektowane jako inteligentne budynki o niemal zerowym zużyciu energii konwencjonalnej. Szacuje się że dodatkowe koszty inwestycyjne powinny być pokrywane przez oszczędności paliwowe.
- budynków istniejących – powinny być doinwestowane „energetycznie” zarówno w kierunku niskoemisyjnej energii elektrycznej (docieplenie, pompy ciepła, grzejniki akumulacyjne itp.), jak i wykorzystania źródeł odnawialnych (energia słoneczna, biogaz, biomasa). Z przeprowadzonych prognoz wynika, że w ciągu najbliższych dziesięciu lat konieczne będzie zwiększenie inwestycji w energooszczędne komponenty i wyposażenie budynków nawet o 200 mld EUR. Niezbędne będzie więc wdrożenie elastycznych systemów finansowania, takich jak preferencyjne stopy procentowe.

Biorąc pod uwagę powyższe ukierunkowania należy stwierdzić, że spalanie biomasy w sektorze energetyki zawodowej i poprzez indywidualnych użytkowników powinno w najbliższym czasie być wyraźnie wspierane poprzez rządy krajów członkowskich UE.

2. Techniczne aspekty spalania biomasy

W warunkach polskich jedną z najważniejszych metod termochemicznej konwersji biomasy jest spalanie bezpośrednie lub współspalanie z węglem lub gazem. W ostatnich latach – zarówno w profesjonalnej, przemysłowej energetyce, jak i w przypadku gospodarstw indywidualnych – w tego typu procesach dominują biopaliwa stałe.

Proces może być przeprowadzany zarówno jako samodzielne spalanie, jak i współspalanie biomasy z węglem kamiennym i brunatnym. Badania prowadzone przez Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze [17; 18; 23] wykazały możliwość stosowania mieszanek paliwowych do spalania z udziałem biomasy do około 30% (objętościowo). Należy jednak wspomnieć, że współspalanie można uznać za efektywny, ale przejściowy sposób wykorzystania biomasy, który



Rys. 1. Przebieg ograniczania wewnętrznych emisji gazów cieplarnianych w UE do 80% (100% = 1990 r.) [21]

w przyszłości powinien być zastąpiony sprawniejszą technologią. Takie rozwiązanie pozwoli producentom energii spełnić wymogi prawne, dając czas na modernizację i wdrożenie innych bardziej efektywnych rozwiązań. Współspalanie np. odpadów drzewnych w formie zrębków z węglem, stosowane jest z powodzeniem w wielu elektrowniach krajowych np. w Dolnej Odrze, Połańcu, Stalowej Woli i innych [12].

Wykorzystanie biomasy jako paliwa w istniejących systemach wiąże się jednak z licznymi trudnościami, a mianowicie:

- uzyskanie odpowiedniej stabilności dostaw. Ma to szczególne znaczenie w energetyce zawodowej, w której stosowane są instalacje oparte o dużą ilość biomasy. Najczęściej zasyby biomasy są bowiem rozproszone, a jej podaż zależna jest od czynników klimatycznych i glebowych. Dodatkowo, logistyka tego typu dostaw jest bardzo słabo rozwinięta.

- zmienna jakość paliwa. Biopaliwa stałe powinny spełniać wymogi normatywne i charakteryzować się stałością parametrów fizyczno-chemicznych [9, 10]. Tego typu rynek jest niestety jeszcze słabo rozwinięty, a biopaliwa znajdujące się w obrocie handlowym często nie spełniają norm jakościowych. Zakłóca to proces spalania i znacznie obniża jego sprawność.

- dostosowanie istniejących systemów technicznych do przygotowania (np. poprzez mielenie), podawania (podajniki ślimakowe, taśmowe itp.) i spalania (palniki pyłowe, spalanie dolne itp.) biopaliwa.

- prowadzenie ciągłej kontroli i regulacji procesu spalania. W przypadku współspalania biopaliw z węglem kamiennym wysoka zawartość części lotnych utrudnia kontrolę procesu spalania.

- w przypadku współspalania ewentualne współmielenie i podawanie paliwa do kotła – czynnikiem zakłócającym jest większa wilgotność biomasy utrudniająca proces rozdrabniania.

- tworzenie się osadów na powierzchniach wymienników ciepła i elementach kotła (żużłowanie, osady sypkie). Popioły ze spalania biomasy cechują się niższymi temperaturami mięknięcia (zwykle od 750 do 1000°C), podczas gdy dla popiołów z większości węgla wynosi ona około 1000°C i więcej. Zmianę temperatury mięknięcia popiołu T_m można odnotować nawet przy stosunkowo niewielkich udziałach masowych współspalanej biomasy. Jednak zwiększeniu ulega wówczas prędkość narastania osadów na powierzchniach ogrzewalnych kotłów zarówno z powodu niższej temperatury mięknięcia popiołu spalanej mieszanki węgiel-biomasa, jak i w wyniku przesunięcia składu chemicznego w kierunku związków o większej skłonności do osadzania się na powierzchniach ogrzewalnych.

- spiekanie oraz korozja [1; 16; 8; 15].

W przypadku współspalania wymienione powyżej problemy narastają wraz ze wzrostem udziału biomasy (szczególnie w przypadku biomasy o niskiej jakości – niska wartość opałowa, duża wilgotność) i negatywnie wpływają na funkcjonowanie instalacji. Im mniej zawilgocona oraz bardziej zagęszczona jest biomasa, tym większa jej jakość i przydatność energetyczną - z powodzeniem może być więc wykorzystywana jako paliwo alternatywne. Jak wykazują badania przeprowadzone przez Ricketts'a i in. [26] w instalacjach współspalania, węgiel jako paliwo zasadnicze stabilizuje system, kompensując okresowe zmiany jakości i ilości biomasy.

Konsekwencją zmiennego i niejednorodnego składu chemicznego biomasy oraz obecność w niej takich pierwiastków jak: tlen, azot, chlor, jest emitowanie w procesie spalania chlorowodoru, dioksyn i furanu [19]. Większość tych problemów można uniknąć poprzez przygotowanie wstępne bio-

masy lub spalanie powstałych produktów po jej wstępnym przetworzeniu. Również, stosunkowo niska wartość opałowa biomasy jest przyczyną trudności w magazynowaniu i dystrybucji biomasy do paleniska.

Z powyższych rozważań wynika, że zagadnienie prawidłowego spalania biopaliw stałych nabiera coraz większego znaczenia [3, 32]. Należy ponadto podkreślić, że biopaliwa stałe, podobnie jak klasyczne, powinny być standaryzowane, atestowane i certyfikowane, co umożliwiłoby właściwy dobór systemu spalania i jego prawidłową eksploatację.

3. Sprawność procesu spalania biomasy

Źródłem energii pierwotnej w procesie spalania, jest energia chemiczna zawarta w palnej substancji organicznej, którą może być między innymi każda materia pochodzenia roślinnego (konwersja energii słonecznej na drodze fotochemicznej) [24]. Równoczesne spalanie paliw klasycznych oraz typowych paliw alternatywnych wymaga zapewnienia odpowiednich warunków przebiegu tego procesu. Istotny problem polega na precyzyjnym określeniu tych warunków oraz wskazaniu czy współspalanie jest technicznie uzasadnione [30, 32].

Podstawowym parametrem decydującym o zasadności realizacji danego procesu jest jego sprawność. W przypadku współspalania paliwa podstawowego oraz biomasy, przy założeniu stabilności całego procesu, strumień całkowitego zapotrzebowania ciepła (\dot{Q}_u) [kW] – zostaje osiągnięty dzięki trzem strumieniom masy [24]:

- paliwa bazowego, dzięki energii chemicznej w nim zawartej uzyskujemy strumień ciepła (\dot{Q}_p) [kW],
- paliwa dodatkowego (biomasy), dzięki energii chemicznej w nim zawartej uzyskujemy strumień ciepła (\dot{Q}_b) [kW]
- powietrza niezbędnego do realizacji procesu spalania [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$].

Sprawność układu dwupaliwowego współspalania można wyrazić wzorem:

$$\eta_{p,b} = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_p + \dot{Q}_b} = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{m}_p \cdot H_{u,p} + \dot{m}_b \cdot H_{u,b}} \quad (1)$$

gdzie:

- \dot{m}_p – strumień masy paliwa podstawowego, [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]
- \dot{m}_b – strumień masy paliwa dodatkowego (biomasa) [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]
- $H_{u,p}$ – wartość opałowa paliwa podstawowego, [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$]
- $H_{u,b}$ – wartość opałowa paliwa dodatkowego (biomasa), [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$]
- \dot{m}_a – strumień masy powietrza niezbędny do spalania, [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]

Natomiast dla układu jednopaliwowego wzór (2.1) przyjmie postać:

$$\eta_{p,0} = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_p} = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{m}_p \cdot H_{u,p}} \quad (2)$$

Wraz ze wzrostem udziału masowego biopaliwa oraz spadkiem jego wartości opałowej maleje sprawność. Z sytuacją taką należy się liczyć szczególnie w przypadku współspalania zawilgoconego biopaliwa gorszej jakości.

Zawartość popiołu w biomacie jest znacznie mniejsza od zawartości popiołu w większości węgla, a skład chemiczny i mineralny popiołów jest znacząco różny. Popiół z biomasy zawiera duże ilości składników alkalicznych, przede wszystkim soli sodu i potasu. W wyniku tworzenia się osadów na powierzchniach wymienników ciepła i elementach kotła następuje m.in. wzrost temperatury spalin wylotowych, a co za tym idzie – obniżenie sprawności brutto kotła w porównaniu do sprawności uzyskiwanej podczas spalania samego węgla.

Zawartość popiołu (od kilku do kilkudziesięciu procent) i jego skład chemiczny (obecność metali alkalicznych – litowce, potasowce), wymusza stosowanie odpowiednich urządzeń usuwających popiół z instalacji kotłowych.

W niektórych technologiach popiół spełnia pozytywną rolę. W piecach opalanych biomasą warstwa popiołu w dolnej części pieca akumuluje część ciepła i tworzy powierzchnię nagrzewania, oddając ciepło do końcowego etapu spalania – dopalania koksu, a np. w palenisku rusztowym warstwa popiołu na powierzchni rusztu chroni rusztowiny przed nadmiernym promieniowaniem.

W przypadku samodzielnego spalania biomasy, realizowanego zazwyczaj w kotłowniach małej mocy konieczne jest stosowanie odpowiednich konstrukcji instalacji spalających, które zapewnią spalanie zupełne - w czasie spalania biomasy, w krótkim czasie wydziela się bowiem znaczna ilość lotnych produktów rozkładu, będąca konsekwencją wysokiej zawartości części lotnych (65-80%) i wysokiej reaktywności biomasy (w porównaniu z węglem). Zasadniczo dla zapewnienia odpowiednich warunków spalania kotły na biopaliwo wyposaża się w dwie komory - komorę odgazowania i komorę spalania produktów odgazowania.

Podsumowanie

Jedną z najbardziej powszechnych metod energetycznej konwersji bioodpadów jest ich spalanie (bezpośrednie lub po odpowiednim przetworzeniu). Nowe rozwiązania techniczne zmierzają w tym zakresie do optymalizacji (obniżenia energochłonności, a zatem kosztów) procesów przetwarzania z jednej strony oraz zwiększenia sprawności cieplnej kotłów z drugiej. Trwają także poszukiwania efektywnych systemów dosuszania wielu różnych bioodpadów.

Przeprowadzona analiza wykazała, iż w najbliższym czasie należy się spodziewać szybkiego wzrostu wykorzystania biomasy jako paliwa alternatywnego. Przemawia za tym długofalowa polityka UE. Utworzone zostaną odpowiednie warunki ekonomiczne, które będą wymuszały przetworzenie obecnej gospodarki w konkurencyjną gospodarkę niskoemisyjną. Dodatkowym czynnikiem sprzyjającym temu procesowi jest wyraźny wzrost zainteresowania kogeneracją, czyli równoczesnym wytwarzaniem energii elektrycznej i ciepła, co pozwala na wzrost sprawności sumarycznej układu o 85%. Jako paliwo często w tym systemie jest wykorzystywana biomasa.

W świetle analizy przeprowadzonej przez Frączka i in. [11], oprócz klasycznych źródeł biomasy leśnej i rolniczej, do wykorzystania jako biopaliwa nadają się prawie wszystkie rodzaje biomasy odpadowej pochodzącej z przemysłu rolno-spożywczego.

Przy planowaniu inwestycji niezbędne jest uwzględnienie elementów logistyki dostaw. Niestety nieprzetworzona biomasa cechuje się najczęściej niską gęstością usypową oraz dużą wilgotnością, więc transport na większe odległości jest nieopłacalny. Należy więc dążyć do zorganizowania systemu zbiórki odpadów przemysłu rolno-spożywczego w danym rejonie i lokalizacji małej energetyki w pobliżu zakładów przemysłu rolno-spożywczego.

W celu obniżenia kosztów przechowywania i transportu, zwiększenia kaloryczności, jak i możliwości wykorzystania istniejących instalacji przeznaczonych do spalania oraz zmniejszenia kosztów utrzymania i remontów należy przetwarzać biomasę do postaci peletów lub brykietów. Wprowadzie procesy temu towarzyszące są stosunkowo energochłonne (a więc i kosztowne) ale przynoszą wymierne korzyści, które przemawiają za ich stosowaniem. Ich zestawienie w przypadku współspalania biomasy z węglem zamieszczono w tabeli 4.

Z przedstawionych w niniejszym artykule rozważań wynika, że najkorzystniejsze jest przetwarzanie biomasy do postaci peletów i brykietów. Mimo wysokich kosztów i rozbudowanej technologii, stosowanie tego typu paliw – szczególnie w przypadku energetyki i ciepłownictwa niezawodowego – przynosi wymierne korzyści użytkowe: ułatwia transport, magazynowanie, a także umożliwia pełną mechanizację procesu zasilania kotła.

Bibliografia

1. Baxter L., *Biomass-coal co-combustion: opportunity for affordable renewable energy*, Fuel 84 (2005), 2005. 1295-1302.
2. Beurskens L.W.M, Hekkenberg M., *Renewable Energy Projections as Published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States; Covering all 27 EU Member States*; European Environment Agency, Energy Research Center of the Netherlands 2011.
3. Chmielniak T., *Technologie energetyczne*. Wyd. Nauk. Techniczne. Warszawa, 2008.
4. Cocker-Maciejewska A., *Obróbka wstępna biomasy na potrzeby systemów energetycznych*, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, nr 30, 2007.
5. Dreszer K., Michałek R., Roszkowski A., *Energia odnawialna – możliwości jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie*, Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, 2003.
6. Dyrektywa 2009/29/WE.
7. *Energia ze źródeł odnawialnych w 2009*, Wydawnictwo GUS, Warszawa, 2010.
8. EUBION (European Bioenergy Networks), ALTENER, *Biomass co-firing – an efficient way to reduce greenhouse gas emissions*.

Tab. 4. Korzyści płynące z zastosowania obróbki biomasy [4]

Wyszczególnienie	Kosztowny transport, przechowywanie	Straty masy (energii) podczas przechowywania	Zagrożenia dla bezpieczeństwa podczas przechowywania	Problemy ze współmieleniem	Problemy z użytkowaniem istniejącej infrastruktury	Korozja	Formacja depozytów, aglomeracja
Suszenie	o	++	++	x	x	o	o
Rozdrabnianie	+	-	-	+	+	o	o
Balotowanie	++	+	+	x	x	o	o
Brykietowanie	+++	++ ¹	++ ¹	++	+	o ²	o ²
Peletyzacja	+++	++ ¹	++ ¹	++	++	o ²	o ²
Toryfikacja	o	+++	+++	+++	+	+	o
Toryfikacja +peletyzacja	+++	+++	+++	+++	+++	+	o ²

9. Frączek J., Cieślowski B., Ślipek Z. *Ocena jakości biopaliw stałych kompaktowanych*. Cz. I: Wymagania jakościowe, Autobusy 2011a.
10. Frączek J., Łapczyńska-Kordon B., Ślipek Z. *Ocena jakości biopaliw stałych kompaktowanych*. Cz. II: Ocena wartości użytkowej, Autobusy 2011b.
11. Frączek J., Hebda T., Łapczyńska-Kordon B., *Ocena możliwości wykorzystania odpadów pochodzenia rolniczego*, Prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, 2012.
12. Golec T., Szymczak J., Zaręba R., *Współspalanie biomasy i paliw alternatywnych w energetyce. Doświadczenia eksploatacyjne zebrane przez Instytut energetyki podczas współspalania biomasy w kotłach energetycznych*, Wydawnictwo IChPW i Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007.
13. http://europa.eu.int/comm/energy/res/sectors/doc/bioenergy/cofiring_eu_bionet.pdf.
14. Jakóbiec J., *Biogaz jako źródło energii odnawialnej*; Konferencja Naukowo-Techniczna; Perspektywy zasilania biogazem silników spalinowych; Instytut Ochrony Środowiska i Energii Odnawialnej, Szczecin, 2009a.
15. Jakóbiec J., *Parametry energetyczne i aspekt ekologiczny zasilania silników o ZS paliwem mineralnym i pochodzenia roślinnego*; XVI Konferencja Naukowa, Postęp Naukowo-Techniczny i Organizacyjny w rolnictwie; Zakopane, 2009b.
16. Jarvinen T., Alakangas E. (VTT Energy), *Cofiring of biomass – evaluation of fuel procurement and handling in selected existing plants and exchange of information*, 2001.
17. Karki et al, *The performance and operation economics of co-fired biomass boilers*, Bioenergy in Wood Industry 2005 – Book of Proceedings, 2005. p.373–380.
18. Kubica K., *Spalanie biomasy i jej współspalanie z węglem*. Cz. I, Biul. Ekologiczny, nr 5, 2003 a. s. 3-5.
19. Kubica K., *Spalanie biomasy i jej współspalanie z węglem*. Cz. II, Biul. Ekologiczny, nr 6, 2003 b. s. 3.
20. Mokrzycki E., *Podstawy gospodarki surowcami energetycznymi*. Wydawnictwo AGH, Kraków, 2005.
21. National Renewable Energy Action Plans, Min. Gospodarki, <http://www.mg.gov.pl>, 2010.
22. *Plan działania prowadzący do przejścia na konkurencyjną gospodarkę niskoemisyjną do 2050 r.* KOM(2011)112 wersja ostateczna, UE, 2011.
23. Pluta Z., *Ekologiczne i społeczne skutki wykorzystania odnawialnych źródeł energii*. Ciepłownictwo, ogrzewnictwo, wentylacja, nr 7-8, 2001, 8-12.
24. Popowicz J., *Współspalanie biomasy z węglem w kotłach fluidalnych*. Karbo, t.48, nr 3, 2003. s.136-141.
25. Postrzednik S., *Analiza efektywności współspalania paliw – podstawowe parametry, uwarunkowania procesu*, Energetyka, nr 10, 2011.
26. Postrzednik S., *Biomasa – jej znaczenie oraz aspekty wykorzystania*. Energetyka, nr 12, 2010. s. 840.
27. Ricketts'a et. all, *Technology Status Review of waste/Biomass Co-Gasification*, 2002.
28. *Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej*, 2009.
29. Struś M., *Materiały konferencyjne*, Ekoenergia, Lublin, 2011.
30. Szeptycki A., Wójcicki Z., *Postęp technologiczny i nakłady energetyczne w rolnictwie do 2020 r.* Wyd. PTIR Kraków, 2003. 1-96.
31. Tillman D.A., *Biomass co-firing: the technology, the experience, the combustion consequences*. Biomass and Bioenergy, nr 19, 2000. s. 365.
32. Wójcicki Z., *Potencjał odnawialnych zasobów energii w rolnictwie*. Wieś Jutra 2, 2003. s. 8-10.
33. Ziębiak A., Zuwała J., Ściążko M., *Energy and ecological effectiveness of biomass co-firing in CHP plant*. Archives of thermodynamics, Vol. 30, No. 2, 2009.

Determinants combustion and co-combustion of biomass

In the article was discussed the problem of combustion and co-combustion of biofuels. The action which has been taken by the EU were presented, favoring the usage of biomass as a solid fuel. The attention was also drew to the problems associated with the use of biofuels in existing combustion systems.

Key words: biomass, combustion, co-combustion.

Autorzy:

prof. dr hab. **Jarosław Frączek** – Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu

dr hab. **Sławomir Francik** – Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu

prof. dr hab. **Zbigniew Ślipek** – Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu