

Spalanie biomasy i jej współspalanie z węglem

W dniach 7-8 kwietnia br. odbyła się w Tychach zorganizowana przez Prezydenta Miasta Tychy, Prezesa Agencji Promocji i Rozwoju Gospodarczego Miasta Tychy oraz Koło Miejskie PKE w Tychach Konferencja pt. „Tychy - Energia - Oszczędność”. Program seminarium obejmował prezentacje dotyczące programów zarządzania energią, wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz uwarunkowań ich zastosowania. Poniżej zamieszczamy pierwszą część zaprezentowanego na konferencji referatu, przedstawiającą aspekty ekologiczne oraz energetyczne spalania biomasy i jej współspalania z węglem.

Wprowadzenie

Ograniczona wielkość zasobów naturalnych, w tym zasobów o charakterze paliw, jak również ograniczona zdolność przyjmowania przez środowisko naturalne zanieczyszczeń bez niebezpiecznych zmian w funkcjonowaniu globalnego ekosystemu, stanowią podstawę podejmowania działań na rzecz substytucji paliw kopalnych odnawialnymi źródłami energii (OZE). Nadbudową działań praktycznych, polegających na realizacji związanych z paliwami odnawialnymi kierunków badań oraz wdrażaniu nowych technologii, jest zespół dokumentów politycznych i rozwiązań prawnych przyjaznych tego typu działaniom, promujących lub wręcz wymuszających takie działania.

Strategia rozwoju odnawialnych źródeł energii w krajach Unii Europejskiej została sformułowana w Białej Księdze Komisji Europejskiej (Energy for the Future: Renewable Energy Sources. White Paper for a Community Strategy and Action Plan), opublikowanej w listopadzie 1997 roku. Podstawowymi priorytetami polityki energetycznej Unii Europejskiej są:

- zapewnienie bezpieczeństwa dostaw energii,
- konkurencyjność technologii europejskich,
- ochrona środowiska.

W związku z perspektywami Polski na członkostwo w Unii Europejskiej oraz zobowiązaniami Polski, wynikającymi z ratyfikowania i przyjęcia udziału w realizacji szeregu Konwencji i związanych z nimi Protokołów międzynarodowych, dotyczących ochrony środowiska, ustawodawcze i wykonawcze władze Polski przyjęły w ostatnich latach szereg dokumentów istotnych dla wzrostu wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych (OZE). Sąto między innymi Rezolucja Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 8 lipca 1999r. w sprawie wzrostu wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych oraz dokumenty rządowe: „Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku”, „Spójna polityka rozwoju obszarów wiejskich i rolnictwa”, „Druga polityka ekologiczna państwa”, „Długookresowa strategia trwałego i zrównoważonego rozwoju Polski do 2025 roku”, oraz -najważniejszy dla sektora energetyki odnawialnej - dokument; „Strategia rozwoju energetyki odnawialnej”.

Polska energetyka odnawialna znajduje się dopiero na początku drogi wiodącej do uzyskania znaczącej pozycji w krajowym systemie zaopatrzenia w energię. W Polsce biomasa wykorzystywana jest aktualnie jako marginalne źródło energii, chociaż jej produkcja oceniana jest na 30-40 mln ton rocznie, co odpowiada około 15-

20 mln ton węgla, [1]. Problem zmiany struktury źródeł energii pierwotnej został uwzględniony w „Programie polityki energetycznej Polski do 2020 roku”. Przewiduje on wzrost znaczenia odnawialnych źródeł energii (OZE) w bilansie energetycznym kraju, wg scenariusza POSTĘPU-PLUS, o około 20% w stosunku do 1997 roku.

Biomasa i metody jej energetycznego zużytkowania

Biomasa, trzecie co do wielkości na świecie, naturalne źródło energii, zaliczana jest do odnawialnych źródeł energii (OZE). Stanowi formę gromadzenia energii słonecznej jako produktu fotosyntezy, a więc procesu, w wyniku którego rośliny produkują węglowodany z dwutlenku węgla zawartego w atmosferze i wody w obecności promieniowania słonecznego [2]. Według propozycji Unii Europejskiej biomasa obejmuje wszelką substancję organiczną pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, jak też wszelkie pochodne substancje uzyskane z transformacji surowców pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego [3]. Do biomasy, jako energetycznych zasobów odnawialnych, zalicza się drewno z plantacji drzew szybko rosnących, jak np. odpowiednie gatunki wierzby będące efektem modyfikacji genetycznych (np. wierzba typu Salix), drewno odpadowe w leśnictwie i przemyśle drzewnym, słomę w produkcji zbożowej, odpady organiczne w przemyśle rolno-spo-

Główne Konwencje i Protokoły międzynarodowe dotyczące ochrony powietrza przed zanieczyszczeniami:

- *Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu,*
- *Protokół z Kioto,*
- *Konwencja w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości,*
- *Konwencja Wiedeńska o ochronie warstwy ozonowej*
- *Protokół Montrealski w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową.*

żywczym, gnojowicę i obornik w hodowli zwierząt. Do biomasy zalicza się również substancje organiczne występujące w osadach ściekowych z komunalnych oczyszczalni ścieków [4].

W zależności od rodzaju biomasy, stosowane są różne technologie jej przetwarzania. W dziedzinie stosowanych w praktyce technologii energetycznego wykorzystania biomasy można wyróżnić trzy grupy rozwiązań techniczno-technologicznych:

- bezpośrednie spalanie biomasy (słomy w balotach, drewna w formie zrębków, osadów ściekowych w formie granulatu, trocin w formie brykietów);
- współspalanie węgla z biomasą (tzw. co-firing), gdzie wykorzystuje się konwencjonalne kotły, do których wprowadza się węgiel oraz biomasę wstępnie zmieszane lub oddzielnie;
- termiczną utylizację biomasy połączoną z jej pirolizacją! zgazowaniem z ukierunkowaniem na produkcję ciepła albo na produkcję ciepła i elektryczności.

Ograniczenia w energetycznym zużyciu biomasy

Pomimo korzystnych efektów ekologicznych, ekonomicznych i społecznych, stosowanie biomasy jako paliwa stwarza jednak wiele problemów technicznych. Problemy te wynikają przede wszystkim z jej właściwości fizykochemicznych, z których najważniejsze to [5, 6]:

- szeroki przedział wilgotności (od kilku do 60%) powodujący trudności ze stabilizacją procesu spalania,
- zawartość (od kilku do kilkudziesięciu procent) i skład chemiczny popiołu (obecność metali alkalicznych), wymuszające stosowanie odpowiednich urządzeń usuwających popiół z instalacji kotłowych,
- zbyt mała gęstość biomasy, utrudniająca transport, magazynowanie i dozowanie do paleniska oraz niekorzystnie wpływająca na przebieg i stabilność procesu spalania,
- wysoka zawartość części lotnych, powodująca szybki i trudny do kontroli przebieg procesu spalania,

- stosunkowo niskie ciepło spalania na jednostkę masy, będące przyczyną utrudnień w magazynowaniu i dystrybucji biomasy do paleniska,
- skład chemiczny i jego duża niejednorodność - obecność w biomasie takich pierwiastków jak tlen, azot, chlor, prowadząca do emitowania w procesie spalania chlorowodoru, dioksyn i furanów.

Większości tych problemów można uniknąć poprzez zwiększenie gęstości biomasy na drodze kompaktowania (metodą balotowania- słoma, brykietowania lub granulacji), stosowania odpowiednich konstrukcji urządzeń kotłowych, zwłaszcza przystosowanych do spalania rozdrobnionej biomasy oraz poprzez stosowanie współspalania z węglem. Warunkiem efektywnej realizacji procesu współspalania w tradycyjnych, przystosowanych do spalania węgla układach kotłowych, po stosunkowo niewielkich tylko modyfikacjach jest zachowanie optymalnego dla danego rodzaju biomasy i urządzenia kotłowego objętościowego udziału biomasy w mieszance paliwowej [7].

Przekroczenie tego udziału wymaga modyfikacji procesu spalania w danym urządzeniu, co zdecydowanie zwiększa koszty inwestycyjne.

Efekty ekologiczne energetycznego wykorzystania biomasy

Bezpośrednie spalanie biomasy

Bezpośrednie spalanie biomasy z akceptowalną ekonomicznie i ekologicznie sprawnością energetyczną wymaga zastosowania odpowiednich rozwiązań technicznych instalacji energetycznej, przystosowanej do spalania paliwa o wysokim udziale części lotnych, jakim jest biomasa. Na rynku urządzeń grzewczych o małej mocy od kilkunastu kW do 2 MW opalanych biomasą znajduje się sporo nowatorskich rozwiązań technicznych. Dalszy rozwój instalacji spalających biomasę, uwzględniający wymagania techniczno-technologiczne jej spalania, winien być ukierunkowany na podwyższenie standardu in-

żynierijsko-materiałowego.

Zastępowanie węgla biomasą jako paliwem jest jednakże korzystne. Pod względem energetycznym 2 tony biomasy równoważne są 1 tonie węgla kamiennego.

Najbardziej odczuwalnym negatywnym efektem spalania węgla na poziomie lokalnym, zwłaszcza w urządzeniach grzewczych małej mocy, jest emisja pyłów oraz zanieczyszczeń organicznych, w tym wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) o charakterze muta-, terato- i kancerogennym, zaliczanych do grupy trwałych związków organicznych (TZO) oraz lotnych związków organicznych (VOCs), [8-10]. Nie bez znaczenia jest także emisja tlenków azotu i związków siarki, powodująca występowanie zjawiska kwaśnych deszczów. Największym zaś globalnym problemem ekologicznym jest nadmierna emisja dwutlenku węgla, związku odpowiedzialnego za występowanie efektu cieplarnianego.

Względna ekologiczna efektywność zastosowania słomy i zrębków drzewnych w miejsce spalanego węgla w źródłach małej i średniej mocy przedstawiają rysunki 1 i 2. Jak wynika z przedstawionych danych, emisja do atmosfery poszczególnych zanieczyszczeń podczas spalania biomasy jest znacznie niższa, niż podczas spalania węgla. W procesie spalania biomasy bilans emisji CO₂ jest zerowy, ponieważ tyle się go emituje do atmosfery, ile rośliny pobierają w procesie fotosyntezy. W przypadku wieloletnich roślin energetycznych (np. wierzyby *Salix viminalis*), ilość pochłanianego może przewyższać ilość emitowanego dwutlenku węgla. Ze względu na znikomą ilość siarki w biomasie, zastępowanie nią węgla wpływa również na obniżenie emisji tlenków siarki, rozwiązując tym samym problem odsiarczania spalin.

Dokonane oszacowanie ekologicznych skutków zamiany węgla przez biomasę w gospodarstwie indywidualnym wskazuje, iż - przy założeniu średniego zużycia około 8 ton węgla w skali roku na jedno gospodarstwo domowe - można zredukować emisję poszczególnych zanieczyszczeń o:

- dla CO 92%
- dla SO_x 97%
- dla NO_x 80%
- dla pyłu 99,9%
- dla TOC 77%
- dla WWA 99,9%
- dla B(a)P 99,9%

W przypadku bilansu CO₂ uzyskuje się efekt całkowitej redukcji emisji, wynikający z faktu, iż biomasa w okresie wegetacji pochłania analogiczną ilość dwutlenku węgla.

Współspalanie węgla i biomasy

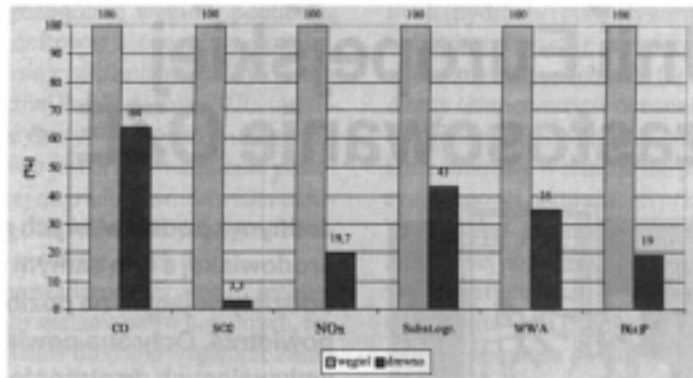
Współspalanie rozdrobnionej biomasy w mieszaninie z węglem może być efektywnie realizowane zarówno w kotłach małej mocy stosowanych w ogrzewnictwie indywidualnym, jak i w energetyce przemysłowej w kotłach rusztowych, fluidalnych i pyłowych. Warunkiem jest zachowanie optymalnego udziału biomasy w mieszance paliwowej. Gwarantuje to efektywny pod względem energetycznym i ekologicznym przebieg procesu spalania. Zwiększenie udziału biomasy niesie za sobą konieczność modyfikacji organizacji procesu spalania w kotle [7]. Na rysunku 3 przedstawiono względną ekologiczną efektywność współspalania węgla z biomasą (zrębkami drzewnymi). Jak wynika z przedstawionych danych, efektywna redukcja emisji zanieczyszczeń jest wyższa, aniżeli wynikałoby to z addytywności dodatku biomasy do węgla. Dodatek biomasy do węgla, oprócz ograniczenia emisji CO, powoduje efekt synergizmu w odniesieniu do emisji CO, zanieczyszczeń organicznych (TOC), w tym WWA oraz lotnych związków organicznych (VOCs), [10, 12]. Ponadto przy spalaniu mieszanek paliwowych obserwuje się zmniejszenie ilości SO_x i NO_x w spalinach oraz zmniejszoną ilość części palnych w popiele (żużlu). Efekty te zaobserwowano nie tylko w przypadku rusztowych palenisk węglowych małej mocy [10], ale także w przemysłowych kotłach rusztowych [13] i fluidalnych [14].

Oprócz omówionych efektów ekologicznych w postaci zmniejszenia emisji substancji szkodliwych dla środowiska, w tym SO_x, NO_x i zanieczyszczeń organicznych, a także redukcji emisji CO₂,

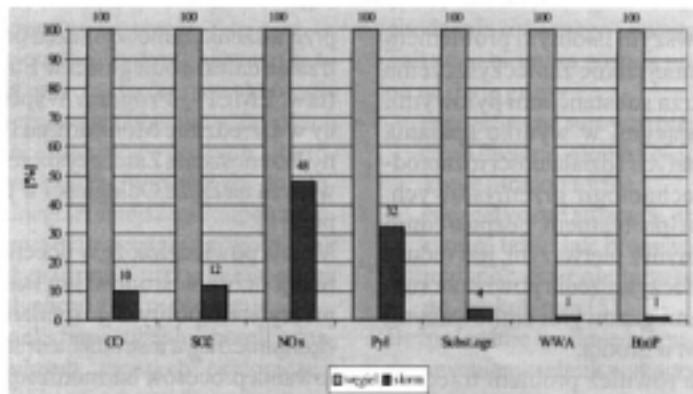
odpowiedzialnego za efekt cieplarniany, nie do pominięcia są również inne, rzadziej wspomniane w literaturze przedmiotu efekty ekologiczne, mające jednak niebagatelne znaczenie dla środowiska. Efekty te polegają na możliwości ograniczenia postępującej degradacji środowiska w wyniku wydobywania paliw kopalnych i deponowania w

środowisku odpadów z przemysłu wydobywczego oraz ograniczeniu procesów erozji gleby, regulacji gospodarki wodnej i asymilacji zanieczyszczeń powietrza w wyniku prowadzenia upraw energetycznych biomasy.

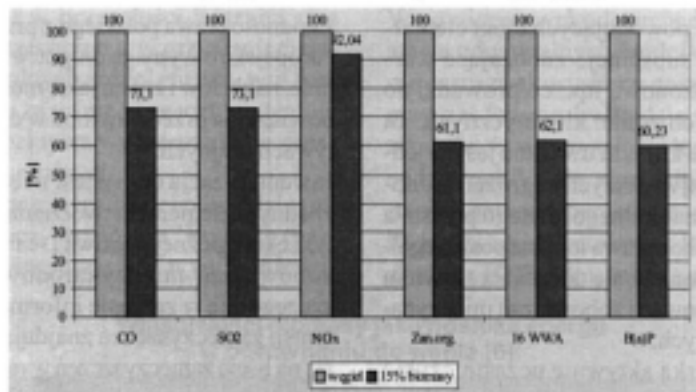
Rys. 1. Względna ekologiczna efektywność spalania zrębków drzewnych w porównaniu do spalania węgla [11]



Rys. 2. Względna ekologiczna efektywność spalania słomy w porównaniu do spalania węgla [11]



Rys. 3. Względna ekologiczna efektywność współspalania węgla i biomasy w porównaniu do spalania węgla [11]



Ekonomiczne i społeczne efekty energetycznego wykorzystania biomasy

Do ważnych czynników stymulujących rozwój bioenergetyki, obok względów ekologicznych, zaliczyć należy efekty ekonomiczne i społeczne tych działań.

Wykorzystanie potencjału energetycznego biomasy pozwala bowiem na oszczędzanie, ograniczonych zarówno ilością, jak i dostępnością w aktualnych warunkach rozwoju technicznego, zasobów paliw nieodnawialnych oraz obniżenie kosztu wytwarzania energii. W tabeli 1 przedstawiono analizę kosztów wytwarzania energii cieplnej z węgla i różnych rodzajów biomasy na przykładzie wybranej gminy woj. śląskiego [15].

Działania na rzecz wprowadzania w życie technologii spalania lub współspalania biomasy stanowią również bodziec rozwoju nowoczesnych technologii. Wynikający z rozwoju tych technologii postęp w wielu sektorach gospodarki wywołuje w efekcie rozwój lokalnych rynków pracy i poprawę warunków ekonomicznych życia ludności.

Dywersyfikacja źródeł pozyskiwania energii zwiększa bezpieczeństwo energetyczne kraju, a realizacja międzynarodowych zobowiązań w zakresie redukcji emisji szkodliwych substancji do atmosfery stanowi o wiarygodności Polski na arenie międzynarodowej.

Przy wdrażaniu technologii spalania i współspalania biomasy należy mieć jednakże świadomość ich ograniczeń, co pozwala na wybór op-

tymalnego w danych warunkach wariantu oraz dopracowanie niezbędnych elementów układu logistyczno-technologicznego. Spalanie i współspalanie biomasy warunkowane jest bowiem zarówno przygotowaniem instalacji energetycznej wraz z modyfikacją systemu dozowania węgla i biomasy, jak również opracowaniem sposobu przygotowania do celów energetycznych biomasy o stabilnej jakości, zarówno pod względem właściwości fizycznych (zawartość wilgoci), jak i chemicznych (części lotne, wartość opałowa). Integralnym i niezwykle istotnym z punktu widzenia rozwoju procesów współspalania jest sposób przygotowania stabilnej jakościowo mieszanki paliwowej węgiel - biomasa dla kotłów węglowych oraz eksploatacyjna adaptacja istniejących układów technologicznych do właściwości uzyskanej mieszanki.

Wielopłaszczyznowość zagadnienia energetycznego wykorzystania biomasy jest powodem trudności w kompleksowym rozwijaniu i wdrażaniu opracowanych technologii.

Z jednej strony udokumentowany szeregiem prac badawczych, pozytywny wpływ stosowania biomasy jako źródła energii na stan środowiska naturalnego zachęca do wprowadzania

Krystyna Kubica IChPWw Zabrze, PKE OG

Tab. 1. Analiza kosztów wytwarzania energii cieplnej z węgla i różnych rodzajów biomasy

Rodzaj kosztu	Jednostka	Węgiel		Słoma rzepakowa	Słoma pszenżytnia	Zrębki drzewne
		Kotły starej generacji	Kotły nowej generacji			
Koszt jednostki ciepła (paliwowy)	Zl/GJ	19,2	10,2	6,0	4,7	2,8
Koszt jednostki ciepła skumulowany	Zl/GJ	n.o	33,9	40,7	39,0	36,2

Podsumowanie

Spalanie biomasy oraz jej współspalanie z węglem w znaczącym stopniu ogranicza emisję zanieczyszczeń z procesów pozyskiwania energii. Szczególnie istotnym, z uwagi na zamknięty obieg węgla pierwiastkowego w przyrodzie, jest uzyskiwanie w tych procesach zerowej emisji CO₂. Energetyczne wykorzystanie biomasy niesie za sobą również pozytywne skutki ekonomiczne i społeczne.

nowych rozwiązań, z drugiej strony konieczność zmiany mentalności, dostrzeżenia wymiernych efektów ekonomicznych i socjologicznych stanowią barierę dalszego postępu w tej dziedzinie. Osiągnięcie celu, jakim jest zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie energii pierwotnej w Polsce, wymaga więc nie tylko pokonania problemów natury technicznej, lecz również odpowiednich działań organizacyjnych w zakresie propagowania nowych rozwiązań, prawa i finansów.