

Eugeniusz MOKRZYCKI*, Alicja ULIASZ-BOCHEŃCZYK**

Paliwa alternatywne z odpadów dla energetyki

STRESZCZENIE. Paliwa alternatywne z odpadów noszą obecnie różne nazwy, np. paliwa zastępcze, paliwa wtórne, paliwa z odpadów itp. Unia Europejska wydała dokument dotyczący wykorzystania najlepszych technik spalania w dużych zakładach (*Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants*). Innym dokumentem dotyczącym stosowania paliw alternatywnych z odpadów jest Raport Unii Europejskiej dotyczący stosowania paliw z odpadów *Refuse Derived Fuel. Current Practice and Perspectives*. W dokumentach tych przedstawiono definicję paliw alternatywnych, regulacje prawne, uwarunkowania techniczne ich stosowania. Treść artykułu ujmuje: definicję paliw alternatywnych, regulacje prawne dotyczące spalania i współspalania odpadów w Polsce oraz uwarunkowania technologiczne stosowania paliw alternatywnych w elektrowniach węglowych.

SŁOWA KLUCZOWE: paliwa alternatywne, paliwa z odpadów, stosowanie w energetyce

Wprowadzenie

Dla paliw wytwarzanych z odpadów funkcjonuje wiele nazw: paliwa alternatywne, paliwa zastępcze, paliwa wtórne, paliwa odpadowe. Paliwa alternatywne z odpadów zdefiniowane zostały w „*Reference Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants (polski „roboczy” tytuł: Dokument dotyczący wykorzystania najlepszych technik w dużych zakładach spalania (2005))* i nazywane są paliwami wtórnymi „*secondary*

* Prof. dr hab. inż., ** Dr inż. — Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków; e-mail: mokrzy@min-pan.krakow.pl; aub@min-pan.krakow.pl

Recenzent: prof. zw. dr hab. inż. Roman Ney

fuels (SF)”. Według tego dokumentu paliwa te są definiowane jako wszystkie rodzaje odpadów, które posiadają wystarczająco wysoką wartość opałową do zastosowania ich do spalania oraz do współspalania z paliwem konwencjonalnym. W dokumencie tym wyróżnia się trzy rodzaje paliw wtórnych: gazowe (*gaseous secondary fuels*), płynne (*liquid secondary fuels*), stałe (*solid secondary fuels*). Wyróżnia się tam również paliwo z odpadów biomasy, np. odpady drewna.

Dla określenia paliw alternatywnych zarówno z odpadów przemysłowych, jak i komunalnych stosowana jest nazwa RDF (*Refused Derived Fuel*). Paliwo to jest definiowane jako odpowiednio przygotowane odpady spełniające wymagania stawiane przez odbiorców, głównie w zakresie zachowania wysokiej wartości opałowej. W skład paliwa RDF wchodzi palne frakcje odpadów, palne odpady z handlu i przemysłu, osady ściekowe, niebezpieczne odpady przemysłowe, odpady biomasy itp. (Refuse... 2003).

Paliwa alternatywne z odpadów

Odpady, które mają być stosowane jako paliwa muszą mieć określone pewne parametry fizykochemiczne, takie jak:

- ✧ wartość opałowa,
- ✧ zawartość popiołu,
- ✧ zawartość wilgoci,
- ✧ zawartość części lotnych,
- ✧ skład chemiczny (szczególnie C, H, N, S, Al., K, Na, P, Cl, F, Hg).

Odpady stosowane jako paliwa muszą posiadać odpowiednią wartość opałową, która zależy od zawartości składników takich jak: wilgoć, części palne, substancja mineralna (popiół). Ponadto powinny charakteryzować się następującymi właściwościami (Michalak i in. 2003):

- ✧ odpowiednią konsystencją,
- ✧ odpowiednią granulacją, dla paliw stałych najczęściej < 30 mm,
- ✧ brakiem zanieczyszczeń stałych w przypadku paliw płynnych,
- ✧ odpowiednią wartością opałową, która jest przyjmowana najczęściej na minimalnym poziomie 12 MJ/kg,
- ✧ odpowiednią niską temperaturą zapłonu (przyjmuje się powyżej 66C),
- ✧ brakiem substancji:
 - ✧ niepalnych (metale, szkło),
 - ✧ toksyn, trucizn i patogenów uniemożliwiających kontakt z paliwem pracowników obsługi,
 - ✧ chloru, PCB, dioksyn.

Stosowanie paliw alternatywnych z odpadów wymaga przestrzegania następujących zasad (Michalak R. 2003):

- ✧ paliwa takie zastępuje tylko częściowo paliwo konwencjonalne,
- ✧ nie mogą powodować zakłócenia pracy instalacji,

- ✧ nie mogą mieć negatywnego wpływu na pracę i trwałość instalacji,
- ✧ nie mogą powodować zwiększenia emisji zanieczyszczeń.

Na prawidłowy proces spalania paliw alternatywnych z odpadów mają również wpływ:

- ✧ jednorodny rozkład wielkości ziaren,
- ✧ w miarę możliwości stała wartość opałowa,
- ✧ udział substancji, które mogą mieć negatywny wpływ na proces, takie jak: metale czy szkło,
- ✧ wysoka zawartość wilgoci.

Najczęściej stosowanymi paliwami alternatywnymi z odpadów są (Kozioł, Wandrasz 1997; Kiefer 2003; Reference... 2005; Refuse... 2003; Rosik-Dulewska 2002; Wandrasz 1997; Żygadło 1999):

- ✧ odpady zwierzęce (mączka zwierzęca, łój, mięso, mączka kostna, nawóz i odpady z kurczaków),
- ✧ odpady chemiczne (kwas organiczne, ciekłe rozpuszczalniki),
- ✧ odpady komunalne (papier odpadowy, odpady z opakowań, tworzywa sztuczne),
- ✧ materiały oleiste (smoły, oleje odpadowe),
- ✧ paliwa wytwarzane z palnych frakcji odpadów (RDF, INBRE, BRAM itp.),
- ✧ szlamy (osady ściekowe, szlamy z przemysłu papierniczego),
- ✧ cięte opony,
- ✧ rośliny (rośliny zbożowe, słoma),
- ✧ odpady drewna (drewno z rozbiórek, odpady z lasu, wióry).

Wartości opałowe niektórych odpadów stosowanych jako paliwa alternatywne przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1. Wartości opałowe niektórych odpadów stosowanych jako paliwa alternatywne

TABLE 1. Calorific values of some wastes used as alternative fuels

Paliwa alternatywne	Wartość opałowa [MJ/kg]
Odpady drzewne	18,6
Odpady drewna	11,0–18,0
Trociny i wióry	14,0
Folie	41,6
Tworzywa sztuczne twarde	39,4
Papier	14,1
Tektura	16,2
Zużyte drewno	14,8
Tekstylna	14,7
Osady ściekowe	1,0
Odwodnione osady ściekowe	6,0
Mączki zwierzęce	12,0–16,0
Frakcje palne odpadów komunalnych przy zawartości wilgoci poniżej 10%	powyżej 22,0

Źródło: Jenkins, Mather 1997; Lorber i in. 1999

Uwarunkowania prawne stosowania paliw alternatywnych z odpadów

Unia Europejska opracowała Dyrektywę 2000/76/UE, która obejmuje całość problematyki spalania różnych rodzajów odpadów. Obejmuje ona odpady według definicji Dyrektywy Ramowej 75/442/EWG, a więc (Skowron 2001):

- ❖ odpady niebezpieczne:
 - ❖ odpady, które obejmowała Dyrektywa Nr 94/67/EC,
 - ❖ niektóre zużyte oleje, rozpuszczalniki (dotychczas nie ujęte dyrektywą);
- ❖ odpady nie-niebezpieczne:
 - ❖ opony, osady komunalne, odpady szpitalne (które dotychczas również nie były ujęte w dyrektywie),
 - ❖ odpady bytowe, które obejmowały Dyrektywy Nr 89/369/EC i Nr 89/429/EC,
 - ❖ biomasa.

W Polsce zagadnienie spalania i współspalania odpadów regulują następujące akty prawne:

- ❖ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 sierpnia 2003 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz.U. z 2003 r., nr 163, poz. 1584),
- ❖ Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 29 stycznia 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów innych niż niebezpieczne oraz rodzajów instalacji i urządzeń, w których dopuszcza się ich termiczne przekształcanie (Dz.U. z 2002 r., nr 18, poz. 1761),
- ❖ Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów (Dz.U. z 2002 r., nr 37, poz. 339).

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 29 stycznia 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów innych niż niebezpieczne oraz rodzajów instalacji i urządzeń, w których dopuszcza się ich termiczne przekształcanie (Dz.U. z 2002, nr 18, poz. 176) wyróżnia następujące grupy odpadów:

- ❖ odpady z rolnictwa, sadownictwa, upraw hydroponicznych, rybołówstwa, leśnictwa, łowiectwa oraz przetwórstwa żywności,
- ❖ odpady z przetwórstwa drewna oraz z produkcji płyt i mebli, masy celulozowej, papieru i tektury,
- ❖ odpady z przemysłu skórzanego, futrzarskiego i tekstylnego,
- ❖ odpady z przeróbki ropy naftowej, oczyszczania gazu ziemnego oraz pirolitycznej przeróbki węgla,
- ❖ odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania produktów przemysłu chemii nieorganicznej,
- ❖ odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania produktów przemysłu chemii organicznej,
- ❖ odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania powłok ochronnych (farb, lakierów, emalii ceramicznych, kitu, klejów, szczeliw i farb drukarskich),

- ✧ odpady z procesów termicznych,
- ✧ odpady z kształtowania oraz fizycznej i mechanicznej obróbki powierzchni metali i tworzyw sztucznych,
- ✧ odpady opakowaniowe, sorbenty, tkaniny do wycierania, materiały filtracyjne i ubrania ochronne nieujęte w innych grupach,
- ✧ odpady nieujęte w innych grupach,
- ✧ odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej (włączając glebę i ziemię z terenów zanieczyszczonych),
- ✧ odpady z instalacji i urządzeń służących zagospodarowaniu odpadów z oczyszczalni ścieków oraz z uzdatniania wody pitnej i wody do celów przemysłowych,
- ✧ odpady komunalne łącznie z frakcjami gromadzonymi selektywnie.

Uwarunkowania technologiczne i ekologiczne stosowania paliw alternatywnych z odpadów w elektrowniach

Kluczowymi zagadnieniami, które muszą być uwzględnione przy stosowaniu paliw alternatywnych z odpadów w elektrowniach węglowych są (Reference... 2005):

- ✧ jakość i charakterystyka paliwa,
- ✧ konstrukcja kotła, w którym będą współspalane odpady,
- ✧ odpowiednie warunki spalania takie jak: zapłon, stałość płomienia, temperatura płomienia, powstawanie NO_x, które mogą być inne niż dla węgla,
- ✧ sposoby dostarczania i dozowania paliwa,
- ✧ warunki tworzenia się żużla lub złoża w przypadku kotła fluidalnego,
- ✧ powierzchnia wymiany ciepła,
- ✧ występowanie korozji kotła,
- ✧ wpływ na poziom emisji związanej z zawartością siarki, chloru, metali ciężkich itp. w porównaniu z emisją bez stosowania paliw alternatywnych,
- ✧ właściwości i sposób usuwania popiołów,
- ✧ sposoby utylizacji lub składowania odpadów paleniskowych.

Paliwa alternatywne z odpadów często są poddawane obróbce wstępnej mającej na celu zapewnienie całkowitego spalania paliwa, ze względu na krótki czas przebywania paliwa w kotle. Większość metod współspalania paliw z odpadów polega na mieszanii paliwa alternatywnego z paliwem konwencjonalnym. Stosowane są następujące techniki obróbki wstępnej paliw alternatywnych z odpadów (Reference... 2005):

- ✧ mielenie; stosowane jest w celu zmniejszenia wielkości uziarnienia paliwa np. dla kotłów fluidalnych wielkość cząstki paliwa nie może przekraczać 100 mm, dla kotłów spalających pył węglowy – poniżej 75 μm;
- ✧ spalanie w komorze wstępnej; stosowane jest w przypadku paliw, które nie mogą być spalane w kotłach na pył węglowy. Dotyczy to paliw, które nie mogą być rozdrobnione

do odpowiednich wielkości oraz tych, które charakteryzują się wysoką zawartością popiołu;

- ✧ suszenie; stosowane jest w przypadku paliw zbyt wilgotnych, które muszą być wstępnie wysuszone przed wymieszaniem ich z paliwem konwencjonalnym. Suszenie przeprowadzane jest w elektrowni lub w miejscu gdzie paliwo jest wytwarzane;
- ✧ piroliza; jest stosowana w przypadku gdy odpady wchodzące w skład danych paliw alternatywnych nie mogą być rozdrobnione do wymaganych wymiarów. W przypadku zastosowania pirolizy jako wstępnego przetwarzania paliwa alternatywnego z odpadów, w elektrowni spalany jest gaz pirolityczny uzyskany w tym procesie;
- ✧ zgazowanie; stosowane jest w przypadku paliw alternatywnych zawierających zbyt duże ilości np. chloru czy alkaliów. Powstały w wyniku zgazowania paliw alternatywnych gaz jest oczyszczany, a następnie spalany w kotle.

Większość bezpośrednich metod współspalania paliw alternatywnych z odpadów polega na ich mieszanii z węglem i spalaniu w komorze spalania lub kotle.

Paliwa alternatywne z odpadów są od wielu lat stosowane w wielu krajach. Głównie wykorzystuje się palne frakcje odpadów komunalnych. Z tego względu produkcja paliw alternatywnych z odpadów jest integralną częścią systemu gospodarki odpadami na danym terenie. W Polsce produkcja paliw z odpadów zarówno komunalnych, jak i przemysłowych została zawarta w Krajowym Planie Gospodarki Odpadami zatwierdzonym Uchwałą Rady Ministrów nr 219 z dnia 29 października 2002 (MP 03.11.159 z dnia 28 lutego 2003).

Wśród zalet paliw z odpadów należy wymienić przede wszystkim (Wandrasz 2003):

- ✧ porównywalną z innymi paliwami wartość opałową,
- ✧ niskoemisyjność procesu współspalania z uwagi na możliwość ograniczenia w nich obecności chloru siarki, czy metali ciężkich,
- ✧ możliwość granulacji paliw wynikającej z potrzeb i możliwości ich zastosowania,
- ✧ możliwość przygotowania paliwa z odpadów zgodnie z oczekiwaniem odbiorcy i dostosowanego do danego rodzaju procesu.

Paliwa alternatywne z odpadów stosowane są obecnie jedynie w bardzo ograniczonym zakresie. Przykłady współspalania paliw alternatywnych z odpadów w elektrowniach węglowych przedstawiono w tabeli 2.

Jednak rosnące ceny paliw konwencjonalnych oraz wzrastająca ilość powstających odpadów spowodują wzrost zainteresowania elektrowni węglowych paliwami z odpadów.

Stosowanie paliw alternatywnych z odpadów przynosi wiele korzyści ekonomicznych i ekologicznych dla społeczeństwa, jak również dla elektrowni wśród których należy wymienić (Wandrasz, Wandrasz 2003):

- ✧ wykorzystanie istniejących palenisk bez zmiany procesów podstawowych,
- ✧ redukcję kosztów zakupu paliw pierwotnych,
- ✧ oszczędność paliw pierwotnych,
- ✧ zwiększenie zatrudnienia związane z tworzeniem zakładów produkcji paliw z odpadów,
- ✧ zmniejszenie terenów pod składowiska.

Stosowanie paliw alternatywnych z odpadów związane jest również z pewnymi komplikacjami dotyczącymi poziomu emisji, sprawności i „dyspozycyjności” zakładu, ilości i jakości ubocznych produktów spalania. Te komplikacje spowodowane są właściwościami

TABELA 2. Przykłady współspalania paliw alternatywnych z odpadów w elektrowniach węglowych

TABLE 2. Examples of co-combustion alternative fuels from wastes in coal fired power plants

Państwo	Moc elektrowni [MW]	Rodzaj paliwa
Niemcy	170	osady z oczyszczalni ścieków
	195	
	235	
	382	
	565	
	805	
	913	
	930	
	1 074	
	1 280	
	1 933	
Włochy	320	RDF
	48	
Holandia	645	odpady z przemysłu papierniczego
	630	osady z oczyszczalni ścieków
Stany Zjednoczone	2×25	RDF
	350	

Źródło: Reference... 2005

paliw alternatywnych takimi jak: toksyczność, ryzyko eksplozji, łatwopalność, zawartość wilgoci, odory, płynność. Aspekty te powinny być uwzględnione przy wyborze paliwa z opadów.

Negatywny wpływ na sprawność i wydajność zakładu wzrasta, gdy paliwa alternatywne odbiegają właściwościami od paliw planowanych dla danego kotła (Reference... 2005).

Pomimo pewnych problemów ze stosowaniem paliw alternatywnych z odpadów ich zapotrzebowanie będzie wzrastać.

Podsumowanie

Wykorzystanie paliw alternatywnych na szerszą skalę przemysłową sięga lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Paliwa alternatywne wytwarzane są z palnych frakcji odpadów komunalnych i przemysłowych. W związku z tym w poszczególnych krajach paliwa alternatywne noszą różne nazwy np. paliwa zastępcze, paliwa wtórne, paliwa odpadowe itp.

Unia Europejska w maju 2005 r. wydała Dokument dotyczący wykorzystania najlepszych technik spalania w dużych zakładach, przede wszystkim w elektrowniach.

Innym dokumentem Unii Europejskiej dotyczącym spalania paliw alternatywnych jest *Refuse Derived Fuel. Current Practice and Perspectives*. W Dokumentcie tym przyjęto dla wszystkich paliw z odpadów nazwę RDF (*Refused Derived Fuel*).

W raporcie tym przedstawiono uwarunkowania prawne stosowania paliw alternatywnych z odpadów w Unii Europejskiej, aktualne możliwości wytwarzania i zastosowania, ocenę oddziaływania na środowisko tych paliw w różnych gałęziach przemysłu oraz ocenę ekonomiczną ich stosowania.

Wśród korzyści związanych ze stosowania paliw z odpadów w elektrowniach węglowych należy wymienić przede wszystkim oszczędzanie naturalnych źródeł energii i wysoką sprawność ich spalania.

Należy mieć świadomość, że wykorzystanie paliw alternatywnych z odpadów związane jest również z szeregiem problemów dotyczących ich właściwości (toksyczność, ryzyko eksplozji, łatwopalność itp.), prowadzenia procesów spalania w dużych zakładach energetycznych, emisji, dyspozycyjności i sprawności zakładu.

Literatura

- [1] JENKINS B.G., MATHER S.B., 1997 — Fuelling the demand for alternatives. The Cement Environmental Yearbook, p. 90–97.
- [2] KIEFER F., 2003 — Doświadczenia współspalania paliw przy użyciu mączki zwierzęcej w paleniskach z ciekłym odprowadzaniem żużla. Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej nt. „Spalanie paliw alternatywnych w energetyce i przemyśle cementowym”. Opole, s. 47–56.
- [3] KOZIOŁ M., WANDRASZ J.W., 1997 — Aspekty energetyczne i ekologiczne wytwarzania i wykorzystania paliwa INBRE. [W:] Paliwa z odpadów. Praca zbiorowa pod red. J.W. Wandrasza i J. Nadziakiewicza. Wyd. Helion. Gliwice, t. 1, s. 121–128.
- [4] LORBER K.E., NELLES M., TESCH H., RAGOSSNIG A., 1999 — Energetische werwertung von abfall in verbrennungsanlagen. Zeszyty naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej. Koszalin nr 17, s. 57–83.
- [5] MICHALAK R., 2003 — Prawne i techniczne aspekty wytwarzania i stosowania paliw z odpadów przemysłowych. [W:] Paliwa z odpadów. Praca zbiorowa pod red. J.W. Wandrasza i J. Nadziakiewicza. Wyd. Helion, t. IV, s. 21–28.
- [6] Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. May 2005. Bruksela.
- [7] Refuse Derived Fuel. Current Practice and Perspectives (B4 3040/2000/306517/MAR/E3). Final Report. European Comission Directorate. General Environment. 2003.
- [8] ROSIK-DULEWSKA Cz., 2002 — Podstawy gospodarki odpadami. PWN. Warszawa.
- [9] SKOWRON H., 2001 — Prawo unijne w zakresie spalania i współspalania odpadów. Materiały Szkoły Gospodarki Odpadami. Ryto 2001. Wyd. IGSMiE PAN. Kraków nr 50, s. 191–206.
- [10] WANDRASZ J.W., 1997 — Paliwa z odpadów w procesach termicznych ich wykorzystania. [W:] Paliwa z odpadów. Praca zbiorowa pod red. J.W. Wandrasza i J. Nadziakiewicza. Wyd. Helion, Gliwice 1997, t. I, s. 11–18.

- [11] WANDRASZ J.W., 2003 — Podstawy procesów formowania paliw-paliwa formowane. [W:] Paliwa z odpadów. Praca zbiorowa pod red. J.W. Wandrasza i J. Nadziakiewicza. Wyd. Helion, Gliwice 2003, t. IV, s. 49–54.
- [12] WANDRASZ J.W., WANDRASZ A.J., 2003 — Paliwa uzupełniające. Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej nt. „Spalanie paliw alternatywnych w energetyce i przemyśle cementowym”. Opole, s. 149–159.
- [13] ŻYGADŁO M., 1999 — Gospodarka odpadami komunalnymi. Wyd. Politechniki Świętokrzyskiej. Skrypt nr 346. Kielce.

Eugeniusz MOKRZYCKI, Alicja ULIASZ-BOCHEŃCZYK

Alternative fuels from wastes for power industry

Abstract

Alternative fuel derived from wastes is given different names, as: substitute fuel, secondary fuel, waste-derived fuel, and so on.

European Union has issued a document concerning using the best combustion techniques in large plants (*Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants*).

Another document concerning the use of alternative waste-derived fuel is the European Union Report dedicated to the use of alternative waste-derived fuel — “Refuse Derived Fuel. Current Practice and Perspectives.”

Within these documents an alternative fuel definition has been presented, along with legal regulations and application technical conditions.

The paper itself presents: alternative fuel definition, legal regulations concerning waste combustion and co-combustion in Poland, technical conditions of alternative fuel application in coal-based power plants.

KEY WORDS: alternative fuels, fuels from wastes, use in power industry