

Wykorzystanie słomy do celów grzewczych

Właściwości słomy jako paliwa

Dużą szansą na zagospodarowanie nadwyżek słomy jest wykorzystanie jej w energetyce. Polskie rolnictwo produkuje rocznie ok. 25 mln ton słomy (głównie zbożowej i rzepakowej) oraz siana. Od 1990 r. rosną nadwyżki słomy. Obecnie szacuje się je na 12 mln ton rocznie.

Do celów energetyki może być użyta praktycznie słoma wszystkich rodzajów zbóż oraz rzepaku i gryki. Jednak ze względu na dobre właściwości cieplne najczęściej używana jest słoma: żytnia, pszenna, rzepakowa i gryczana oraz słoma i osadki kukurydzy. Słoma owsiana ze względu na bardzo niską temperaturę topnienia popiołu nie jest zalecana jako paliwo. W porównaniu z innymi powszechnie stosowanymi nośnikami energii, słoma w postaci nieprzetworzonej jest dość uciążliwym materiałem energetycznym. Jest to spowodowane dużą niejednorodnością surowca, zróżnicowaną wartością energetyczną, szczególnie odniesioną do jednostki objętości, w porównaniu do konwencjonalnych nośników energii. Słomę wyróżnia od paliw kopalnych (węgla) większa ilość substancji lotnych oraz niższa zawartość siarki. Słoma wykorzystywana do celów energetycznych musi spełniać określone wymagania technologiczne i cieplne. Najczęściej oceny jakości dokonuje się na podstawie:

- wartości opałowej,
- wilgotności,
- stopnia zwiędnięcia.

Najważniejszymi parametrami termo-fizycznymi paliw są: wartość opałowa oraz ciepło spalania, nazywane też czasami dolną wartością opałową. Parametry te zależą przede wszystkim od składu chemicznego i wilgotności materiału. Dla słomy suchej wartość opałowa zawiera się w przedziale od 14 do 15 MJ/kg i zależy przede wszystkim od gatunku rośliny. Dla porównania wartość opałowa węgla waha się od 18,8 do 29,3 MJ/kg. Tak więc pod względem energetycznym 1,5 tony słomy równoważne jest jednej tonie węgla kamiennego średniej jakości (tabela 1, tabela 2).

Tabela 1. Porównanie właściwości słomy z innymi paliwami (wg Wichowskiego, 1994).

Parametr	Jednostka	Słoma żółta	Słoma szara	Węgiel	Gaz	Zrębki drzewne
Wilgotność	% wag.	20	20	12	0,00	40
Zawartość popiołu	% s.m.	4	3	12	0,00	0,6-1,5
Zawartość węgla	% wag.	42	43	59	75	50
Zawartość tlenu	% wag.	37	38	7,30	0,90	43
Zawartość wodoru	% wag.	5,00	5,20	3,50	24	6
Zawartość chloru	% wag.	0,55	0,20	0,08	-	0,02
Zawartość azotu	% wag.	0,34	0,41	1,00	0,90	0,30
Zawartość siarki	% wag.	0,16	0,13	0,80	0,00	0,05
Składniki lotne	% wag.	70	73	25	100	70
Wartość opałowa	MJ/ kg.	15,40	16	25	48	10,4
Ciepło spalania	MJ/ kg.	18,20	18,70	32	48	19,4
Temperatura mięknięcia popiołu	°C	950	1100	1175	-	-
Temperatura płynięcia popiołu	°C	1150	1250	1275	-	-

Tabela 2. Wartość opałowa słomy (Szlachta, 2001).

Rodzaj słomy	Wartość opałowa słomy świeżej MJ/kg	Zawartość wilgoci w słomie świeżej	Wartość opałowa słomy suchej MJ/kg
Pszenna	12,9-14,9	12-22	17,3
Jęczmienna	12-13,9	12-22	16,1
kukurydziana	3,3-7,2	50-70	16,8

Wymogi w zakresie certyfikacji urządzeń do spalania biomasy stałej

Dla użytkowników systemów ciepłych opalanych biomasą jakość kotłów oraz paliwa mają istotne znaczenie. Efektywne spalanie biomasy wymaga specjalnych technologii, zapewniających warunki dynamiczno-termiczne niezbędne dla zupełnego spalania lotnych produktów rozkładu termicznego biomasy. Nieodpowiednie rozwiązania technologiczne skutkują zwiększoną emisją szkodliwych substancji do atmosfery, a także obniżeniem sprawności procesu spalania, co w rezultacie powoduje wzrost kosztów użytkowania.

Efektywność energetyczna, jak i ekologiczna procesu spalania czy gazyfikacji zależy od następujących czynników:

- o konstrukcji kotła,
- o jakości i doboru odpowiedniego paliwa,
- o właściwie dobranej instalacji odprowadzania spalin.

W Polsce certyfikacja w odniesieniu do kotłów na paliwa stałe obejmuje:

- o certyfikację zgodności wg kryterium efektywności energetycznej (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 2 kwietnia 2003 roku, Dz. U. 2003 nr 79 poz. 714, "w sprawie wymagań w zakresie efektywności energetycznej").
- o polską normę PN-EN 303-5; 2002, „Kotły grzewcze. Część 5: Kotły grzewcze na paliwa stałe z ręcznym i automatycznym zasypem paliwa o mocy nominalnej do 300 kW. Terminologia, wymagania, badania i oznakowanie”.

Wymagania dla kotłowni wbudowane na paliwo stałe powinny spełniać wymagania normy PN-87/B-02411 „Kotłownie wbudowane na paliwo stałe”. Norma ta wprowadza podział na kotłownie o mocy cieplnej do 25 kW i od 25 kW do 2 MW. Dla małych kotłowni o mocy do 25 kW powinny być spełnione następujące wymagania (wg Grzywacz T, www.drewno.pl):

- podłoga w kotłowni powinna być wykonana z materiałów niepalnych lub obita blachą stalową grubości 0,7 mm na odległości minimum 0,5 m od krawędzi kotła,
- kocioł powinien znajdować się na fundamencie wykonanym z materiałów niepalnych, wystającym 0,05 m ponad poziom podłogi i ze stalowymi kątownikami na krawędziach,
- kocioł powinien być tak usytuowany, aby był do niego swobodny dostęp podczas czyszczenia i konserwacji: odległość tyłu kotła od ściany nie powinna być mniejsza niż 0,7 m, boku kotła – nie mniejsza niż 1,0 m, natomiast przodu kotła od ściany przeciwległej – nie mniejsza niż 2,0 m,
- wysokość pomieszczenia kotłowni powinna wynosić co najmniej 2,2 m. W istniejących budynkach dopuszcza się wysokość pomieszczenia kotłowni minimum 1,9 m, przy zapewnionej poprawnej wentylacji (nawiewno– wywiewnej),
- wentylacja nawiewna powinna odbywać się za pomocą niezamykalnego otworu o przekroju minimum 200 cm², o wylocie umieszczonym na wysokości maksymalnie 1,0 m nad poziomem podłogi. Wentylacja wywiewna,
- kanałem wywiewnym o przekroju minimalnym 14 x 14 cm z otworem wlotowym pod stropem pomieszczenia kotłowni. Kanał wywiewny powinien być wyprowadzony ponad dach i umieszczony w pobliżu komina,
- przekrój komina powinien być nie mniejszy niż 20 x 20 cm,
- w podłodze pomieszczenia kotłowni powinien znajdować się wpust podłogowy,
- w pobliżu pomieszczenia kotłowni powinien znajdować się skład paliwa, najlepiej w wydzielonym pomieszczeniu. Powierzchnia składu opału powinna być taka, aby można zgromadzić opał na cały sezon grzewczy.

Brykiet i pelety ze słomy

Dla ujednoczenia i polepszenia przydatności słomy do celów energetycznych należy słomę przetworzyć do paliwa w postaci brykietu lub granulatu typu pelet. Przetworzenie to powinno odbyć się po uprzednim wysezonowaniu słomy i doprowadzeniu do jednolitej wilgotności 10-12 %. Przetworzone paliwo w postaci brykietu ułatwia w zasadniczy sposób zadawanie jego do pieca oraz sprawia, że staje się paliwem bardziej handlowym. Podstawowe zalety takiego przetworzenia to:

- podwyższenie wartości opałowej do 16-17 GJ/tonę,
- ujednoczenie struktury opału,

- ciężar nasypowy brykietu to około 700 kg/m^3 , słomy w belach od 120 do 150 kg/m^3 sprawia, że daje zdecydowanie większe możliwości transportu na większe odległości (rysunek 1),
- zmniejsza niebezpieczeństwo przy składowaniu: samozapłonem, rozwojem pleśni,
- nadaje się do automatyzacji procesów spalania w małych i dużych piecach,
- popiół ze spalania może być wykorzystany jako nawóz rolniczy,
- porównanie emisji 100 tys. ton węgla o wartości opałowej $22 \text{ GJ/t} = 135 \text{ tys. ton brykietu o wartości } 16,3 \text{ GJ/t}$.

Rysunek 1. Porównanie gęstości usypowej poszczególnych paliw ze słomy.

Technologie przygotowania paliwa

Produkcja peletów i brykietów ze słomy skupiona jest wokół dużych plantatorów upraw zbożowych.

- na rynku istnieje kilkanaście krajowych producentów peletów ze słomy,
- pelety są pakowane w worki 16 kg, 25 kg czy 1-tonowe, bądź sprzedawane luzem,
- ceny peletów zależą od ilości sprzedawanych peletów i sposobu pakowania. Ceny peletów sprzedawanych luzem mogą być do 50 zł/tonę niższe niż peletów sprzedawanych w workach po 20 kg (rysunek 2). Średnie ceny peletów u producentów kształtują się na poziomie 480 zł za tonę. Ceny peletów zakupionych u dystrybutorów mogą być do 10% wyższe (rysunek 3).
- 80-90 % krajowej produkcji peletów i brykietów (na bazie drewna) eksportowane jest za granicę, głównie do Szwecji, Danii i Niemiec.
- brykiety najczęściej są pakowane w worki 5, 20, 30 lub 50 kilogramowe.
- średnie ceny brykietów zakupionych u producenta kształtują się na poziomie 300 zł za tonę. Ceny brykietów zakupionych u dystrybutorów mogą być do 20% wyższe (rysunek 3).

Produkcja peletów składa się z trzech zasadniczych procesów: suszenia, mielenia i prasowania. Pelety wytłacza się z rozdrobnionej suchej słomy pod dużym ciśnieniem w prasie rotacyjnej, bez substancji klejącej. Produktem końcowym są małe granulki o kształcie cylindrycznym o średnicy 6-25 mm i długości do kilku centymetrów. W procesie produkcji brykietu wyodrębnia się: przygotowanie surowca, suszenie, ostateczne rozdrobnienie i przygotowanie jednorodnej frakcji odpadu, brykietowanie, kondycjonowanie, pakowanie i składowanie. Brykietowanie następuje w prasach mechanicznych lub hydraulicznych bez stosowania żadnych substancji wiążących.

Rysunek 2. Przykładowa zależność ceny peletów od wielkości opakowania.

Rysunek 3. Ceny zagęszczonych biopaliw stałych zakupionych u producenta lub dystrybutora biopaliw.

Rozwiązania techniczne kotłów na słomę

Szacuje się, że obecnie w Polsce pracuje około 2000 tysięcy różnego typu kotłów przystosowanych do spalania biomasy drewna w postaci zrębków, brykietu, peletów, trocin, kory oraz odpadów przemysłu przetwarzającego drewno i papieru. W grupie technologii przetwarzania biomasy można wydzielić metody pośredniego i bezpośredniego spalania biomasy. Decydując się na rodzaj i sposób zapewnienia ciepła dla własnych potrzeb należy w sposób przemyślany uwzględnić wiele czynników decydujących m. in. o cenie zakupu, kosztach montażu instalacji jak również kosztach związanych z jej późniejszym użytkowaniem. Szereg producentów mających duże doświadczenie w produkcji kotłów na paliwa tradycyjne rozszerzyło ofertę o kotły zasilane biomasą (tabela 3). Krajowa oferta producentów i importerów kotłów małych mocy na biomasę w tym słomę jest bardzo bogata. Sprzedawcy oferują rozwiązania proste typu wsadowego bez automatyki zadawania paliwa oraz zautomatyzowane piece przystosowane do spalania słomy w postaci brykietu lub granulatu (tabela 4). Odmiennie warunki spalania biomasy spowodowały, że jakość, trwałość oraz sprawność oferowanych rozwiązań jest bardzo istotna i oprócz ceny musi być w sposób szczególny uwzględniana.

W kotłach z dolnym spalaniem (foto 1) załadowane w określonej ilości paliwo, spala się stopniowo, a strefa płomienia obejmuje tylko niewielką część paliwa załadowanego w komorze zasypowej. Określona ilość

paliwa w strefie spalania pozwala na uzyskanie stałej wydajności spalania. Moc kotła reguluje się ilością powietrza doprowadzanego do komory spalania i tak w rozbudowanych modelach, wentylator wymusza taki przepływ powietrza, co dodatkowo zapewnia równomierne spalanie i wyższą sprawność. W odróżnieniu od kotłów gazowych i olejowych, kotły na paliwa stałe są trudniejsze w eksploatacji często wymagają ręcznego załadunku paliwa. Jednak coraz częściej sprzedawcy oferują kotły zaopatrzone w specjalny podajnik, który mechanicznie reguluje doprowadzenie paliwa. Kotły takie wymagają okresowego oczyszczania.

Foto 1. Kocioł Warmet SDS Ceramik (mat. reklamowy).

Na fotografii 2 przedstawiono kocioł małej mocy przystosowany są do spalania balotów słomy o ciężarze do 12 kg. Obsługa jest prosta ale konieczna, bowiem do kotła o mocy do 100 kW ładuje się ręcznie baloty od 2 do 6 sztuk. Aby efektywnie wykorzystywać tego typu kocioł w układzie centralnego ogrzewania konieczny jest zbiornik akumulacyjny, gromadzący ciepłą wodę na potrzeby c.o. i c.w.u. Jego pojemność uzależniona jest od mocy cieplnej kotła.

Foto 2. Kocioł Bio-Pal 40 (mat. reklamowy).

Uniwersalny zestaw FARMHEAT (foto 3) przystosowany jest do spalania różnych rodzajów biomasy w postaci: ziarna zbóż, makuchów rzepakowych, słomy, trocin, zrębków drzewnych, peletów, brykietu i innych. Oferowany zestaw składa się z palnika, przedpaleniska, zbiornika i przepustnicy. Moc cieplna palnika to zakres od 20 do 120 kW i jest uzależniona od typu palnika jak również od rodzaju zastosowanego paliwa (rys. 1). Palnik FARMHEAT cechuje funkcjonalność poprzez możliwość współpracy z dowolnym kotłem na paliwo stałe jak również z większym, zewnętrznym magazynem paliwa za pośrednictwem bezobsługowego podajnika. Trzy niezależne systemy kontrolują bezpieczeństwo prowadzonego procesu spalania oraz zapewniają dłuższą żywotność i sprawność palnika.

Foto 3. Uniwersalny palnik na biomasę FARMHEAT firmy SCANBIO.

Tabela 3. Przykładowa oferta rynkowa kotłów na biomasę (słomę).

Producent / Importer	Adres	Zakres produkcji
DAPOLOGIC Sp. z o.o.	ul. Marynarki Polskiej 59, 80-557 Gdańsk	kotły ciepłownicze na drewno, słomę 20-100 kW
ENERGO-INWEST Sp z o.o.	ul. Podmiejska 7, 44-207 Rybnik	kotły na drewno 20 - 60 kW, technologia spalania słomy 600 kW
MODERATOR Zakład Energetyki Ciepłej	ul. 11 Listopada 16A, 17-200 Hajnówka	kotły na paliwa odpadowe 24 450 kW
WAT	ul. Goszczyńskiego 36/40 m 9, 02-610 Warszawa	technologie spalania odpadów drzewnych i słomy firmy REKA
GIZEX PHPU Sp. z o.o.	ul. Poznańska 103, 63-300 Pleszew	technologie spalania słomy
METALERG S.C.	ul. Polska 9, 55-200 Oława Ścinawa	technologie spalania słomy
ZAKŁADY KOTLARSKIE	ul. Targowa 26, 17-200 Hajnówka	technologie spalania słomy
GRASO	ul. Krag 4a, 83-200 Starogard Gdański	technologie spalania słomy
HEF Wytwórnia kotłów grzewczych	ul. Oleska 104, 42-700 Lubliniec	kotły na brykiet
P.P.H. NARMET	ul. Bielska 80, 17-210 Narew	kotły na drewno
Cichewicz Kotły	ul. Rzemieślnicza 11, 09-100 Płońsk	kotły na biomasę
SCANBIO	ul. Miejska 10a, 01-352 Warszawa	palniki i kotły na biomasę

Tabela 4. Przykładowa oferta kotłów na słomę.

Producent	Typ kotła	Moc	Cena (brutto)
Kostrzewa	Warmet SDS Ceramik	14 kW	3620
		18,5 kW	3950
		25,5 kW	4320
GIZEX	Bio-Pal 40	30-60 kW	12444
	KW-GR/d	30 kW	13746
Ciechewicz Kotły	Futura BIO	25 kW	18178
Dodatkowe wyposażenie (firmy Kostrzewa)			
Regulator pokojowy			100
Moduł sterujący trzecią pompą			69
Termiczny wyłącznik bezpieczeństwa			38
Ruchome ruszta do 25,5 kW			150

Literatura

1. Szlachta J., 2001; Wykorzystanie słomy (zbożowej i rzepakowej) do ogrzewania budynków mieszkalnych i szklarni, Konferencja FSNT-NOT.
2. Wichowski R., 1994; Wykorzystanie słomy jako źródła energii odnawialnej w rolnictwie na przykładzie Danii, Seminarium krajowe, Wykorzystanie energii odnawialnej w rolnictwie, IBMER.