

WPŁYW PARAMETRÓW ZAGĘSZCZANIA BIOMASY ROŚLINNEJ NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE BRYKIETÓW

Ignacy Niedziółka, Andrzej Zuchniarz

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań właściwości mechanicznych brykietów wytworzonych z biomasy roślinnej, obejmującej słomę zbożową oraz siano łąkowe. Do zagęszczania badanych materiałów użyto brykietarki ślimakowej JW08. Temperatura komory zagęszczania wynosiła 200°C, natomiast wydajność około 35 kg·h⁻¹. Przyjęto 5 klas długości sieczki, co 20 mm i badano ich wpływ na gęstość i długość brykietów. Podczas brykietowania uzyskano średnią gęstość brykietów wynoszącą 700 kg·m⁻³ dla słomy i 890 kg·m⁻³ dla siana. Z kolei średnia długość brykietów ze słomy wyniosła 75 mm, a z siana 58 mm. Zaobserwowano istotne statystycznie różnice w długości uzyskanych brykietów, na co miał wpływ udział długości sieczki w poszczególnych frakcjach rozdrobnionych materiałów roślinnych przed brykietowaniem.

Słowa kluczowe: biomasa roślinna, rozdrabnianie surowców, brykietowanie, właściwości mechaniczne brykietów

Wstęp

Wobec obserwowanych tendencji zmniejszenia użycia surowców energetycznych takich jak węgiel kamienny, ropa naftowa, czy gaz ziemny, należy zwrócić uwagę na nośniki energii powszechnie występujące w przyrodzie. Dotyczy to biopaliw stałych pochodzenia roślinnego, które ze względu na duży potencjał ilościowy, wysoką wartość energetyczną oraz łatwość w pozyskiwaniu coraz częściej brane są pod uwagę jako paliwo do produkcji energii cieplnej.

Ciesząc się dużym zainteresowaniem w wielu krajach, w tym i w Polsce biomasa roślinna może być wykorzystana na cele energetyczne w procesach bezpośredniego spalania jako biopaliwa stałe lub przetwarzana na biopaliwa ciekłe bądź gazowe. W porównaniu z innymi nośnikami energii biomasa roślinna w postaci surowej jest mało przydatnym surowcem energetycznym. Problem ten może być rozwiązany poprzez odpowiednie przetworzenie materiałów roślinnych, co znacznie zwiększa ich gęstość, polepsza wartość opałową, pozwala na zmniejszenie powierzchni magazynowej, znaczne obniżenie kosztów jej transportu oraz wprowadzenie automatyzacji procesu spalania [Adamczyk i in. 2005; Mani i in. 2006].

Do podstawowych cech jakościowych brykietów opałowych zalicza się kształt, wymiary zewnętrzne oraz ich gęstość. Cechy te mogą decydować o przeznaczeniu brykietów do

spalania w różnych systemach grzewczych np. piecach c.o., kominkach, itp. Kształt i wymiary brykietów związane są przede wszystkim z typem zespołu zagęszczającego urządzeń brykietujących, w których zostały wytworzone. Natomiast gęstość uzyskanego aglomeratu zależy od wielu czynników związanych z cechami użytego do produkcji surowca. Należy do nich wilgotność, skład granulometryczny, współczynnik tarcia wewnętrznego, itp. [Zawiślak 2006]. Stąd wynika konieczność właściwego przygotowania biomasy roślinnej do procesu aglomeracji. Odpowiednie rozdrobnienie zagęszczanego surowca roślinnego jest jednym z ważniejszych procesów produkcji brykietów. Wielkość frakcji po rozdrobnieniu wpływa zarówno na efektywność, jak i wydajność procesu brykietowania. Ułatwia, bowiem lepsze napełnianie zespołów roboczych urządzeń do wytwarzania brykietów [Hejft 2002; Niedziółka i in. 2007].

Celem pracy było porównanie badanych cech mechanicznych brykietów wytworzonych ze słomy zbożowej oraz siana łąkowego, takich jak wymiary zewnętrzne i gęstość, w zależności od stopnia rozdrobnienia tych surowców i przyjętych parametrów zagęszczania.

Metodyka badań

Do wytworzenia brykietów użyto siewki z materiałów pochodzenia roślinnego, tj.: słomy zbożowej (mieszanka słomy pszennej i owsianej) oraz siana łąkowego. Wilgotność słomy zbożowej wynosiła średnio 16%, natomiast siana łąkowego około 18%. Materiały te rozdrabniano przy użyciu rozdrabniacza uniwersalnego H 111/3, wyposażonego w nóż rozdrabniający oraz sito z otworami w kształcie trójkąta równoramiennego, o wymiarach: długość podstawy 55 mm i długość boków 65 mm. Następnie pobierano próbę rozdrobnionego materiału i za pomocą analizatora sitowego typu Analysette 3 PRO dokonywano rozdziału na 5 klas o przedziałach długości: poniżej 20 mm, 20-40 mm, 40-60 mm, 60-80 mm i powyżej 80 mm. Poszczególne frakcje ważono i określano procentowy ich udział w badanej masie próby.

Rozdrobnione materiały roślinne zagęszczano przy użyciu zespołu roboczego brykieciarki ślimakowej JW08, składającego się ze ślimaka zagęszczającego, cylindrycznej komory oraz zespołu elektrycznych grzałek podgrzewających komorę zagęszczania. Temperatura komory zagęszczającej wynosiła 200°C. Następnie określano średnicę zewnętrzną i wewnętrzną wytworzonych brykietów, a także ich długość oraz masę. W oparciu o uzyskane wyniki wyliczano gęstość brykietów. Otrzymane wyniki badań poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 6.0.

Wyniki badań

W celu lepszego pobierania rozdrobnionego materiału roślinnego z kosza zasypowego przez ślimak zagęszczający brykieciarki ślimakowej JW08 wskazane jest użycie krótkiej siewki, której długość nie powinna przekraczać 80 mm. W związku z tym określano udział masowy poszczególnych frakcji rozdrobnionych materiałów roślinnych przeznaczonych do produkcji brykietów, a uzyskane wyniki pomiarów zamieszczono w tabeli 1.

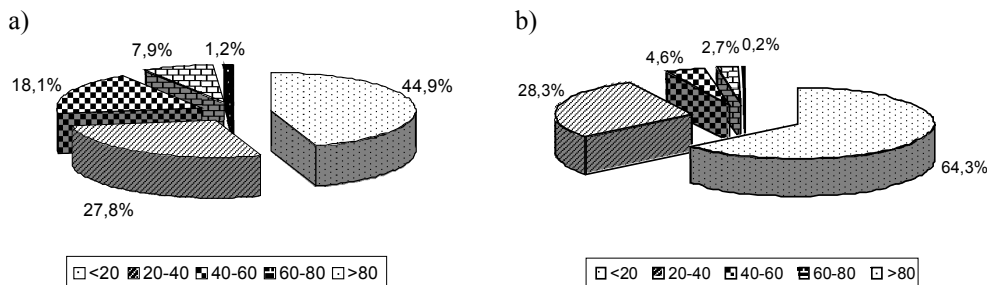
Tabela 1. Udział masowy poszczególnych frakcji badanych materiałów roślinnych

Table 1. Weight in weight concentration of individual fractions for examined vegetable materials

Materiał	Udział masowy poszczególnych frakcji [g]					Całkowita masa próby [g]
	< 20 mm	20-40 mm	40-60 mm	60-80 mm	> 80 mm	
Słoma zbożowa	70,48	43,56	28,47	12,47	1,96	156,94
Siano łąkowe	101,23	44,50	7,21	4,19	0,37	157,50

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że przy zastosowanym sicie największy udział w rozdrobnionej masie roślinnej stanowiły frakcje poniżej 20 mm, tj. około 70 g dla słomy i 100 g dla siana. Stosunkowo dużym udziałem charakteryzowały się również frakcje o długości od 20 do 40 mm (około 44 g). Razem obydwie frakcje stanowiły ponad 70% rozdrobnionej słomy i ponad 90% rozdrobnionego siana. W obydwu badanych materiałach roślinnych udział pozostałych frakcji był niewielki, a udział frakcji o długości powyżej 80 mm był praktycznie znikomy i dla słomy wyniósł 1,2%, a dla siana 0,2%.

Na podstawie testu Tukey'a przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ zaobserwowano statystycznie istotne różnice prawie dla wszystkich przyjętych przedziałów długości frakcji powstałych po rozdrobnieniu. Wyjątek stanowiły frakcje o długości od 20 do 40 mm. Zarówno dla słomy, jak i siana masa tejże frakcji wyniosła około 44 g. Na rysunku 1 przedstawiono udział procentowy poszczególnych frakcji dla badanych materiałów roślinnych.



Źródło: opracowanie własne

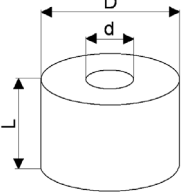
Rys. 1. Udział procentowy poszczególnych frakcji dla badanych materiałów: a) słoma zbożowa, b) siano łąkowe

Fig. 1. Percent concentration of individual fractions for examined materials: a) crop straw, b) meadow hay

W tabeli 2 przedstawiono średnie wymiary, masę oraz gęstość brykietów ze słomy zbożowej i siana łąkowego.

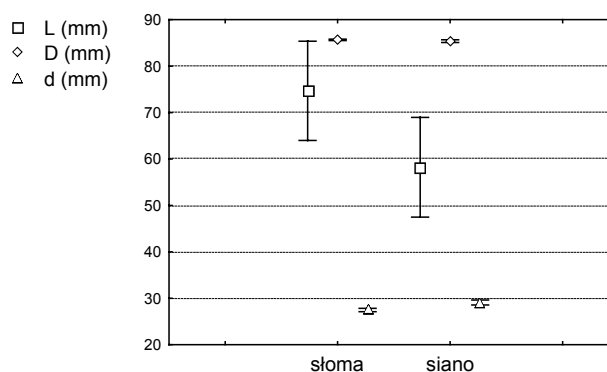
Tabela 2. Średnie wymiary, masa i gęstość brykietów wytworzonych w zespole zagęszczającym brykietarki ślimakowej JW08

Table 2. Average dimensions, weight and density of briquettes produced in compacting unit of the JW08 worm briquetting machine

Materiał		Wymiary			Masa	Gęstość
		L [m]	D [m]	d [m]	m [kg]	ρ [kg·m ⁻³]
Słoma zbożowa		0,075	0,086	0,027	0,276	705,3
Siano łąkowe		0,058	0,085	0,029	0,265	892,8

Źródło: opracowanie własne

Dla przyjętych parametrów zagęszczania obejmujących temperaturę komory zagęszczania (200°C) i zbliżoną wilgotność obydwu materiałów roślinnych (16-18%), uzyskano średnią wydajność brykietowania wynoszącą około 35 kg·h⁻¹. Wytworzone brykiety w zespole zagęszczającym brykietarki ślimakowej JW08 niezależnie od użytego materiału charakteryzowały się zbliżonymi wymiarami, jeśli chodzi o średnicę zewnętrzną, która wyniosła około 85 mm i średnicę wewnętrzną wynoszącą około 30 mm. Uzyskane brykiety posiadały jednak zróżnicowaną długość, która zawierała się w granicach od kilkunastu do kilkudziesięciu milimetrów (rys. 2). Średnia długość brykietów wytworzonych ze słomy zbożowej wynosiła około 75 mm, natomiast z siana łąkowego około 58 mm. Również gęstość wytworzonych brykietów była zróżnicowana i wynosiła około 700 kg·m⁻³ dla słomy i około 890 kg·m⁻³ dla siana.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Wymiary brykietów wytworzonych z badanych materiałów: a) słomy zbożowej, b) siana łąkowego; D – średnica zewnętrzna (mm), d – średnica wewnętrzna (mm), L – długość brykietu (mm)

Fig. 2. Dimensions of briquettes made of examined materials: a) crop straw, b) meadow hay; D – outside diameter (mm), d – inside diameter (mm), L – briquette length [mm]

W oparciu o test Tukey'a (przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$) nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic, jeśli chodzi o średnicę zewnętrzną, jak i wewnętrzną wytworzonych brykietów z badanych materiałów roślinnych. Istotnie statystycznie różniła się natomiast długość brykietów. W przypadku słomy były one o około 30% dłuższe, w porównaniu z brykietami wytworzonymi z siana. Również istotnie statystycznie różniła się gęstość wytworzonych brykietów. W tym przypadku większą gęstością charakteryzowały się brykiety uzyskane z siana łąkowego (o około 27%), w stosunku do gęstości brykietów ze słomy zbożowej.

Wnioski

1. Dla przyjętych parametrów aglomeracji badanych materiałów roślinnych (temperatura komory zagęszczania 200°C, wilgotność materiałów 16-18%, długość sieczki poniżej 80 mm) uzyskano podobną wydajność brykietowania wynoszącą około 35 kg·h⁻¹ zarówno w przypadku słomy zbożowej, jak i siana łąkowego.
2. Średnia długość brykietów ze słomy wyniosła 75 mm i była o około 17 mm większa od długości brykietów uzyskanych z siana. Różnice w długości brykietów dla obu badanych materiałów roślinnych spowodowane były różnym stopniem rozdrobnienia, a zwłaszcza udziałem najkrótszych frakcji (poniżej 20 mm i 20-40 mm).
3. Z kolei brykiety uzyskane z siana łąkowego charakteryzowały się większą gęstością (892,8 kg·m⁻³) niż ze słomy zbożowej (705,3 kg·m⁻³). Na ich gęstość również miał wpływ udział drobnych cząstek o długości do 40 mm, który wynosił dla siana ponad 90%, natomiast dla słomy około 70%.

Bibliografia

- Adamczyk F., Frąckowiak P., Mielec K., Kośmicki Z. 2005. Problematyka badawcza w procesie zagęszczania słomy przeznaczonej na opał. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 50(4), pp. 5-8.
- Hejft R. 2002. Ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych. Białystok. ISBN 83-7204-251-9.
- Mani S., Tabil L. G., Sokhansanj S. 2006. Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses. *Biomass and Bioenergy*, 30, pp. 648-654.
- Niedziółka I., Szymanek M., Zuchniarz A. 2007. Ocena właściwości energetycznych i mechanicznych brykietów z masy poźniwej kukurydzy. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 7(95). Kraków. s. 153-159.
- Zawiślak K. 2006. Wpływ kształtu powierzchni rolek wytłaczających na trwałość granulatu. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 7(82). Kraków. s. 475-483.

THE IMPACT OF VEGETABLE BIOMASS COMPACTION PARAMETERS ON MECHANICAL PROPERTIES OF BRIQUETTES

Abstract. The paper presents results of the research on mechanical properties of briquettes made of vegetable biomass, including crop straw and meadow hay. The JW08 worm briquetting machine was used to compact examined materials. Compaction chamber temperature was 200°C, and its output approximately 35 kg·h⁻¹. 5 chaff length classes were taken, every 20 mm, and the effect of each class on briquette density and length was examined. During briquetting the researchers obtained average briquette density of 700 kg·m⁻³ for straw and 890 kg·m⁻³ for hay. On the other hand, average length of straw briquettes was 75 mm, and hay briquettes 58 mm. The research allowed to observe statistically significant differences in length of obtained briquettes, which was affected by chaff length share in individual shredded fractions of vegetable materials before briquetting.

Key words: vegetable biomass, material shredding, briquetting, mechanical properties of briquettes

Adres do korespondencji:

Ignacy Niedziółka: e-mail: ignacy.niedziolka@up.lublin.pl

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ul. Głęboka 28

20-612 Lublin