

OCENA JAKOŚCI BRYKIETÓW Z BIOMASY ROŚLINNEJ WYTWORZONYCH W ŚLIMAKOWYM ZESPOLE ZAGĘSZCZAJĄCYM

Ignacy Niedziółka, Andrzej Zuchniarz

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie: W pracy określono cechy fizyczne (wymiary, masę i gęstość) oraz współczynnik trwałości i straty okruszania brykietów ze słomy kukurydzy pastewnej, ślázowca pensylwańskiego, słomy zbożowej i siana łąkowego, wytworzonych przy temperaturze 200°C oraz ze słomy kukurydzy i ślázowca przy temperaturach 225 i 250°C. Średnica zewnętrzna brykietów wynosiła ok. 86 mm, a wewnętrzna ok. 27 mm. Długość brykietów zawierała się w granicach 55-100 mm, a ich masa 100-400 g. Wzrost temperatury w komorze zagęszczania podczas procesu brykietowania z 200 do 250°C spowodował wzrost gęstości brykietów od ok. 385 kg·m⁻³ (dla słomy zbożowej) do blisko 845 kg·m⁻³ (dla słomy kukurydzy), a także wzrost wartości współczynnika trwałości brykietów od ok. 0,5 do ponad 0,9. Ponadto stwierdzono zmniejszenie procentowych strat okruszania od ponad 50% (dla ślázowca i temperatury 200°C) do ok. 10% (dla słomy kukurydzy i temperatury 250°C).

Słowa kluczowe: biomasa roślinna, brykiety, cechy fizyczne, współczynnik trwałości, straty okruszania

Wstęp

Biomasa, jako potencjalnie największe źródło energii odnawialnej w kraju, jest coraz częściej przetwarzana na pelety lub brykiety i wykorzystywana do produkcji energii cieplnej. Przetwarzanie biomasy do takiej postaci pozwala na uzyskanie jednolitych cech fizycznych aglomeratu, co ułatwia jego stosowanie w różnych urządzeniach cieplnych [Plištil i in. 2005]. W Polsce brak jest normy określającej parametry użytkowe oraz jakość oferowanych na rynku peletów i brykietów opałowych [Fiszer 2008]. W związku z tym, istnieje potrzeba określenia cech decydujących o przeznaczeniu tego rodzaju biopaliwa np. do kotłów, kominków, itp. Głównymi parametrami świadczącymi o jakości brykietów jest przede wszystkim ich gęstość, a także wytrzymałość mechaniczna [Koutný i in. 2007]. Istotną cechą dotyczącą jakości brykietów jest ich wytrzymałość na rozpadanie się, wyrażona wartością współczynnika trwałości oraz wielkością strat okruszania [Adamczyk i in. 2006].

Celem pracy było określenie cech fizycznych (średnica zewnętrzna i wewnętrzna, długość, masa, gęstość) oraz wyznaczenie współczynnika trwałości i procentowych strat okruszania brykietów wytworzonych z biomasy roślinnej, w ślimakowym zespole zagęszczającym brykietarki JW-08, w zależności od użytego surowca oraz temperatury komory

zagęszczania. Parametry te w dużym stopniu mogą decydować o jakości brykietów wytworzonych z różnych surowców roślinnych.

Material i metody badań

Do wytwarzania brykietów użyto następujących surowców roślinnych: słoma kukurydzy pastewnej, ślázowiec pensylwański, słoma zbożowa i siano łąkowe. Surowce te przed brykietowaniem rozdrabniano przy użyciu siewczarki bębnowej i teoretycznej długości cięcia równej 20 mm. Ze względu na małe wymiary otworu zasypowego brykieciarki, po rozdrobnieniu kukurydzy oraz ślázowca istniała konieczność oddzielenia dłuższych frakcji roślin, przy użyciu sita o oczkach 30x30 mm.

Do określenia cech fizycznych, współczynnika trwałości i strat okruszania użyto brykietów wytworzonych w brykieciarce ślimakowej JW-08. Badano brykiety z takich surowców roślinnych, jak: słoma kukurydzy pastewnej, ślázowiec pensylwański, słoma zbożowa i siano łąkowe (przy temperaturze komory zagęszczania 200°C) oraz słoma kukurydzy i ślázowiec pensylwański (przy temperaturze 225 i 250°C). Przyjęto następujące parametry zagęszczania: prędkość podawania materiału roślinnego – 0,25 cm·s⁻¹, wydajność brykietowania – 60 kg·h⁻¹ oraz wilgotność surowców wynosząca ok. 10%. Po wytworzeniu brykietów określano ich wymiary (średnicę zewnętrzną i wewnętrzną oraz długość), a także masę. Na podstawie tych pomiarów obliczano gęstość aglomeratu.

Pomiary trwałości brykietów przeprowadzono na stanowisku badawczym składającym się z bębna w kształcie prostopadłościanu o wymiarach 300×300×460 mm, którego ścianki stanowiła siatka o wymiarach oczek 10×10 mm. Prędkość obrotowa bębna wynosiła 15 obr·min⁻¹, czas próby – 5 min, a masa próbki ok. 1000 g. Na podstawie próby wykonanej w pięciu powtórzeniach określono współczynnik trwałości brykietów oraz wielkość strat okruszania dla badanych surowców roślinnych. Współczynnik trwałości brykietów wyznaczono z następującej zależności [Olszewski 1973]:

$$\Psi = \frac{m_{bt}}{m_b}, \quad (1)$$

gdzie:

m_{bt} – masa brykietów po próbie trwałości, (g),

m_b – masa brykietów przed próbą trwałości, (g).

Straty okruszania brykietów (S_{ok}) wyznaczono z zależności [Olszewski 1973]:

$$S_{ok} = (1 - \Psi) \cdot 100, [\%] \quad (2)$$

Uzyskane wyniki badań brykietów poddano analizie statystycznej w oparciu o analizę wariancji oraz test Tukey'a, przy 95% przedziale ufności, w programie STATISTICA 6.0.

Wyniki badań

Porównując wyniki pomiarów brykietów wytworzonych w brykieciarce ślimakowej dla przyjętych parametrów procesu zagęszczania można stwierdzić, że ich wymiary obejmują-

ce średnicę zewnętrzną i wewnętrzną nie różniły się znacznie bez względu na rodzaj użytego materiału roślinnego (tab. 1). Po poddaniu wartości tychże wymiarów analizie statystycznej, w kilku przypadkach stwierdzono istotność różnic. Jednak ze względu na mały rozrzut wyników (ok. 1 mm dla średnicy zewnętrznej i ok. 2 mm dla średnicy wewnętrznej) można uznać, że parametry te nie mają istotnego wpływu na końcową jakość brykietów.

Z kolei istotnie różniła się długość brykietów. Wraz ze wzrostem temperatury w komorze zagęszczania zwiększała się ich długość. Najkrótsze brykiety uzyskano w przypadku siana łąkowego (ok. 55 mm), wytworzone przy temperaturze 200°C, natomiast najdłuższe w przypadku ślazuwca pensylwańskiego (ok. 100 mm), wytworzone przy temperaturze komory zagęszczania wynoszącej 250°C (tab. 1).

Analizując wpływ temperatury komory zagęszczania brykietarki na masę brykietów stwierdzono, że wraz z jej wzrostem zwiększała się również ich masa. Najmniejszą masą charakteryzowały się brykiety uzyskane z siana łąkowego (ok. 100 g), wytworzone przy temperaturze 200°C, a największą brykiety ze słomy kukurydzy (ok. 400 g), wytworzone przy temperaturze komory zagęszczania 250°C (tab. 1).

Tabela 1. Średnie wymiary, masa i gęstość brykietów wytworzonych w brykietarce ślimakowej, przy różnych temperaturach komory zagęszczania

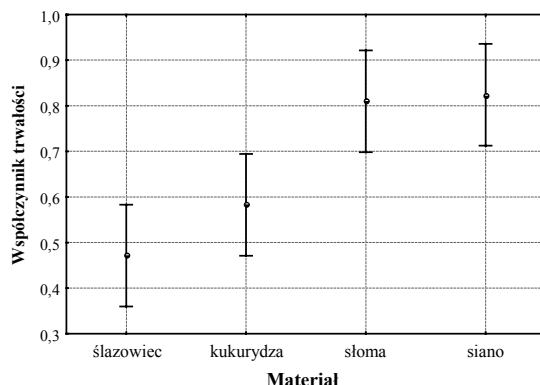
Table 1. Average dimensions, weight and density of briquettes produced in worm type briquetting machine, for different compaction chamber temperature values

Materiał	Temperatura [°C]	Średnica		Długość [mm]	Masa [g]	Gęstość [kg·m ⁻³]
		zewnętrzna [mm]	wewnętrzna [mm]			
Słoma kukurydzy	200	86,4	27,7	63,5	148,5	450,2
	225	86,7	27,0	86,6	320,6	668,4
	250	87,0	26,5	91,6	394,8	845,3
Ślazuwec pensylwański	200	86,6	28,0	74,8	203,1	432,4
	225	86,8	27,9	97,3	285,4	529,6
	250	86,9	27,0	99,6	332,5	640,8
Słoma zbożowa	200	86,0	28,0	66,2	105,3	384,7
Siano łąkowe	200	87,4	28,7	55,1	102,1	396,8

Źródło: obliczenia własne

Porównując gęstość wytworzonych brykietów stwierdzono, że wraz ze wzrostem temperatury w komorze zagęszczania zwiększała się ich wartość. Najniższą gęstość odnotowano w przypadku brykietów ze słomy zbożowej (ok. 385 kg·m⁻³), wytworzonych przy temperaturze komory zagęszczania 200°C, zaś najwyższą dla brykietów ze słomy kukurydzy (ok. 845 kg·m⁻³), wytworzonych przy temperaturze 250°C (tab. 1).

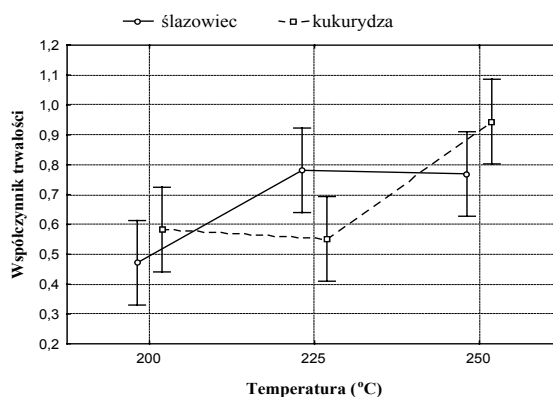
Na podstawie próby trwałości brykietów zaobserwowano, że najmniejszą wartością współczynnika trwałości charakteryzowały się brykiety ze ślazuwca (ok. 0,47), natomiast najwyższą wartością brykiety ze słomy zbożowej i siana łąkowego (odpowiednio 0,80 i 0,82), wytworzone przy temperaturze komory zagęszczania równej 200°C (rys. 1).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Współczynnik trwałości brykietów z badanych surowców roślinnych, wytworzonych przy temperaturze komory zagęszczania 200°C [opracowanie własne]
 Fig. 1. Durability coefficient for briquettes made of examined plant-based materials, produced at compaction chamber temperature of 200°C

Analizując wartości współczynnika trwałości brykietów wytworzonych przy różnych temperaturach komory zagęszczania brykietarki można stwierdzić, że zawierały się one w granicach od 0,47-0,58 (dla łazowca i słomy kukurydzy oraz temperatury 200°C) do 0,78-0,94 (dla tych samych materiałów i temperatury 250°C). Porównując obydwa materiały zaobserwowano, że wraz ze zmianą temperatury komory zagęszczania trwałość istotnie różniła się pomiędzy brykietami ze łazowca, wytworzonymi przy niższych temperaturach (225 i 250°C), a brykietami z kukurydzy wytworzonymi przy temperaturze 250°C (rys. 2).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Współczynnik trwałości brykietów ze łazowca i słomy kukurydzy, wytworzonych przy różnych temperaturach komory zagęszczania
 Fig. 2. Durability coefficient for briquettes made of Virginia fanpetals and corn straw, produced at different compaction chamber temperature values

Ocena jakości brykietów...

Należy przy tym dodać, że pomimo braku statystycznie istotnych różnic, najbardziej trwale okazały się brykiety ze słomy kukurydzy, przy najwyższej temperaturze komory zagęszczania. Podobnie kształtowały się wartości strat okruszania dla badanych brykietów, w zależności od stosowanej temperatury w komorze zagęszczania brykietarki (tab. 2). Dla temperatury 200°C statystycznie istotne różnice dla procentowych strat okruszania stwierdzono pomiędzy brykietami ze słomy kukurydzy i ślázowca, a brykietami ze słomy zbożowej i siana. Również statystycznie istotne różnice stwierdzono pomiędzy brykietami ze słomy kukurydzy, jak i ze ślázowca wytworzonymi przy temperaturach 200 i 250°C. W pozostałych przypadkach badanych materiałów różnice te nie były istotne statystycznie.

Tabela 2. Wielkości strat okruszania brykietów wytworzonych w brykietarce ślimakowej
Table 2. Volume of crumbling losses for briquettes produced in worm type briquetting machine

Materiał	Temperatura [°C]	Straty okruszania [%]
Słoma kukurydzy	200	28-45
	225	18-33
	250	3-14
Ślázowiec pensylwański	200	43-61
	225	16-36
	250	14-31
Słoma zbożowa	200	8-31
Siano łąkowe	200	7-29

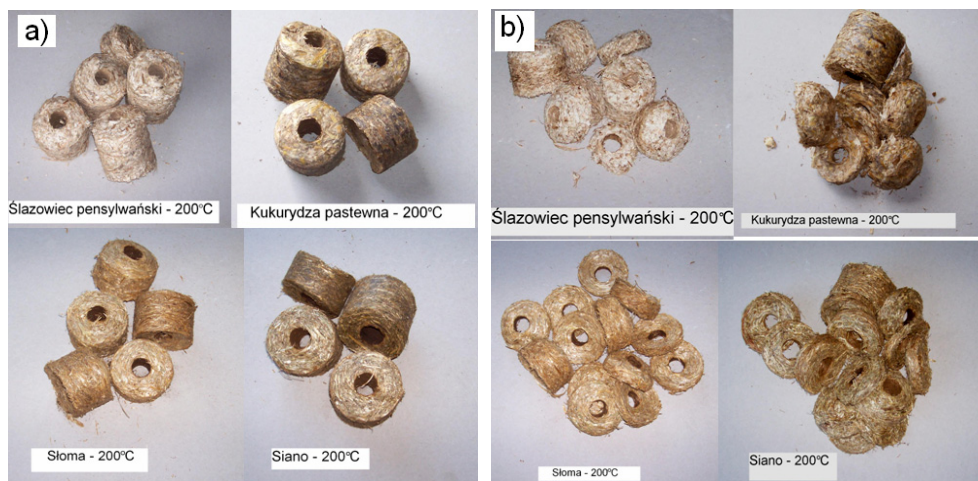
Źródło: obliczenia własne

Podczas badania trwałości brykietów zaobserwowano zjawisko ich rozwarstwiania się i rozpadania (tab. 3 oraz rys. 3 i 4). Polegało ono na oddzielaniu się różnej wielkości części brykietów pod wpływem ich przetaczania się wewnątrz bębna na stanowisku badawczym oraz obijania się o siebie. Największy wzrost liczby brykietów odnotowano w przypadku słomy zbożowej i siana, wytworzonych przy temperaturze 200°C oraz brykietów ze słomy kukurydzy i ślázowca, wytworzonych przy temperaturze 250°C.

Tabela 3. Liczba brykietów wytworzonych w brykietarce ślimakowej, przed i po próbie trwałości
Table 3. Number of briquettes produced in worm type briquetting machine, before and after durability test

Materiał	Temperatura [°C]	Liczba brykietów przed próbą trwałości [szt.]	Liczba brykietów po próbie trwałości [szt.]
Słoma kukurydzy	200	5	7
	225	3	6
	250	2	7
Ślázowiec pensylwański	200	6	7
	225	4	7
	250	3	6
Słoma zbożowa	200	5	12
Siano łąkowe	200	4	13

Źródło: obliczenia własne



Rys. 3. Brykiety wytworzone w temperaturze 200°C: a) przed próbą trwałości, b) po próbie trwałości

Fig. 3. Briquettes produced at the temperature of 200°C: a) before durability test, b) after durability test



Rys. 4. Brykiety wytworzone w temperaturze 225 i 250°C: a) przed próbą trwałości, b) po próbie trwałości

Fig. 4. Briquettes produced at temperatures 225 and 250°C: a) before durability test, b) after durability test

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Brykiety wytworzone z badanych surowców roślinnych w brykietnicy ślimakowej JW-08 były zbliżone pod względem ich średnicy zewnętrznej (ok. 86 mm), jak i wewnętrznej (ok. 27 mm). Ze względu na mały rozrzut wyników (1-2 mm dla obydwu średnic) można uznać, że parametry te nie mają wpływu na jakość brykietów.
2. Stosowanie wyższych temperatur w komorze zagęszczania podczas wytwarzania brykietów powodowało wzrost ich długości od 10 do 25 mm. Przeciętna długość brykietów wynosiła 55-75 mm dla temperatury 200°C oraz 85-100 mm dla temperatur 225 i 250°C.
3. Analizując wpływ temperatury w komorze zagęszczania brykietnicy na masę brykietów stwierdzono, że wraz z jej wzrostem zwiększała się ich masa. Najmniejszą masą charakteryzowały się brykiety uzyskane z siana łąkowego (ok. 100 g), wytworzone przy temperaturze 200°C, a największą brykiety ze słomy kukurydzy (ok. 400 g), wytworzone przy temperaturze 250°C.
4. Porównując gęstość wytworzonych brykietów stwierdzono, że wraz ze wzrostem temperatury w komorze zagęszczania zwiększała się ich wartość. Najniższą gęstość odnotowano w przypadku brykietów ze słomy zbożowej (ok. 380 kg·m⁻³), wytworzonych przy temperaturze 200°C, zaś najwyższą dla brykietów ze słomy kukurydzy (ok. 840 kg·m⁻³), wytworzonych przy temperaturze 250°C.
5. Na podstawie badania trwałości brykietów stwierdzono, że dla temperatury komory zagęszczania 200°C, najmniejszą wartością współczynnika trwałości odznaczały się brykiety ze ślazu i siana łąkowego (ok. 0,5), natomiast najwyższą wartością brykiety ze słomy kukurydzy pastewnej (ok. 0,9), wytworzone przy temperaturze komory zagęszczania 250°C (straty okruszania wahały się od ok. 10 do ponad 50%).
6. Podczas próby trwałości zaobserwowano zjawisko rozwarstwiania się i rozpadania brykietów dla wszystkich temperatur komory zagęszczania brykietnicy. Największy wzrost liczby brykietów odnotowano dla słomy zbożowej i siana, wytworzonych przy temperaturze 200°C oraz dla słomy kukurydzy i ślazu, przy temperaturze 250°C.

Bibliografia

- Adamczyk F., Frąckowiak P., Mielec K., Kośmicki Z. 2006. Trwałość brykietów ze słomy przeznaczonej na opał uzyskiwanych metodą zwijania. *J. Res. and App. in Agricul. Eng.*, 61(1). s. 33-36.
- Fiszer A. 2008. Badania porównawcze współczynnika trwałości brykietów ze słomy. *J. Res. and App. in Agricul. Eng.*, 53(3). s. 69-71.
- Koutný R., Čechová B., Hutla P., Jevič P. 2007. Properties of heat briquettes on basis of cotton processing waste. *Res. Agricul. Eng.*, 53(2). s. 39-46.
- Olszewski T. 1973. Dobór optymalnych parametrów zespołu brykietującego zielonki metodą zwijania. Praca doktorska, AR Poznań. Maszynopis.
- Plištil D., Brožek M., Malat'ák J., Roy A., Hutla P. 2005. Mechanical characteristics of standard fuel briquettes on biomass basis. *Res. Agricul. Eng.*, 51(2). s. 66-72.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2008-2010 jako projekt badawczy nr N N313 315734.

QUALITY ASSESSMENT FOR PLANT BIOMASS-BASED BRIQUETTES PRODUCED USING WORM TYPE COMPACTING UNIT

Abstract. The work involved determination of physical properties (dimensions, weight and density), and durability coefficient and crumbling losses for briquettes made of fodder corn straw, Virginia fanpetals, crops straw and meadow hay produced at the temperature of 200°C, and of corn straw and Virginia fanpetals at temperatures: 225 and 250°C. Outside diameter of briquettes was ca. 86 mm, and inside diameter - ca. 27 mm. Length of briquettes ranged from 55 to 100 mm, and their weight - from 100 to 400 g. Increase of temperature from 200 to 250°C inside compaction chamber, observed during briquetting process resulted in briquette density growth from approximately 385 kg·m⁻³ (for crops straw) to nearly 845 kg·m⁻³ (for corn straw), and growth of briquette durability coefficient value from ca. 0.5 to over 0.9. Moreover, the researchers observed reduction in percent briquette crumbling losses from over 50% (for Virginia fanpetals and temperature 200°C) to ca. 10% (for corn straw and temperature 250°C).

Key words: plant biomass, briquettes, physical properties, durability coefficient, crumbling losses

Adres do korespondencji:

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

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego

Uniwersytet Przyrodniczy

ul. Głęboka 28

20-612 Lublin