

PORÓWNANIE EKSPANSJI BRYKIETÓW WYTWORZONYCH ZE SŁOMY Z DODATKIEM POLIETYLENU JAKO LEPISZCZA

Małgorzata Kajda-Szcześniak

Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów, Politechnika Śląska

Streszczenie. W artykule przedstawiono możliwości wykorzystania biomasy rolniczej oraz odpadowych tworzyw sztucznych z grupy poliolefin jako surowców do produkcji brykietów. Omówiono również tematykę związaną z ekspansją brykietów. Porównano w jakim stopniu brykiety ulegają rozprężeniu bezpośrednio po opuszczeniu matrycy oraz w przyjętych jednostkach czasu. Do analizy porównawczej wybrano brykiety wytworzone ze słomy owsa i kukurydzy z dodatkiem polietylenu o niskiej gęstości (PE-LD). Określono również w jakim stopniu na ekspansję wpływa dobór parametrów procesu wytwarzania brykietów, a w jakim dobór mieszanki zagęszczanych surowców. W doborze komponentów kierowano się różnicami wynikającymi z budowy i struktury badanych rodzajów słomy oraz postacią użytego polietylenu. Stwierdzono, że gęstość brykietów w czasie 20 minut od ich wytworzenia zmniejszyła się w skrajnych przypadkach o 2,33% dla brykietów ze słomy owsa i PE-LD rozdrobnionego (82 MPa i 210°C) i 4,73% dla brykietów ze słomy kukurydzy i PE-LD nie rozdrobnionego (95 MPa i 200°C).

Słowa kluczowe: słoma, polietylen, brykietowanie, ekspansja

Wprowadzenie

Polska jest krajem, na terenie którego występują bogate złoża węgla zarówno kamiennego, jak i brunatnego. Według danych z 2004 roku pokrywają one zapotrzebowanie na energię elektryczną w 94%, a resztę produkcji energii elektrycznej pokrywa gaz 3%, OZE 2% i elektrownie szczytowo-pompowe 1% [Zmiany klimatyczne ... 2011]. Ze względu na emisję szkodliwych substancji do atmosfery m.in. CO₂, CO, SO₂, NO_x w wyniku użytkowania paliw kopalnych oraz ze względu na ciągle rosnące zapotrzebowanie na energię poszukuje się nowych rozwiązań i kładzie się coraz większy nacisk na wykorzystanie odnawialnych źródeł energii [Demianiuk 2011; Janowicz i in. 2003; Zmiany klimatyczne ... 2011].

Zaliczyć do nich można m.in. energię wiatrową, geotermalną, promieniowania słonecznego, wodną oraz biomasę i biogaz [Demianiuk 2011; Grzybek i in. 2001; Nendel i in. 2002].

Z bilansu energetycznego dla Polski wynika, że w 2015 roku 10-11% energii będzie pochodziło ze źródeł odnawialnych, z uwzględnieniem biomasy roślinnej [Skonecki i in. 2011]. Biomasa w porównaniu z wyżej wymienionymi źródłami energii odnawialnej jest największym potencjalnym nośnikiem energii zarówno w krajach Unii Europejskiej, jak i Polsce oraz jej wykorzystanie energetyczne wydaje się być korzystniejsze ze względu na lokalną dostępność oraz niższe emisje takich substancji jak CO₂ i SO₂ [Gorzycza 2011; Grzybek 2003; Piotrowski i in. 2004].

Biomasę do produkcji biopaliw stałych można pozyskać w postaci: substancji organicznych z rolnictwa (np. słoma zbóż, roślin oleistych, roślin strączkowych, siano), drewna odpadowego i odpadów z przerobu drewna (np. trociny, wióry, zrębki, kora, ścinki itp.), roślin pochodzących z upraw energetycznych (np. wierzba, topola, eukaliptus, topinambur, ślazier pensylwański, rdest, trzcina pospolita, miskant, spartina preriowa), pozostałości organicznych z gorzelni i browarów, odpadów przemysłowych (np. z przemysłu celulozowo-papierniczego) [Demianiuk 2011; Grzybek 2003; Kulig i in. 2011; Lewandowski 2001; Majtkowski 2003; Nendel i in. 2002; Pielech-Przybylska 2006; Trinczek i in. 2004]. Wymienione surowce cechuje niska gęstość oraz wartość opałowa w odniesieniu do jednostki objętości, z tego też względu powinny być zagęszczane w postaci brykietów bądź peletów [Kulig i in. 2011; Niedziółka i in. 2009; Skonecki i in. 2011; Skonecki i in. 2008].

W krótkim czasie po uformowaniu brykietu lub peletu dochodzi do ekspansji produktu, która dotychczas była przedmiotem niewielu badań, zwłaszcza w odniesieniu do brykietów wytworzonych ze słomy i polietylenu o niskiej gęstości (PE-LD) [Demianiuk 2011; Hejft 2002; Kajda-Szcześniak 2012; Kajda-Szcześniak 2008; Niedziółka i in. 2007; Skonecki i in. 2011]. Ponieważ zjawisko ekspansji wpływa na parametry brykietów, zmieniając jego właściwości mechaniczne, zwłaszcza na trwałość w okresie przechowywania, to zbadania jej dla produktów wytwarzanych z mieszanek materiałowych jest niezmiernie istotne i stało się przesłanką do sformułowania celu badań.

Cel badań

Celem badań było porównanie czasu ustania ekspansji brykietów wykonanych ze słomy owsa i polietylenu z brykietami wytworzonymi ze słomy kukurydzy z dodatkiem polietylenu jako lepiszcza. Określono w jakim stopniu brykiety uległy rozprężeniu w czasie od momentu ich wytworzenia do ustania ekspansji. W tym celu zbadano jak zmieniła się gęstość brykietów w ciągu 20 minut w stosunku do gęstości uzyskanej bezpośrednio po ich zbrykietowaniu.

Material i metodyka badań

Do brykietowania wykorzystano prasę tłokową, ręczną, w której zagęszczono następujące mieszanki:

- słoma owsa – polietylen o niskiej gęstości (PE-LD) rozdrobniony,
- słoma owsa – polietylen o niskiej gęstości (PE-LD) nie rozdrobniony,
- słoma kukurydzy – polietylen o niskiej gęstości (PE-LD) rozdrobniony,
- słoma kukurydzy – polietylen o niskiej gęstości (PE-LD) nie rozdrobniony.

Metodykę wytwarzania brykietów dostosowano do rodzaju brykietowanych mieszanek oraz stopnia rozdrobnienia tworzywa sztucznego. W celu uzyskania zamierzonego efektu wyznaczono doświadczalnie temperatury przetwarzania polietylenu oraz przyjęto przedziały nacisków zagęszczających.

Brykiety wytwarzano w warunkach laboratoryjnych czterema metodami.

W pierwszej metodzie zarówno słomę danego gatunku, jak i substancję wiążącą rozdrobniono przy użyciu młyna wyposażonego w sito o średnicy oczek $\varnothing 15$. Do rozdrobnienia polietylenu dodatkowo zastosowano w młynie łamacz płaski. Tak rozdrobnione komponenty mieszano w stosunku wagowym 20:1 (słoma: polietylen). Następnie komponenty wprowadzano do matrycy, poddawano działaniu podwyższonej temperatury w przedziale 190–210°C i sprasowano przy stałym nacisku 82 MPa. Do wyznaczenia siły prasującej użyto klucza dynamometrycznego i znając moment siły obliczono wartość ciśnienia prasującego. Temperaturę grzania matrycy kontrolowano za pomocą termostatu z dokładnością $\pm 1^\circ\text{C}$.

W drugiej metodzie sposób postępowania z mieszanką był analogiczny. Różnica polegała na zastosowaniu zmiennego ciśnienia prasującego w zakresie 68–95 MPa i stałej temperatury na poziomie 200°C.

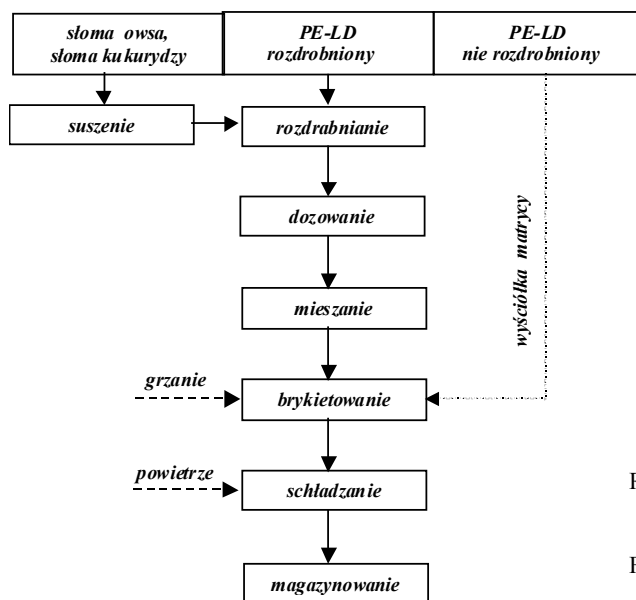
W trzeciej metodzie rozdrobniono tylko słomę żadanego gatunku do frakcji nie większej niż 15 mm, którą następnie dozowano do matrycy wyścielonej nie rozdrobnioną folią PE-LD. W wytworzonych brykietach zastosowane tworzywo pełniło rolę lepiszcza w postaci zewnętrznej powłoki wokół zagęszczonej słomy. Brykiety wytworzono z zastosowaniem następujących parametrów: temperatura w zakresie 190–210°C oraz ciśnienie prasujące 82 MPa.

W metodzie czwartej przygotowaną mieszankę zbrykietowano w stałej temperaturze 200°C ze zmiennym ciśnieniem prasującym w zakresie 68–95 MPa.

Schemat wytwarzania brykietów ze słomy i polietylenu o niskiej gęstości przedstawiono na rysunku 1.

Brykiety wykonane zgodnie z przyjętą metodologią poddano badaniom polegającym na wyznaczeniu ustania czasu ekspansji.

W celu wyznaczenia zmian gęstości brykietów w założonych jednostkach czasu, każdorazowo określano wymiary brykietu, tj. długość i średnicę, zawsze w jednej płaszczyźnie, a każdy brykiet zważono z dokładnością 0,01 g. Wymiary brykietów mierzono za pomocą suwmiarki z dokładnością 0,1 mm. Wyznaczone wielkości pozwoliły na obliczenie gęstości poszczególnych brykietów w odstępach czasu po zakończeniu aglomeracji: 0, 2, 5, 10 i 20 minutach. Czas od momentu wytworzenia brykietów odmierzano sekundomierzem. Wykonano 9 pomiarów dla każdej kombinacji doświadczenia.



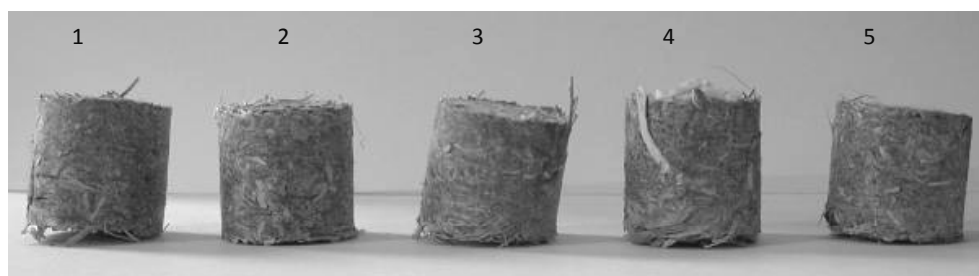
Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Schemat wytwarzania brykietów ze słomy i polietylenu

Fig. 1. Production of briquettes from the straw and polyethylene

Wyniki badań i ich dyskusja

Przykładowe formy brykietów pokazano na rysunkach 2–3. W wyniku procesu brykietowania uzyskano brykiety o średnicy 25 mm i długości 23–27 mm w zależności od przyjętych parametrów wytwarzania i rodzaju mieszanki (tab. 1 i 2).

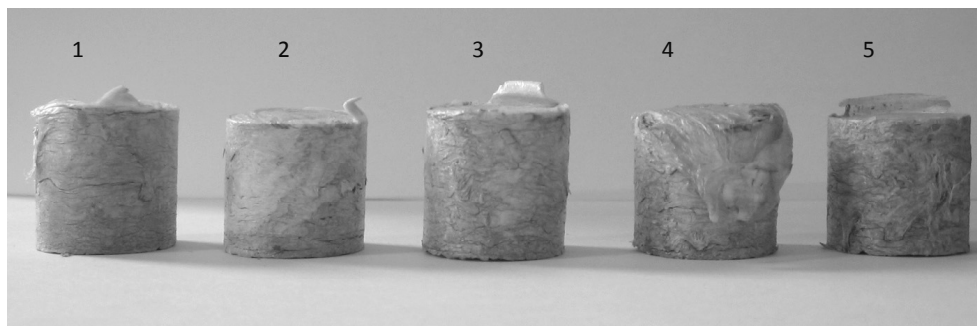


Źródło: fot. M. Kajda-Szcześniak

Rys. 2. Brykiety ze słomy kukurydzy i PE-LD rozdrobionego 1 – 68 MPa, 200°C; 2 – 82 MPa, 200°C; 3 – 95 MPa, 200°C; 4 – 82 MPa, 190°C; 5 – 82 MPa, 210°C

Fig. 2. Corn hay briquettes and ground PE-LD briquettes 1 – 68 MPa, 200°C; 2 – 95 MPa, 200°C; 3 – 82 MPa, 190°C; 4 – 82 MPa, 200°C; 5 – 82 MPa, 210°C

Porównanie ekspansji brykietów...



Źródło: fot. M. Kajda-Szcześniak

Rys. 3. Brykiety ze słomy kukurydzy i PE-LD nie rozdrobnionego. 1 – 68 MPa, 200°C; 2 – 95 MPa, 200°C; 3 – 82 MPa, 190°C; 4 – 82 MPa, 200°C; 5 – 82 MPa, 210°C

Fig. 3. Briquettes from the corn straw and not grinded PE-LD. 1 – 68 MPa, 200°C; 2 – 95 MPa, 200°C; 3 – 82 MPa, 190°C; 4 – 82 MPa, 200°C; 5 – 82 MPa, 210°C

Tabela 1. Średnie wymiary i masy brykietów bezpośrednio po wyjęciu z matrycy

Table 1. Average dimensions and masses of briquettes directly after taking out of the matrix

Parametry wytwarzania brykietów		Średnica brykietu [m]	Długość brykietu [m]	Masa brykietu [kg]	Średnica brykietu [m]	Długość brykietu [m]	Masa brykietu [kg]
Temp. [°C]	Ciśn. [MPa]	Brykiety ze słomy owsa i polietylenu rozdrobnionego			Brykiety ze słomy owsa i polietylenu nie rozdrobnionego		
200	68	0,02514	0,02567	0,01052	0,02509	0,02650	0,01054
200	82	0,02502	0,02443	0,01060	0,02507	0,02410	0,01059
200	95	0,02503	0,02322	0,01060	0,02502	0,02340	0,01056
190	82	0,02509	0,02516	0,01059	0,02506	0,02474	0,01061
210	82	0,02504	0,02343	0,01040	0,02503	0,02396	0,01051
Temp. [°C]	Ciśn. [MPa]	Brykiety ze słomy kukurydzy i polietylenu rozdrobnionego			Brykiety ze słomy kukurydzy i polietylenu nie rozdrobnionego		
200	68	0,02509	0,02494	0,01050	0,02504	0,02490	0,01037
200	82	0,02504	0,02377	0,01055	0,02507	0,02382	0,01038
200	95	0,02502	0,02312	0,01057	0,02502	0,02257	0,01036
190	82	0,02513	0,02445	0,01051	0,02518	0,02481	0,01052
210	82	0,02503	0,02364	0,01052	0,02502	0,02338	0,01051

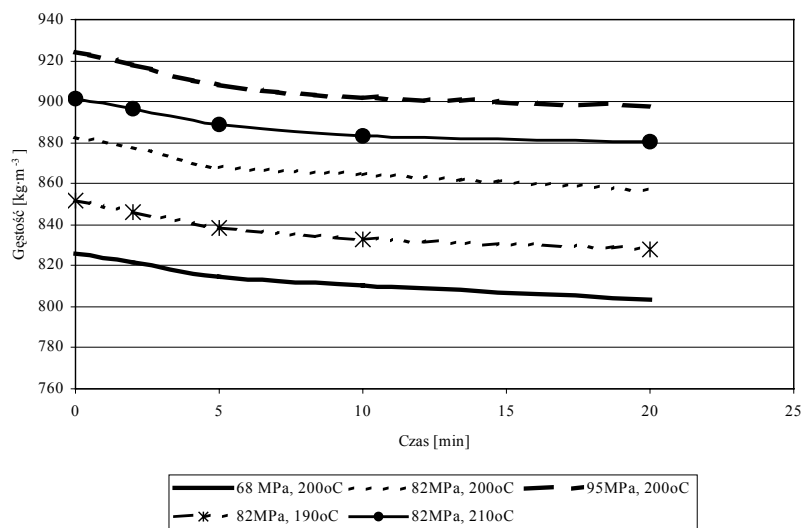
Źródło: obliczenia własne

Tabela 2. Średnie wymiary i masy brykietów po 20 minutach od wyjęcia z matrycy
 Table 2. Average dimensions and masses of briquettes after 20 minutes from the moment of taking out of the matrix

Parametry wytwarzania brykietów		Średnica brykietu [m]	Długość brykietu [m]	Masa brykietu [kg]	Średnica brykietu [m]	Długość brykietu [m]	Masa brykietu [kg]
Temp. [°C]	Ciśn. [MPa]	Brykiety ze słomy owsa i polietylenu rozdrobnionego			Brykiety ze słomy owsa i polietylenu nie rozdrobnionego		
200	68	0,02533	0,02600	0,01052	0,02524	0,02712	0,01054
200	82	0,02524	0,02472	0,01060	0,02526	0,02457	0,01059
200	95	0,02518	0,02363	0,01060	0,02524	0,02392	0,01056
190	82	0,02530	0,02546	0,01059	0,02529	0,02491	0,01061
210	82	0,02522	0,02366	0,01040	0,02526	0,02410	0,01051
Temp. [°C]	Ciśn. [MPa]	Brykiety ze słomy kukurydzy i polietylenu rozdrobnionego			Brykiety ze słomy kukurydzy i polietylenu nie rozdrobnionego		
200	68	0,02528	0,02528	0,01050	0,02521	0,02534	0,01037
200	82	0,02520	0,02413	0,01055	0,02522	0,02414	0,01038
200	95	0,02523	0,02338	0,01057	0,02517	0,02342	0,01036
190	82	0,02529	0,02479	0,01051	0,02530	0,02521	0,01052
210	82	0,02527	0,02398	0,01052	0,02518	0,02386	0,01051

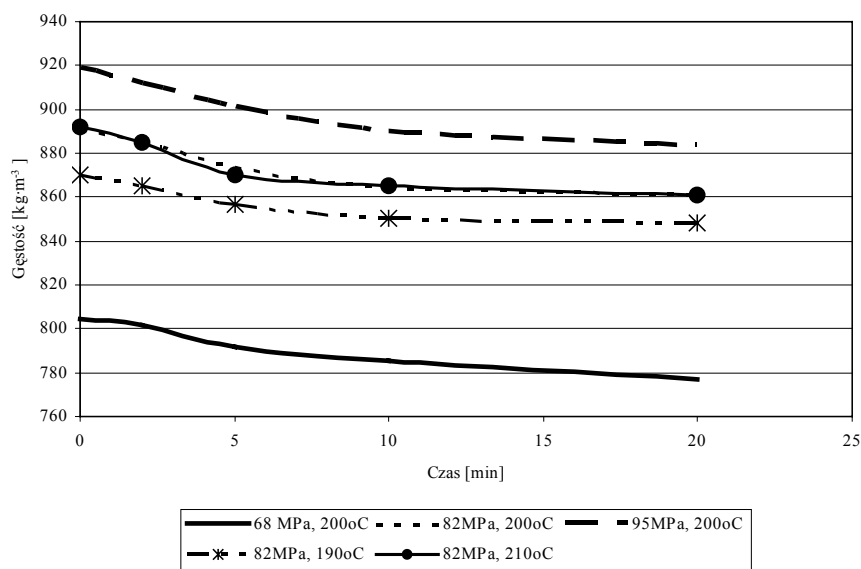
Źródło: obliczenia własne

Wyniki badań zmiany gęstości brykietów, odzwierciedlających ekspansję przedstawiono w formie graficznej na rysunkach 4-7.



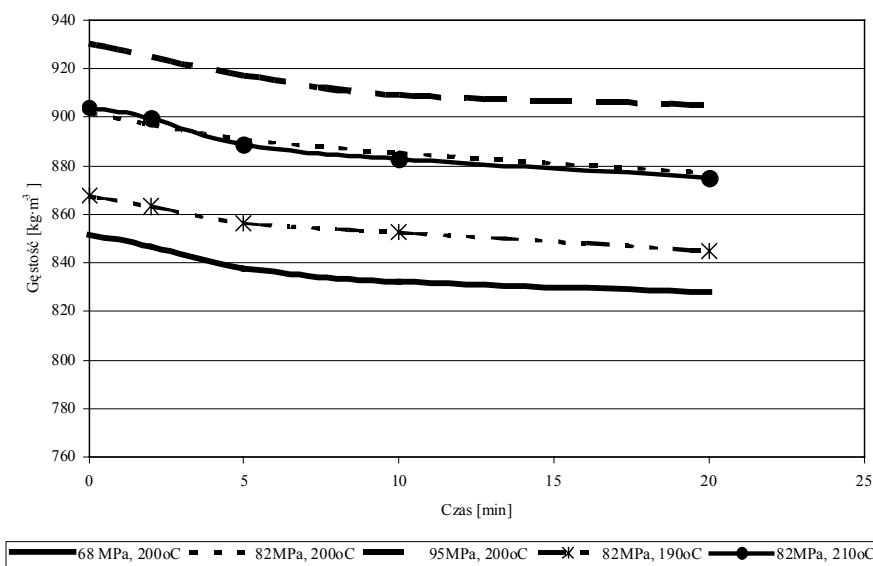
Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Ekspansja brykietów ze słomy owsa i PE-LD rozdrobnionego
 Fig. 4. Expansion of oat straw briquettes and ground PE-LD briquettes



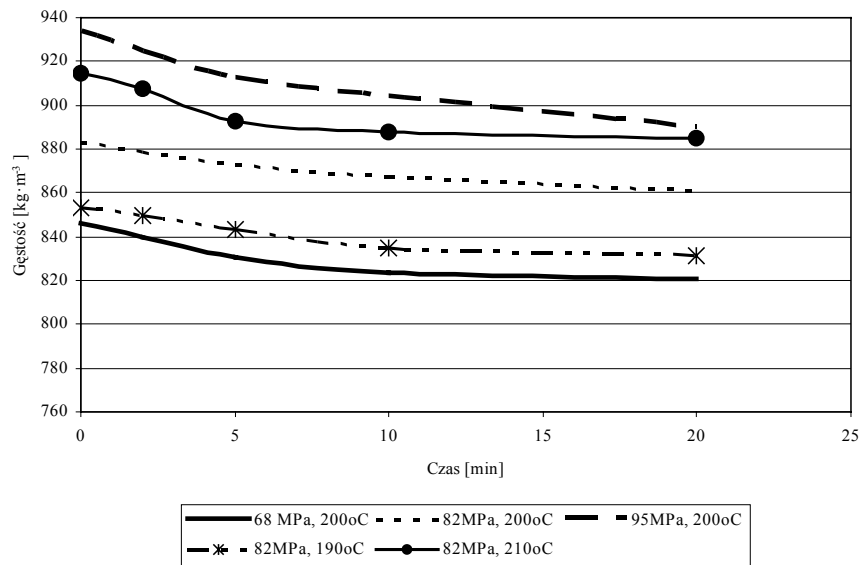
Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Ekspansja brykietów ze słomy owsa i PE-LD nie rozdrobnionego
Fig. 5. Expansion of oat straw briquettes and not ground PE-LD briquettes



Źródło: opracowanie własne

Rys. 6. Ekspansja brykietów ze słomy kukurydzy i PE-LD rozdrobnionego
Fig. 6. Expansion of corn straw briquettes and ground PE-LD briquettes



Źródło: opracowanie własne

Rys. 7. Ekspansja brykietów ze słomy kukurydzy i PE-LD nie rozdrobnionego
 Fig. 7. Expansion of corn straw briquettes and not ground PE-LD briquettes

Po wytworzeniu serii brykietów zaobserwowano, że wraz ze wzrostem parametrów brykietowania (t - temperatura, p - ciśnienie) gęstość brykietów, określona bezpośrednio po opuszczeniu matrycy, rośnie bez względu na rodzaj i stopień rozdrobnienia zastosowanych komponentów. Najwyższą gęstością przy zastosowaniu PE-LD nie rozdrobnionego charakteryzowały się brykiety ze słomy kukurydzy $933 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ wykonane przy 95 MPa i 200°C , a najmniejszą ze słomy owsa $804 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ wytworzone przy 68 MPa i 200°C . W przypadku zastosowania tworzywa rozdrobnionego sytuacja była analogiczna; najwyższą gęstością cechowały się brykiety ze słomy kukurydzy $930 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ wytworzone przy 95 MPa i 200°C , a najmniejszą ze słomy owsa $825 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ wytworzone przy 68 MPa i 200°C . Podobny zakres gęstości osiągnięto dla brykietów ze słomy pszenżyta i PE-LD, których wyniki zamieszczono w publikacji autorki [Kajda-Szcześniak 2012].

Zaobserwowano, że brykiety ze słomy kukurydzy charakteryzowały się większą gęstością niż brykiety ze słomy owsa. Taka sytuacja wynikała z różnic w budowie i strukturze zastosowanych komponentów roślinnych. Wyjątek stanowiły brykiety ze słomy owsa z domieszką PE-LD nie rozdrobnionego wytworzone przy następujących parametrach procesu zagęszczania: 82 MPa, 200°C oraz 82 MPa i 190°C .

Wszystkie wytworzone brykiety uległy ekspansji w czasie pierwszych 20 minut od ich wytworzenia, oznacza to, że w rozpatrywanym czasie zmiana uległa gęstość brykietów. W przypadku brykietów z lepiszczem rozdrobnionym stwierdzono najmniejszy spadek

gęstości (o 2,33%) dla brykietów ze słomy owsa wytworzonych przy ciśnieniu 82 MPa i temperaturze 210°C oraz dla brykietów ze słomy kukurydzy (o 2,62%) wytworzonych przy 82 MPa i 190°C. Natomiast największy spadek wykazały brykiety ze słomy owsa wykonane przy 82 MPa i 200°C i brykiety ze słomy kukurydzy przy parametrach wytwarzania 82 MPa i 210°C, odpowiednio o 2,89% i 3,20%. Dla brykietów z lepiszczem nie rozdrobnionym odnotowano najmniejszy spadek gęstości w czasie 20 minut przy parametrach wytwarzania 82 MPa i 190°C, gdyż dla brykietów ze słomy owsa ten spadek wynosił 2,48%, a dla brykietów ze słomy kukurydzy – 2,60%. Z kolei największy spadek gęstości zaobserwowano przy parametrach 95 MPa i 200°C, odpowiednio dla brykietów ze słomy owsa o 3,12%, a dla brykietów ze słomy kukurydzy o 4,73%. Podobne rezultaty osiągnięto dla brykietów ze słomy pszenżyta i PE-LD, dla których gęstość zmniejszyła się w skrajnych przypadkach o 1,99% i 3,12% [Kajda-Szcześniak 2012].

Zaobserwowano równocześnie, że zjawisko rozprężania brykietów z PE-LD rozdrobnionym było największe w czasie pierwszych 10 minut od chwili zbrykietowania i miało podobny charakter. Odnotowano, że w skrajnych przypadkach gęstość brykietów ze słomy owsa spadła odpowiednio o 1,88% i 2,43%, a dla brykietów ze słomy kukurydzy o 1,74% i 2,34%. Analogiczną sytuację odnotowano dla brykietów z PE-LD nie rozdrobnionym, gdyż zjawisko rozprężania było również największe w czasie pierwszych 10 minut od chwili ich wytworzenia. W skrajnych przypadkach gęstość brykietów ze słomy owsa spadła odpowiednio o 2,27% i 3,12%, a dla brykietów ze słomy kukurydzy o 1,79% i 3,19%. Natomiast w przypadku brykietów ze słomy pszenżyta i PE-LD największy spadek gęstości wystąpił w czasie pierwszych 2 i 5 minut [Kajda-Szcześniak 2012]. Słoma pszenżyta jest bardziej twarda i mniej odporna na zgniatanie od słom owsa i kukurydzy, dlatego ulega szybszemu rozprężeniu w czasie.

Podsumowanie

W artykule omówiono możliwości wykorzystania rolniczych produktów ubocznych (słoma owsa i kukurydzy) oraz odpadów tworzyw sztucznych (polietylen) jako komponentów do wytwarzania brykietów.

W opracowaniu wykazano, że brykiety ze słomy kukurydzy cechowały się większym spadkiem gęstości w czasie pierwszych 20 minut od chwili ich wytworzenia, aniżeli brykiety ze słomy owsa. Ponadto brykiety z dodatkiem polietylenu nie rozdrobnionego uległy rozprężeniu w większym stopniu, w porównaniu do brykietów z dodatkiem polietylenu rozdrobnionego.

Badania nad wyznaczeniem ekspansji dostarczyły, obok badań nad trwałością i sorpcją [Kajda-Szcześniak 2008; Wandrasz i in. (red.) 2007; Wandrasz i in. 2006], informacji na temat oceny jakości brykietów ważnej dla określenia warunków transportu, załadunku, magazynowania i spalania tychże brykietów.

Podsumowując należy stwierdzić, że brykiety wykonane zarówno ze słomy owsa, kukurydzy, jak i pszenżyta [Kajda-Szcześniak 2012] z dodatkiem PE-LD uległy tylko nieznacznej ekspansji i znacząco się ona zmniejszyła lub ustala po 20 minutach od chwili ich wytworzenia.

Bibliografia

- Demianiuk L.** (2011): Badania procesu zagęszczania miskańta olbrzymiego. *Acta Agrophysica*, vol. 17, 1, 43-53.
- Gorczyca M.** (2011): Energia ze źródeł odnawialnych w Polsce na tle innych krajów Unii Europejskiej. *Energetyka*, 8(686), 515-518.
- Grzybek A.** (2003): Kierunki rozwoju i możliwości przetwarzania biomasy na cele energetyczne. *Czysta Energia*, 10, 23-25.
- Grzybek A., Gradziuk P., Kowalczyk K.** (2001): *Słoma. Energetyczne paliwo*. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa. ISBN 838-83-68-192.
- Hejft R.** (2002): Ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych. Wyd. Instytut Technologii Eksploatacji, Politechnika Białostocka. ISBN 83-7204-251-9.
- Janowicz L., Hunder M.** (2003): Stan normalizacji biopaliw stałych. *Czysta Energia*, 11, 42.
- Kajda-Szcześniak M.** (2012): Wyznaczanie ekspansji zwrotnej brykietów wykonanych na bazie odpadów pochodzenia rolniczego i tworzyw sztucznych. *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*, vol. 14, 1, 33-40.
- Kajda-Szcześniak M.** (2008): Analiza możliwości wykorzystania wybranej biomasy w procesie formowania paliw. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice.
- Kulig R., Skonecki S.** (2011): Wpływ wilgotności na parametry procesu zagęszczania wybranych roślin energetycznych. *Acta Agrophysica*, vol. 17, 2, 335-344.
- Lewandowski W.** (2001): *Proekologiczne źródła energii odnawialnej*. WNT, Warszawa. ISBN 83-204-2546-8.
- Majtkowski W.** (2003): Rośliny energetyczne – przegląd. *Czysta Energia*, 10, 33-34.
- Nendel K., Clauss B., Böttger U., Käferstein P., Gohla M., Reimer H., Tepper H., Neidel W.** (2002): Kopplung von energetischer Verwertung und Aufbereitung von Biomassen – Erhöhung der Wirtschaftlichkeit. [dostęp 18.10.2012], Dostępny w Internecie: <http://archiv.tu-chemnitz.de/pub/2002/0122>.
- Niedziółka I., Zuchniarz A.** (2009): Wpływ parametrów zagęszczania biomasy roślinnej na właściwości mechaniczne brykietów. *Inżynieria Rolnicza*, 8(117), 155-160.
- Niedziółka I., Szymanek M., Zuchniarz A.** (2007): Ocena właściwości energetycznych i mechanicznych brykietów z masy poźniwej kukurydzy. *Inżynieria Rolnicza*, 7(95), 153-159.
- Pielech-Przybylska K.** (2006): Ochrona środowiska w przemyśle spożywczym. *Przemysł spożywczy*, 11, 2-6.
- Piotrowski K., Wiltowski T., Mondal K.** (2004): Biomasa – kłopotliwe pozostałości czy strategiczne rezerwy czystej energii? *Czysta Energia*, 10, 16-19.
- Skonecki S., Kulig R., Potręć M.** (2011): Ciśnieniowe zagęszczanie trocin sosnowych i topolowych – parametry procesu i jakość aglomeratu. *Acta Agrophysica*, vol. 18, 1, 149-160.
- Skonecki S., Potręć M.** (2008): Wpływ wilgotności łusek kolb kukurydzy na parametry zagęszczania. *Acta Agrophysica*, vol. 11, 3, 725-732.
- Trinczek K., Ulbrich R.** (red.). (2004): *Das Energetische Abschatzen des Biomassenpotentials für die Gemeinden Bezirk der Woiwodschaft Opole*. Heat Transfer and Renewable Sources of Energy 2004, pod red. Jarosława Mikieliewicza, Władysława Nowaka, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin, 145-152.
- Wandrasz J. W., Kajda-Szcześniak M.** (2006): Badania procesów przetwarzania biomasy w postaci słomy w paliwa formowane. *Odpady*, Spišská Nová Ves, Słowacja, 165-172.
- Wandrasz J. W., Kajda-Szcześniak M.** (red.). (2007): *Badanie właściwości sorpcyjnych brykietów*. Praca zbiorowa pod red. Janusza W. Wandrasza i Krzysztofa Pikonia, Paliwa z odpadów. Tom VI. Wyd. Helion, Gliwice, 155-159.
- Zmiany klimatyczne i odnawialne źródła energii. [dostęp 23.11.2011], Dostępny w Internecie: <http://www.biomasa.org>.

COMPARISON OF EXPANSION OF BRIQUETTES MADE OF STRAW WITH ADDITION OF POLYETHYLENE AS A BINDING AGENT

Abstract. The article presents possibilities of using agricultural biomass and waste plastics from the polyolefin group as raw materials for production of briquettes. Moreover, the issues, which are related to expansion of briquettes was discussed. A comparison of the degree of expansion of briquettes directly after leaving a matrix and within time units was carried out. Oat hay briquettes and corn briquettes with addition of low density polyethylene (PE-LD) were selected for comparative analysis. Furthermore, the influence of the selection of briquettes production parameters on the expansion and the influence of the selection of the concentrated raw materials mixture were determined. Differences resulting from the structure of the examined hay types and the form of polyethylene which was used were the basis for the selection of components. It was determined that density of briquettes within 20 minutes from the moment of their production decreased in extreme cases of 2.33% for oat hay briquettes and the ground PE-LD briquettes (82 MPa and 210°C) and 4.73 for corn hay briquettes and not ground PE-LD briquettes (95 MPa and 200°C).

Key words: polyethylene, briquetting, expansion

Adres do korespondencji:

Małgorzata Kajda-Szcześniak; e-mail: mkajda@polsl.pl
Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów
Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18
44-100 Gliwice