

Mateusz MALINOWSKI¹ i Jakub SIKORA¹

WPLYW ZAWARTOŚCI ODPADÓW ULEGAJĄCYCH BIODEGRADACJI NA WŁAŚCIWOŚCI PALIWA ALTERNATYWNEGO Z ODPADÓW

IMPACT OF BIODEGRADABLE WASTE CONTENTS ON TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF AN ALTERNATIVE FUEL

Abstrakt: Powstawanie odpadów jest nieodłącznym elementem bytowania i działalności gospodarczej człowieka. Jednym z ekologicznych sposobów zagospodarowania odpadów jest wykorzystanie ich jako paliwa zastępczego w procesach wysokotemperaturowego spalania w piecach cementowych. Spalanie paliw z odpadów w cementowniach przynosi korzyści dla środowiska naturalnego w zakresie: zmniejszenia masy odpadów deponowanych na składowiskach, zmniejszenia zużycia zasobów naturalnych (poprzez zastąpienie paliw kopalnych paliwem zastępczym), ochrony gleb i powietrza oraz redukcji emisji CO₂. Paliwo z odpadów (SRF) dostarczane do cementowni powinno cechować się określonymi parametrami, dlatego też do jego produkcji stosuje się najczęściej lekkie frakcje odpadów, charakteryzujące się niską wilgotnością i wysoką wartością opałową. Głównym celem badań była analiza procentowego udziału odpadów ulegających biodegradacji zawartych w paliwie alternatywnym produkowanym ze zmieszanych odpadów komunalnych (generowanych w gminach wiejskich i Krakowie) oraz określenie wpływu tych odpadów na właściwości fizykochemiczne gotowego paliwa. Zakres badań obejmował również analizę składu morfologicznego i frakcyjnego zmieszanych odpadów komunalnych oraz analizę ich wpływu na jakość paliwa alternatywnego. Z przeprowadzonych badań wynika, iż odpady ulegające biodegradacji stanowią znaczący udział w składzie morfologicznym paliwa alternatywnego (ponad 15%), a ich wilgotność oraz właściwości higroskopijne mogą powodować obniżenie wartości opałowej paliwa z 22 do 15 MJ·kg⁻¹ oraz wzrost wilgotności paliwa do poziomu, który dyskwalifikuje go jako nośnik energii (ponad 30%).

Słowa kluczowe: odpady komunalne, paliwo alternatywne, odpady ulegające biodegradacji

Wstęp

Zgodnie z polskimi i unijnymi przepisami prawnymi, odpady należy poddać procesom odzysku przed procesami ich ostatecznego unieszkodliwiania. W Polsce wciąż brakuje instalacji do przetwarzania odpadów komunalnych, co powoduje, iż znaczna ich część jest deponowana na składowiskach. Jedną z alternatyw, która umożliwi rozwiązanie tego problemu, jest wykorzystanie palnych właściwości odpadów w cementowniach [1]. Paliwo alternatywne (odpady palne, klasyfikowane w katalogu odpadów [2] pod kodem 19 12 10) wytwarzane jest najczęściej ze zmieszanych odpadów komunalnych w procesie ich mechanicznego sortowania [3] lub biologicznego suszenia [4, 5]. Ponadto do produkcji paliwa wykorzystuje się inne uciążliwe dla środowiska odpady (jako składnik podstawowy lub substrat): osady ściekowe, zużyte opony, odpady zwierzęce, biomasę pochodzenia rolniczego, trociny, wióry i inne substancje [6-10].

Paliwo dla cementowni wytwarzane ze zmieszanych stałych odpadów komunalnych powinno charakteryzować się odpowiednimi standardami jakościowymi w celu

¹ Zakład Infrastruktury Technicznej i Ekoenergetyki, Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 116b/311, 30-149 Kraków, tel. 12 662 46 60, email: mateuszmalinowski1985@o2.pl

* Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'13, Jarnołtówek, 23-26.10.2013

zapewnienia odpowiedniej ochrony środowiska [11]. Kluczowymi parametrami paliwa alternatywnego, które decydują o jego przydatności do spalania w piecach cementowych, są: wartość opałowa ($>14 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$), wilgotność ($< 15\%$), zawartość chloru ($< 0,8\%$ lub $< 0,2\%$), siarki ($< 2,5\%$) i popiołów ($< 15\%$), zawartość PCB ($< 50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), zawartość metali ciężkich ($< 2500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) [12]. Ze względu na niejednorodny skład morfologiczny odpadów komunalnych (zależny od wielu czynników) dotrzymanie powyższych wymogów jest utrudnione. W przypadku zmieszanych odpadów komunalnych samo wydzielenie tzw. frakcji palnej nie predysponuje jej do zastosowania w piecu cementowym.

Pochodzenie odpadów (obszary miejskie, obszary wiejskie) ma istotny wpływ na udział masowy uzyskiwanego paliwa [13], ale nie oddziałuje w sposób istotny na różnice we właściwościach paliwowych paliwa alternatywnego, oczywiście przy zachowaniu optymalnej technologii sortowania odpadów [11-13]. Jednym z największych problemów związanych z wytwarzaniem paliwa alternatywnego ze zmieszanych odpadów komunalnych jest jego wilgotność całkowita. Z badań prowadzonych na instalacji MIKI Recykling Sp. z o.o. w Krakowie wynika, iż parametr ten charakteryzuje się bardzo wysokimi wartościami współczynnika zmienności [14].

Celem badań było określenie procentowego udziału odpadów ulegających biodegradacji w zmieszanych odpadach komunalnych oraz w paliwie alternatywnym wytwarzanym ze zmieszanych odpadów komunalnych. W badaniach przeanalizowano także wpływ udziału odpadów ulegających biodegradacji w paliwie alternatywnym na jego wybrane właściwości technologiczne: gęstość, wilgotność całkowitą, ciepło spalania oraz wartość opałową i zawartość popiołów w suchej masie.

Podjęty problem badawczy jest związany z określeniem udziału odpadów ulegających biodegradacji w odpadach zmieszanych i wynika bezpośrednio z wymagań stawianych Polsce przez UE w zakresie redukcji ilości frakcji bio pochodzenia komunalnego przekazywanej do składowania, do 50% w 2013 r. i do 35% w 2020 r. w odniesieniu do masy odpadów komunalnych wytworzonych w 1995 r. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 11 września 2012 roku [15], przetworzenie 65% odpadów ulegających biodegradacji ma być zagwarantowane przy poddaniu obróbce biologicznej (np. kompostowaniu, stabilizacji, biologicznemu suszeniu) odpadów o uziarnieniu 0-80 mm, wydzielonych ze strumienia zmieszanych odpadów komunalnych w procesie mechanicznego sortowania.

Materiał i metody

Analizy wykonano w przedsiębiorstwie MIKI Recykling Sp. z o.o. w Krakowie. Materiał do badań stanowiły zmieszane stałe odpady komunalne pochodzące z miasta Kraków oraz gmin wiejskich: Liszki i Mogilany (gminy należące do aglomeracji krakowskiej). Z odpadów tych wytwarzane jest paliwo alternatywne o uziarnieniu do $\varnothing 40 \text{ mm}$. Analizy odpadów wykonano przed 1 lipca 2013 roku, a więc przed wprowadzeniem nowego systemu gospodarowania odpadami w Polsce. Badania składu morfologicznego i sitowego zmieszanych odpadów komunalnych wykonano zgodnie z zaleceniami ministra środowiska, zamieszczonymi w wytycznych [16]. W analizach składu morfologicznego wyodrębniono dodatkową grupę odpadów - środki ochrony intymnej (na którą składają się głównie pampersy, itp. przedmioty). Analizę składu

sitowego (frakcyjnego) wykonano z podziałem na 6 kategorii uziarnienia odpadów: do 10 mm, 10-40 mm, 40-60 mm, 60-80 mm, 80-100 mm oraz ponad 100 mm na specjalnie w tym celu wykonanym modułowym koszu sitowym. Badania te pozwoliły na określenie procentowych udziałów poszczególnych grup odpadów w różnych zakresach wielkości ziaren, a następnie procentowych udziałów odpadów ulegających biodegradacji w kolejnych zakresach frakcji w zależności od średnicy oczek sita. Z każdego obszaru badań analizie poddano 10 próbek odpadów o masie około 100 kg każda.

Analiza składu morfologicznego paliwa alternatywnego obejmowała wydzielenie 10 grup odpadów: tworzywa sztuczne, odpady organiczne, drewno, papier i tektura, szkło, metal, tekstylia, odpady wielomateriałowe, odpady inertne oraz frakcję poniżej 2 mm (piasek, pyły). Przeanalizowano 10 próbek paliwa produkowanego z odpadów generowanych na analizowanych obszarach badawczych o masie około 2 kg każda.

Zgodnie z metodyką przyjętą za KPGO 2014 [17] oraz [18], za odpady ulegające biodegradacji uznaje się sumę: 100% organiki, 100% papieru i kartonu, 50% drewna, 50% tekstyliów, 40% odpadów wielomateriałowych i 30% frakcji drobnej, czyli odpadów o uziarnieniu poniżej 10 mm. Pozostałe badania wykonano zgodnie z następującymi normami:

1. PN-EN 15443-2011 Stałe paliwa wtórne - Metody przygotowania próbki laboratoryjnej [19],
2. PN-EN 15400-2011 Stałe paliwa wtórne - Oznaczanie wartości opałowej [20],
3. PN-EN 15403-2011 Stałe paliwa wtórne - Oznaczanie zawartości popiołu [21],
4. PN-EN 15414-3-2011 Stałe paliwa wtórne - Oznaczanie zawartości wilgoci metodą suszarkową - część 3: wilgoć w ogólnej próbce analitycznej [22].

Analizę statystyczną wykonano w programie Statistica 10.

Analiza wyników

Tabela 1 prezentuje strukturę morfologiczną odpadów odbieranych z obszaru miasta Kraków oraz gmin wiejskich Liszki i Mogilany. Jak wynika z przeprowadzonej analizy, skład odpadów na obszarach objętych badaniami jest niejednorodny. Ponadto poszczególne grupy odpadów cechują się wysokimi odchyleniami standardowymi, a współczynnik zmienności w niektórych przypadkach przekracza aż 50%, pomimo przeanalizowania około 1 Mg odpadów z każdej gminy. Ponadto pomiędzy niemal wszystkimi grupami morfologicznymi odpadów z analizowanych obszarów nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic (wyjątek stanowiła frakcja tekstylia). Niezależnie od typu administracyjnego analizowanych gmin największym udziałem w składzie morfologicznym zmieszanych odpadów komunalnych cechują się: frakcja drobna, organika, papier, tworzywa i szkło. Znaczący udział w strukturze odpadów z analizowanego obszaru badań stanowią środki ochrony intymnej. Wyniki przeprowadzonej analizy morfologicznej różnią się od wskaźników przedstawionych w KPGO 2014 [17], głównie w zakresie udziału odpadów organicznych, papieru, tworzyw sztucznych oraz szkła w odpadach z obszarów wiejskich. W KPGO 2014 [17] odsetek odpadów organicznych jest wyższy o ponad 15%, natomiast udział pozostałych grup odpadów jest niższy.

Udział odpadów ulegających biodegradacji w strumieniu zmieszanych odpadów komunalnych wyliczony zgodnie z wytycznymi zawartymi w KPGO [17] oraz [18] na

podstawie wyników przeprowadzonych badań wynosi średnio: dla obszaru Krakowa 51,3%, zaś dla obszarów wiejskich 41%. Uzyskane wyniki są niższe od poziomów podanych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 25 maja 2012 roku [23], gdzie udział tych odpadów w masie zmieszanych odpadów komunalnych dla miast wynosi 0,57, natomiast dla obszarów wiejskich 0,48.

Tabela 1

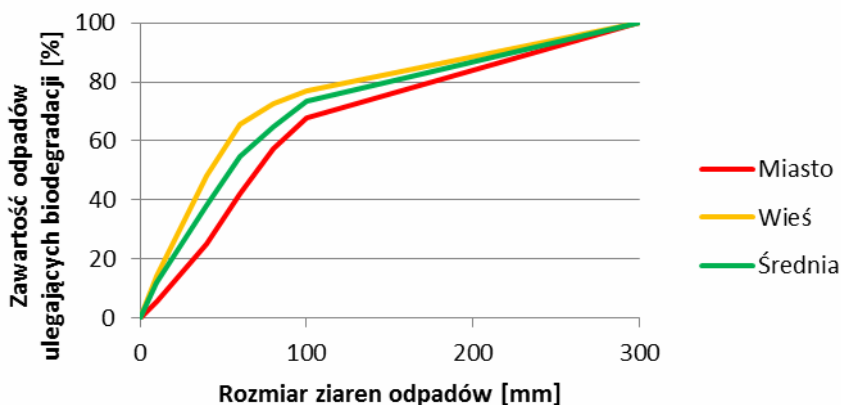
Skład morfologiczny zmieszanych odpadów komunalnych z analizowanych obszarów badawczych

Table 1

Morphological composition of mixed municipal waste from analyzed areas

Lp.	Grupa morfologiczna odpadów	Miasto Kraków ± SD*	Gmina Liszki (obszar wiejski) ± SD*	Gmina Mogilany (obszar wiejski) ± SD*
		[%]	[%]	[%]
1	Fracja drobna	10,1 ± 3,3	16,8 ± 7,8	18,2 ± 11,3
2	Organika	31,8 ± 8,3	19,9 ± 5,6	21,0 ± 5,8
3	Drewno	1,0 ± 0,5	1,4 ± 0,8	1,6 ± 1,4
4	Papier i tektura	13,1 ± 4,5	13,1 ± 5,0	14,9 ± 6,0
5	Tworzywa sztuczne	13,1 ± 4,2	15,8 ± 4,9	16,2 ± 3,8
6	Szkło	11,3 ± 8,7	18,9 ± 4,0	16,6 ± 3,7
7	Tekstyliia	2,4 ± 0,9	0,3 ± 0,3	0,5 ± 0,3
8	Metale	1,1 ± 0,6	1,0 ± 0,7	0,8 ± 0,3
9	Odpady niebezpieczne	0,5 ± 0,3	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,3
10	Odpady wielomateriałowe	4,1 ± 1,3	2,3 ± 1,4	1,0 ± 0,8
11	Środki ochrony intymnej	7,6 ± 1,3	2,4 ± 0,6	4,4 ± 1,4
12	Inertne	3,3 ± 1,8	5,5 ± 2,3	2,0 ± 1,0
13	Inne kategorie	0,6 ± 0,2	2,4 ± 1,2	2,5 ± 1,3

*SD - odchylenie standardowe



Rys. 1. Udział odpadów ulegających biodegradacji w różnych frakcjach granulometrycznych wyrażony jako procent całkowitej zawartości substancji ulegającej biodegradacji w całej masie zmieszanych odpadów komunalnych

Fig. 1. The percentage content of biodegradable waste in various grain size fractions expressed as a percentage of the total content of biodegradable substance in the whole mass of mixed municipal solid waste

Rysunek 1 ilustruje kształtowanie się procentowej zawartości całkowitej masy odpadów ulegających biodegradacji wydzielanych na sitach w analizie frakcyjnej ze zmieszanych odpadów komunalnych wytwarzanych na badanym obszarze.

Jak wynika z rysunku 1, zastosowanie sita o prześwicie oczek \varnothing 80 mm nie zawsze gwarantuje przekazanie do odzysku (biologicznej obróbki) 65% całkowitej masy odpadów ulegających biodegradacji. W przypadku analizowanych odpadów z obszarów wiejskich przy zastosowaniu sit o oczkach \varnothing 60 mm można uzyskać zadowalający poziom odzysku, natomiast w przypadku odpadów z miasta Kraków należy zastosować sito o prześwicie oczek \varnothing ponad 80 mm. Z rysunku 1 wynika również, iż we frakcji o granulacji \varnothing ponad 100 mm zawartość frakcji bio mieści się w zakresie od 24 do 33%, zaś przy zastosowaniu sita o oczkach \varnothing 80 mm całkowita zawartość odpadów ulegających biodegradacji zawiera się w zakresie od 28 do 41%. W związku z powyższym istnieje zagrożenie, iż odpady te mogą znaleźć się w paliwie alternatywnym, aby tego uniknąć, całą frakcję nadsitową należy poddawać dodatkowym procesom separacji.

Tabela 2 przedstawia strukturę morfologiczną paliwa alternatywnego wytwarzanego ze zmieszanych odpadów komunalnych na instalacji firmy MIKI Recykling Sp. z o.o. w Krakowie. Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 2, pomimo iż frakcja nadsitowa wydzielona w ramach separacji na sicie bębnowym jest następnie poddawana klasyfikacji powietrznej, w gotowym paliwie nadal znajdują się znaczne ilości odpadów ulegających biodegradacji.

Tabela 2
Skład morfologiczny paliwa alternatywnego wytwarzanego ze zmieszanych odpadów komunalnych

Morphological composition of an alternative fuel manufactured from municipal solid waste

Lp.	Grupa morfologiczna odpadów	Paliwo wytworzone z odpadów z terenów miejskich $\pm SD^*$	Paliwo wytworzone z odpadów z terenów wiejskich $\pm SD^*$
		[%]	[%]
1	Tworzywa sztuczne	72,3 \pm 1,3	68,8 \pm 1,3
2	Odpady organiczne	2,5 \pm 0,2	1,8 \pm 0,1
3	Drewno	1,9 \pm 0,3	2,3 \pm 0,3
4	Papier	10,4 \pm 1,5	7,3 \pm 0,7
5	Tekstylnia	5,7 \pm 1,2	8,2 \pm 0,6
6	Szkło	0,2 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1
7	Metal	1,1 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1
8	Odpady wielomateriałowe	1,2 \pm 0,2	2,9 \pm 0,2
9	Odpady inertne i inne kategorie	0,0 \pm 0,0	1,2 \pm 0,1
10	Frakcja poniżej 2 mm	4,7 \pm 0,4	6,1 \pm 0,5

*SD - odchylenie standardowe

W strukturze morfologicznej paliwa alternatywnego dominują tworzywa sztuczne. W paliwie wytwarzanym z odpadów z terenów miejskich jest ich nieznacznie więcej niż w paliwie z odpadów z terenów wiejskich. Kolejnymi co do udziału masowego grupami odpadów są papier oraz tekstylia. Udział odpadów ulegających biodegradacji w paliwie wynosi odpowiednio dla paliwa wytwarzanego z odpadów z terenów miejskich

18,2% ($\pm 2,1\%$), zaś dla paliwa wytwarzanego z odpadów z terenów wiejskich 16,1% ($\pm 1,4\%$). Różnica pomiędzy średnimi nie jest istotna statystycznie, a więc miejsce pochodzenia odpadów, z których zostało wytworzone paliwo, nie wpływa na zawartość frakcji bio w jego strukturze. Frakcja ta nie powinna znajdować się w paliwie alternatywnym, ale przedostaje się do niego najczęściej w wyniku sklejenia z innymi odpadami.

W tabeli 3 przedstawiono, jak kształtują się uśrednione wartości wybranych właściwości technologicznych paliwa alternatywnego przy zróżnicowanej zawartości bioodpadów. Analiza wariancji wykazała, iż dla podanych w tabeli 3 przedziałów zawartości frakcji bio w paliwie istotne różnice pomiędzy jego właściwościami technologicznymi dotyczą wilgotności całkowitej, ciepła spalania, wartości opałowej oraz zawartości popiołów. Wraz ze wzrostem udziału frakcji bio w paliwie wzrasta jego gęstość, ale różnice te nie są statystycznie istotne. Wzrost udziału odpadów ulegających biodegradacji powoduje także wzrost zawartości popiołów oraz wilgotności całkowitej. Dla niektórych próbek paliwa o zawartości frakcji bio ponad 15% wartość wilgotności całkowitej przekraczała 30%, co dyskwalifikuje paliwo jako nośnik energii. Wartość opałowa, która jest kluczowym parametrem paliwa dla cementowni, zmniejsza się wraz ze wzrostem udziału frakcji bio, co świadczy o niekorzystnym oddziaływaniu tej frakcji na paliwo.

Tabela 3

Wybrane właściwości paliwa alternatywnego w zależności od procentowego udziału odpadów ulegających biodegradacji

Impact of biodegradable waste percentage content on selected properties of an alternative fuel

Table 3

Wskaźnik	Jedn.	Udział odpadów ulegających biodegradacji $\pm SD^*$			
		Do 5%	5-10%	10-15%	Ponad 15%
Gęstość $\pm SD$	[$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	116 \pm 7,2	131 \pm 5,6	137 \pm 8,2	141 \pm 6,2
Wilgotność całkowita	[%]	17,2 \pm 2,4	22,8 \pm 1,3	26,3 \pm 1,2	27,7 \pm 2,1
Ciepło spalania	[$\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$]	27,5 \pm 0,4	24,7 \pm 0,5	23,6 \pm 0,4	23,5 \pm 0,7
Wartość opałowa	[$\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$]	22,1 \pm 0,6	17,9 \pm 0,3	16,8 \pm 0,7	15,4 \pm 0,3
Zawartość popiołów w s.m.	[% s.m.]	6,7 \pm 0,2	8,4 \pm 0,2	9,1 \pm 0,3	11,8 \pm 0,3

*SD - odchylenie standardowe

W trakcie badań stwierdzono, iż w paliwie o zawartości frakcji bio ponad 15% w czasie tymczasowego magazynowania wzrasta jego temperatura. Wzrost temperatury może wynikać z dużej wilgotności paliwa, sprzyjającej rozpoczęciu procesów tlenowego rozkładu materii organicznej w paliwie przy udziale mikroorganizmów. Zjawisko to wymaga przeprowadzenia dalszych badań w celu określenia maksymalnych temperatur w pryzmie paliwa. Wysoka temperatura paliwa z jednej strony jest zjawiskiem niekorzystnym, z drugiej zaś może umożliwiać wykorzystanie procesów biologicznego suszenia z intensywnym napowietrzaniem do obniżenia zawartości wody w paliwie.

Wnioski

Paliwo alternatywne produkowane ze zmieszanych odpadów komunalnych zawiera odpady ulegające biodegradacji. Udział tych odpadów w strukturze morfologicznej paliwa może przekraczać 15%. Wraz ze wzrostem udziału frakcji bio w paliwie wzrasta jego wilgotność i obniża się ciepło spalania, co przekłada się bezpośrednio na zmniejszenie się wartości opałowej paliwa. W wyniku analiz stwierdzono, iż miejsce pochodzenia odpadów, z których zostało wytworzone paliwo, nie wpływa na zawartość frakcji bio w jego strukturze. Wysoki udział odpadów ulegających biodegradacji (powyżej 15%) w paliwie powoduje zwiększenie się zawartości wody w paliwie nawet do poziomu ponad 30%, co dyskwalifikuje paliwo alternatywne jako nośnik energii.

Podziękowania

Praca została sfinansowana ze środków BM 4623. Dziękuję właścicielom firmy MIKI Recykling Sp. z o.o. w Krakowie za nieodpłatne przekazanie materiału badawczego.

Literatura

- [1] Pawlak B, Hoppe G, Gaca J. Produkcja paliw alternatywnych dla cementowni. Gospodarka odpadami komunalnymi. Koszalin: 2011;7:63-69.
- [2] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 roku w sprawie katalogu odpadów (DzU 2001, Nr 112, poz. 1206).
- [3] Skutan S, Brunner H. Metals in RDF and other high calorific value fractions from mechanical treatment of MSW: Analysis and sampling errors. Waste Management and Research. 2012;30:7:645-655. DOI: 10.1177/0734242X12442740.
- [4] Ragazzi M, Rada E.C. RDF/SRF evolution and MSW bio-drying. WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2012;163:199-208. DOI: 10.2495/WM120191.
- [5] Dębicka M, Żygadło M, Latosińska J. Investigations of bio-drying process of municipal solid waste. Ecol Chem Eng A. 2013;20(12):1461-1470. DOI: 10.2428/ecea.2013.20(12)132.
- [6] Celińska A, Marek E. Potencjał paliw odpadowych do wykorzystania w kompleksach agrotechnicznych. Paliwa z Odpadów. 2009;7:11-22.
- [7] Karcz H, Kantorek M, Głębik R, Grabowicz M, Szczepaniak S. Energetyczny recykling odpadów zwierzęcych - cz. 2 - Proces termicznej utylizacji mączki w prototypowej instalacji doświadczalnej. Paliwa z Odpadów. 2009;7:285-294.
- [8] Oleniacz R. Assessment of the impact of using alternative fuels in the cement kiln on the emissions of selected substances into the air. Waste to Energy and Environ. 2011;1:37-49.
- [9] Wzorek M. Wpływ dodatku lepiszczy na właściwości paliwa z osadów ściekowych i mułu węglowego. Paliwa z Odpadów 2009;7:45-52.
- [10] Ariyaratne WKH, Melaen MC, Tokheim LA. Determination of biomass fraction for partly renewable solid fuels. Energy. 2014;70:1:465-472. DOI: 10.1016/j.energy.2014.04.017.
- [11] Mokrzycki E, Uliasz-Bocheńczyk A, Sarna M. Use of alternative fuels in the Polish cement industry. Applied Energy. 2003;74:101-111. DOI: 10.1016/S0306-2619(02)00136-8.
- [12] Trezza MA, Scian AN. Waste fuels: their effect on Portland cement clinker. Cement and Concrete Res. 2005;35:438-44. DOI: 10.1016/j.cemconres.2004.05.045.
- [13] Malinowski M. Uwarunkowania wytwarzania paliw alternatywnych ze zmieszanych odpadów komunalnych. Episteme. 2012;14:101-108 (http://episteme-nauka.pl/pdf/Episteme_14.pdf).
- [14] Malinowski M. Selected properties of an alternative fuel manufactured from municipal solid waste. Infrastructure and ecology of rural areas. 2013;2013/4/2:125-139. (http://www.infraeco.pl/pl/art/a_17260.htm?plik=1520).
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 września 2012 roku w sprawie mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych (DzU 2012, Nr 181, poz. 1052).

- [16] Jędrzcak A, Szpadt R. Opracowanie metodyki badań ilościowych i jakościowych odpadów dla potrzeb monitoringu i planowania gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce, Kamieniec Wr., Zielona Góra. 2006.
- [17] KPGO 2014. Krajowy Plan Gospodarki Odpadami na lata 2010-2014 (MP Nr 101, poz. 1183).
- [18] Jędrzcak A. Skład sitowy i morfologiczny odpadów komunalnych na terenie powiatu zgorzeleckiego. Raport końcowy. Zielona Góra: Instytut Inżynierii Środowiska UZ; 2011.
- [19] PN-EN 15443-2011 Stałe paliwa wtórne - Metody przygotowania próbki laboratoryjnej.
- [20] PN-EN 15400-2011 Stałe paliwa wtórne - Oznaczanie wartości opałowej.
- [21] PN-EN 15403-2011 Stałe paliwa wtórne - Oznaczania zawartości popiołu.
- [22] PN-EN 15414-3-2011 Stałe paliwa wtórne - Oznaczanie zawartości wilgoci metodą suszarkową - część 3: wilgoć w ogólnej próbkce analitycznej.
- [23] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 25 maja 2012 roku w sprawie poziomów ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania oraz sposobu obliczania poziomu ograniczania masy tych odpadów (DzU 2012, poz. 676).

IMPACT OF BIODEGRADABLE WASTE CONTENTS ON TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF AN ALTERNATIVE FUEL

Department of Technical Infrastructure and Eco-power Engineering
Institute of Agricultural Engineering and Computer Science
University of Agriculture in Krakow

Abstract: Generation of waste is an inherent element of human existence and economic activity. One of the eco-friendly methods of waste management is to use it as an alternative fuel in processes of high-temperature combustion in cement kilns. Incineration of waste fuels in cement plants (waste to energy) brings environmental benefits as regards reducing the waste mass deposited in landfills, reducing the consumption of natural resources (by replacing fossil fuels with substitute fuels), protecting soil and air, and lowering CO₂ emissions. Alternative fuel (SRF) shipped to cement industry should be characterized by certain parameters; therefore, light waste fractions are most commonly used for its manufacture and these are distinguished by low moisture content and high calorific value. The main aim of the study was to analyze the percentage content of biodegradable waste contained in the alternative fuel produced from mixed municipal solid waste (from rural and urban communes) and to assess the impact of this waste on the physiochemical properties of the final fuel. The scope of research also included the analysis of morphological and fractional composition of mixed municipal solid waste and their influence on the quality of the alternative fuel. The study shows that biodegradable waste constitutes significant share in the alternative fuel morphological composition (over 15%). Its moisture and hygroscopic properties can cause a decrease in calorific value of the fuel of 22 to 15 MJ·kg⁻¹ and an increase in fuel moisture up to a level which disqualifies it as an energy carrier (over 30%).

Keywords: municipal solid waste, alternative fuel (RDF), biodegradable waste