

Określenie przydatności różnorodnych frakcji odpadowych w aspekcie ich wykorzystania jako paliwo alternatywne

Determination of various waste fractions usefulness in terms of their application as alternative fuel

Daria GAŚSIOR



W KILKU SŁOWACH

Rozwój gospodarczy kraju w połączeniu z wzrastającą konsumpcją skutkuje znacznym zanieczyszczeniem środowiska naturalnego. Przyczyn degradacji środowiska należy upatrywać między innymi w dynamicznym wzroście ilości odpadów komunalnych, zwłaszcza w dużych aglomeracjach miejskich. Istotnym elementem systemu unieszkodliwiania odpadów z punktu widzenia ich zagospodarowania jest ich ponowne wykorzystanie jako paliwa alternatywnego w procesach przemysłowych.

Aby rozdrobnione odpady można było uznać za paliwo alternatywne muszą one spełnić określone warunki dotyczące ich parametrów fizykochemicznych. W pracy przedstawiono wyniki badań obejmujących charakterystykę poszczególnych strumieni odpadowych dostarczanych do przedsiębiorstwa gospodarowania odpadami, pod kątem ich wartości opałowej, wilgotności, zawartości siarki oraz popiołu. Na podstawie otrzymanych wyników badań opracowano przykładową metodę mieszania danych frakcji odpadowych w celu uzyskania wymaganych przez przemysł cementowy parametrów dopuszczających odpad do wykorzystania w postaci paliwa alternatywnego w procesie produkcji cementu.



SUMMARY

The economic development of the country, combined with increasing consumption results in significant environmental pollution. The causes of environmental degradation should be sought, inter alia, in the dynamic growth of municipal waste amount, especially in large urban areas. An important element of the waste disposal system is their re-use as an alternative fuel in industrial processes.

Shredded wastes can be considered as an alternative fuel provided they meet the requirements regarding their physicochemical parameters. The paper presents results of research on the characteristics of the various waste streams delivered to waste management plants. The calorific value, moisture, sulfur and ash content were determined.

On the basis of the results, the exemplary methodology of mixing waste fractions was developed. It allows to obtain parameters which are required by cement industry and makes final product eligible as an alternative fuel in the cement production process.

mgr inż. Daria Gaśsior Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu.



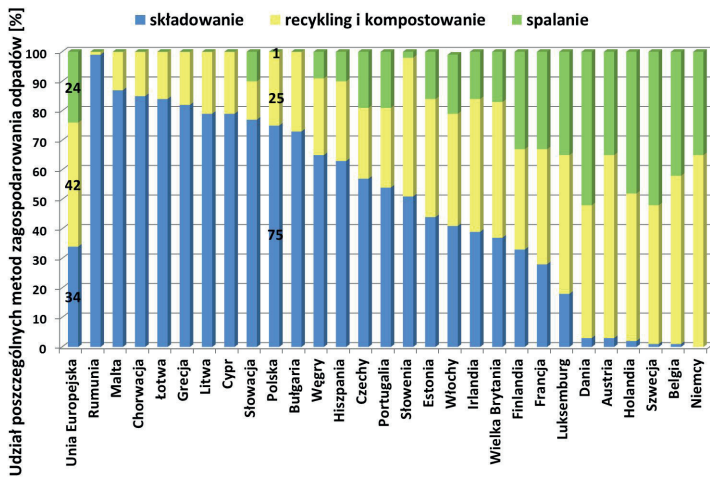


Wstęp

Wraz z rozwojem gospodarczym kraju jak i zwiększoną konsumpcją wzrasta ilość odpadów, które w Polsce stanowią wciąż ogromne, niewykorzystane źródło surowców wtórnych i energetycznych.

Według danych Eurostatu [1] jeszcze w 2012 roku prawie trzy czwarte wszystkich odpadów w Polsce składowane było na wysypiskach, co plasuje nasz kraj prawie na końcu wśród państw Unii Europejskiej (rysunek 1). W Szwecji i Belgii tego samego roku do składowania przeznaczono jedynie 1%, a w Niemczech 0,5% wszystkich wytworzonych odpadów.

W krajach tych, niemalże wszystkie odpady zaklasyfikowane zostały do ponownego wykorzystania jako surowiec wtórny, poddane kompostowaniu bądź wysokotemperaturowemu spalaniu w spalarniach odpadów.



Rys.1. Metody zagospodarowania odpadów komunalnych w krajach Unii Europejskiej wg danych z 2012 r. [1].

Szansą na rozwiązanie problemu zagospodarowania odpadów w naszym kraju jest ich wykorzystanie jako paliwa alternatywnego w procesach wysokotemperaturowego spalania, w tym także w piecach cementowych.

Produkcja paliwa alternatywnego klasyfikowana jest jako odzysk energii i jest pożądanym kierunkiem gospodarki odpadami zgodnie z europejską hierarchia postępowania z odpadami zawartą w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE [2]. Stosowanie paliwa pochodzącego z odpadów stało się obecnie niemal koniecznością, wynikającą również z uregulowań gospodarki odpadami, zakazującej skła-

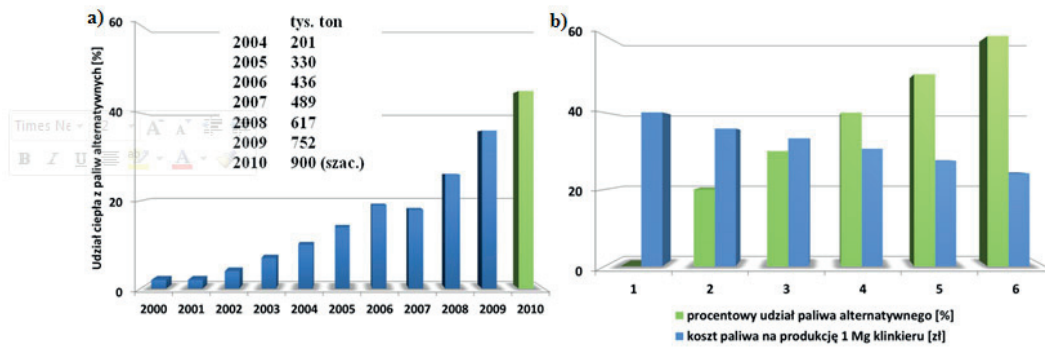
dowania nieprzetworzonych odpadów. Chodzi o rozporządzenie w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu [3], które weszło w życie 11 stycznia 2013. Zgodnie z rozporządzeniem, od 2016 roku do składowania trafiają jedynie te odpady, których ciepło spalania wynosi do 6 MJ/kg. Te z wyższymi parametrami cieplnymi mają być spalane w spalarniach odpadów komunalnych lub przetwarzane na paliwa alternatywne. Celem takiego rozwiązania jest maksymalne wykorzystanie odpadów, których wartość energetyczna jest największa. Dzięki nowym regulacjom składowane zostaną tylko te kategorie odpadów, których ponowne wykorzystanie byłoby nieopłacalne.

Cementownie, z uwagi na korzystną różnicę w cenie paliw alternatywnych chętnie zastępują nimi tradycyjne paliwa kopalne o czym świadczy wzrost popytu na tego rodzaju paliwo na przestrzeni ostatnich lat (rysunek 2).

Z uwagi na warunki panujące w piecu cementowym podczas spalania współspalanie paliw pochodzących z odpadów jest metodą przyjazną środowisku. Proces odzysku energii przeprowadzany w piecu cementowym spełnia wymagania rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21 marca 2002 r. dotyczące prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów [4]. Ponadto, ze względu na dominującą w procesie zawartość tlenu wapnia, wypalany w piecu materiał charakteryzuje się odczynem alkalicznym, co umożliwi neutralizację kwaśnych składników gazowych powstających wskutek spalania paliw. Procesy współspalania prowadzone w piecach cementowych eliminują również problem zagospodarowania odpadów w postaci popiołów poprocesowych ponieważ popiół pozostający po spaleniu miesza się z wypalonym materiałem i wchodzi w skład klinkieru cementowego [5].

Jednakże aby cementownie mogły przyjąć taki rodzaj paliwa, musi ono charakteryzować się odpowiednimi parametrami jakościowymi. Z punktu widzenia procesu produkcji cementu, stabilności pracy instalacji pieca cementowego oraz jakości wytwarzanego produktu istotne jest odpowiednie przygotowanie paliwa, przede wszystkim pod kątem jego kaloryczności i jednorodności parametrów. Skład chemiczny pa-





Rys.2. Korzyści ekonomiczne wynikające z wykorzystania paliw alternatywnych w przemyśle cementowym: a) rynek paliw alternatywnych w Polsce na przestrzeni lat [6]; b) koszty paliw na wyprodukowanie 1 Mg klinkieru w zależności od składu mieszanki paliwowej[7].

liwa alternatywnego z odpadów współspalane w piecu cementowym ma istotny wpływ na jakość wypalanego klinkieru, jak również na stabilność pracy całej instalacji. W tabeli 1 zestawione zostały podstawowe, wymagane przez przemysł cementowy, parametry dopuszczające przekazany odpad do wykorzystania w postaci paliwa alternatywnego w procesie produkcji cementu. Producent bądź dostawca paliwa alternatywnego powinien spełnić określone przez cementownie wymagania. W celach weryfikacyjnych obie strony uzgadniają zakres i częstotliwość kontroli dostarczanego paliwa.

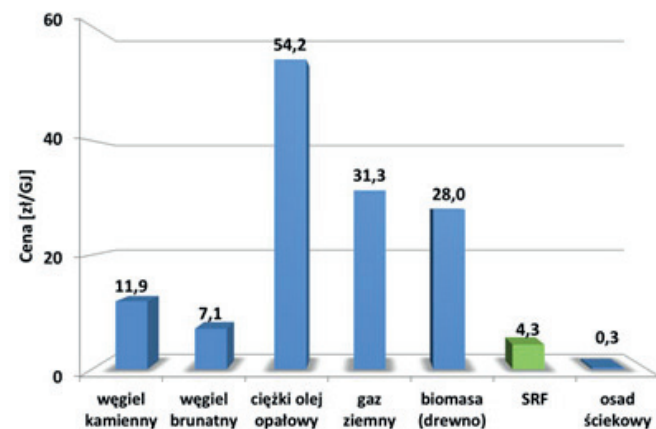
Odpady, z których obecnie produkuje się paliwa alternatywne na potrzeby przemysłu cementowego z uwagi na wymagania przemysłu cementowego muszą charakteryzować się kalorycznością na poziomie ok. 15 MJ/kg, co odpowiada ciepłu spalania na poziomie około 18 MJ/kg (w zależności od zawartości siarki, azotu, wodoru oraz wilgotności materiału). Od 01.01.2016 na rynku pojawi się ponad 4,8 mln Mg odpadów, o ciepłe spalania pomiędzy 6, a 18 MJ/kg, które nie będą mogły być składowane, a ich parametry jakościowe nie będą wystarczające aby spełnić wymogi przemysłu cementowego.

Niewątpliwie właściwy kierunek umożliwiający zagospodarowanie nowopowstałego strumienia paliw alternatywnych stanowi sektor ciepłowniczy i energetyczny, który wyraża coraz większe zainteresowanie tego typu paliwem, głównie z uwagi na znacznie niższą cenę paliw pozyskanych z odpadów w stosunku do paliw kopalnych (rysunek 3).

Kluczowym problemem stojącym na drodze wykorzystywania paliw przez ten sektor gospodarki są niejednoznaczne zapisy prawa

	Lafarge Cement Polska [8]	CEMEX [9]	Górażdże Cement [10]	SPC [5]®
Zawartość wilgoci [%]	-	<20	<25	<20
Wartość opałowa [MJ/kg]	>14	kalcytor >17 palnik gł. >20	>15	>15
Zawartość siarki [%]	<2,5	<1	<0,5	<1
Zawartość popiołu [%]	-	-	<20	-
Zawartość chloru [%]	< 0,2	<0,7	-	-

Tabela 1. Wymagania stawiane paliwom alternatywnym przez przemysł cementowy.



Rys. 3. Porównanie cen 1GJ energii zawartej w wybranych nośnikach energii na rynku krajowym w 2011 roku [11].

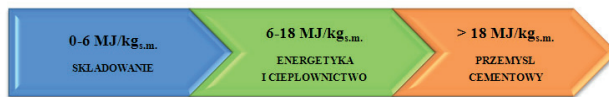
dotyczące możliwości zaliczenia części wyprodukowanej energii elektrycznej z wykorzystaniem odpadów do energii pochodzącej ze źródła odnawialnego, co umożliwiłoby obniżenie raportowanej emisji CO₂. Sytuacja taka istotnie ogranicza zainteresowanie energetyki wykorzystaniem tych paliw. Ponadto, energetyka, chcąc wykorzystywać paliwa wtórne, zmuszona będzie do przystosowania dotychczas użytkowanych instalacji energetycznych do współspala-





nia paliw alternatywnych.

W przypadku rozwiania wątpliwości natury technicznej oraz formalno-prawnej idealną propozycją działań systemowych wydaje się zagospodarowanie wytworzonych paliw alternatywnych pomiędzy dwa sektory gospodarki jakim są cementownia oraz energetyka i ciepłownictwo (rysunek 4).



Rys. 4. Ogólny schemat zagospodarowania odpadów o różnym potencjale energetycznym wyrażonym w wielkości ciepła spalania[11].

LITERATURA

- [1] http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/8-25032014-AP/EN/8-25032014-AP-EN.PDF (20.09.2014).
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy, Dz.Urz. WE L 312/3 z 22.11.2008 r.
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów, Dz.U. z 2002 nr 37 poz. 339.
- [4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów z dnia 21 marca 2002 r., Dz.U. z 2002 r. nr 37, poz. 339.
- [5] Stowarzyszenie Producentów Cementu, Paliwo alternatywne na bazie sortowanych odpadów komunalnych dla przemysłu cementowego, Kraków, 2008, <http://www.polskicement.pl/files/Pages/84/uploaded/706.pdf> (20.08.2015).
- [6] Wielgosiński G., „Co można nazwać paliwem alternatywnym?”, https://www.mos.gov.pl/g2/big/2012_01/ed7152f8a8278882cddc9a5f2db61513.pdf (20.08.2015).
- [7] Jasińska M., „Środowiskowe aspekty współspalania paliw alternatywnych w piecach do wypału klinkieru”, Materiały konferencyjne, Konferencja Paliwa Alternatywne – Waste to Energy – Energia z Odpadów, Kraków, 11-12.06.2015.
- [8] Sarna M, Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A., Paliwa alternatywne z odpadów dla cementowni – doświadczenia Lafarge Cement Polska S.A., Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej, 2003, 21, 309-316.

Odzysk energii z odpadów stanowi w naszym kraju nowe zagadnienie, które należy rozwijać. System gospodarki odpadami powinien w większym stopniu wykorzystywać procesy współspalania, pozwalające spożytkować właściwości palne odpadów, co może przynieść wymierne korzyści z uwagi na kurczące się zasoby surowców energetycznych przy jednoczesnym stale rosnącym zapotrzebowaniu na energię.

Znaczna część odpadów stałych wytwarzanych w Polsce charakteryzuje się wysokimi walorami energetycznymi, które należy wykorzystywać. Stosowanie paliw z odpadów pozwala zwiększyć przychody cementowni oraz producentów energii w związku z ich niską ceną, obniżyć raportowaną emisję dwutlenku węgla oraz ograniczyć zużycie wyczerpujących się zasobów paliw kopalnych. Ponadto, ponowne wykorzystywanie odpadów jest zgodne z europejską hierarchią postępowania z odpadami zawartą w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE [2], dzięki czemu dalszy rozwój gospodarki odpadami w kierunku wytwarzania paliw alternatywnych z odpadów pozwoli uniknąć kar za niedostosowanie się do wymogów UE.

2. Przedmiot badań i metodyka badawcza

Przedmiotem badań w podjętej pracy jest 20 próbek odpadów reprezentujących kilka strumieni odpadowych dostarczanych do jednego z zakładów gospodarowania odpadami na terenie województwa opolskiego. Ich charakterystykę określono poprzez oznaczenie w nich parametrów kluczowych dla przemysłu ce-

mentowego w przypadku ich odbioru jako paliwa alternatywnego i wykorzystania w procesie wypału klinkieru. Próbkę odpadów do badań zostały pobierane regularnie przez okres czterech miesięcy, od listopada do lutego. W zakres oznaczanych parametrów wchodziły następujące oznaczenia: zawartość wilgoci, wartość opałowa, zawartość siarki, zawartość popiołu.

Objektami badań poddawanymi analizie były następujące rodzaje odpadów:

- frakcja nadsitowa odpadów komunalnych o wielkości poniżej 80 mm (z uwagi na dużą niejednorodność parametrów frakcji nadsitowej, celem uwierzytelnienia uzyskanych wyników badań, wykonano oznaczenia dla 10 próbek tej frakcji);
- frakcja nadsitowa odpadów komunalnych poddana napowietrzaniu o zredukowanej zawartości wilgoci (4 próbki);
- zmieszane odpady opakowaniowe o kodzie 15 01 06 (4 próbki);
- balast posortowniczy wydzielony z sortowni odpadów o kodzie 15 01 06 i zubożony o frakcję palną (2 próbki).

Próbki zostały pobierane oraz przygotowywane do analiz zgodnie obowiązującymi normami:

- PN-Z-15011-1:1998 Kompost z odpadów komunalnych – Pobieranie próbek [12];
- PN-EN 15442:2011 [13];
- PN-EN 15443:2011 [14].

Zakres badań pobranych próbek obejmował następujące oznaczenia:

- zawartość wilgoci zgodnie z normą PN-EN 15934:2013-02 [15];

3. Omówienie i dyskusja wyników

W ramach podjętej pracy łącznie zostało przebadanych 20 próbek różnych rodzajów odpadów. Dla każdej z przebadanych grup odpadów określono wartości maksymalne i minimalne oraz wartości średnie w zakresie każdego z przebadanych parametrów. Obliczono również odchylenia standardowe charakteryzujące poszczególne parametry w danych grupach odpadów. Dane te zostały zestawione w poniższej tabeli.

Na podstawie obliczonych odchyleń standardowych oraz w oparciu o uzyskane wyniki

badania można stwierdzić, że przebadane próbki frakcji nadsitowej charakteryzowały się bardzo dużą rozbieżnością co potwierdziło konieczność przebadania dużej ilości próbek tej frakcji celem uzyskania miarodajnych, reprezentatywnych wyników.

Na wykresach poniżej zestawiono uzyskane wyniki badań w formie graficznej, oddzielnie dla każdego badanego parametru. W każdym przypadku zaznaczono również wartości dopuszczalne zgodne z wymaganiami jakościowymi cementowni względem paliw alternatywnych. Jako wartości dopuszczalne przyjęto parametry, które przemysł cementowy najczęściej podaje jako wartości graniczne, niezbędne w celu przyjęcia materiału odpadowego jako stałe paliwo wtórne:

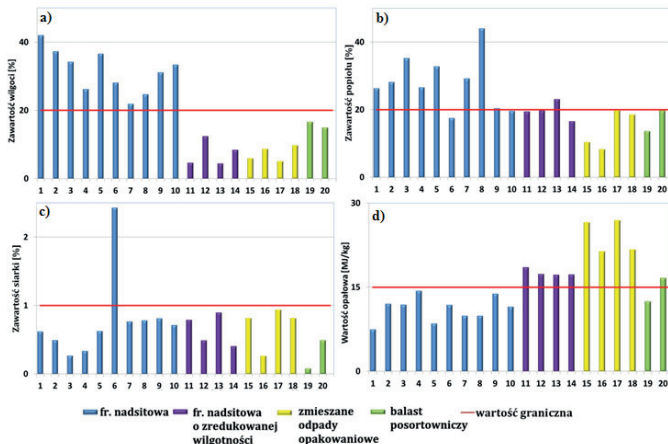
- zawartość wilgoci poniżej 20%
- zawartość popiołu poniżej 20%
- zawartość siarki poniżej 1%
- wartość opałowa powyżej 15%.

Spośród wszystkich analizowanych rodzajów odpadów najbardziej obiecujące parametry jakościowe charakteryzowały zmieszane odpady opakowaniowe. Spełniały one wymagania narzucone paliwom alternatywnych w pełnym badanym zakresie. Satisfakcjonujące wyniki badań udało się uzyskać również w odniesieniu do odpadowych frakcji nadsitowych o zredukowanej zawartości wilgoci. W tym wypadku niemal wszystkie parametry mieściły się w wymaganym zakresie chociaż w przypadku zawartości popiołu jedna z przebadanych próbek osiągnęła wartości przekraczające parametry dopuszczalne. Ponadto, odpady te odznaczały się znacznie niższymi, w porównaniu do odpadów opakowaniowych, wartościami opałowymi. Podczas opracowywania najbardziej optymalnej technologii mieszania odpadów znaczącą rolę odgrywał udział zmieszanej frakcji opakowaniowej.

[9] http://scc.com.pl/konferencje/prezentacje/IPAL_14-06-2012/CEMEX.pdf (20.08.2015).
 [10] http://www.ceramika.agh.edu.pl/zalaczniki/gorazdze/gorazdze_odzysk_odpadow.ppt (20.08.2015).
 [11] http://www.forumees.pl/gfx/ees/userfiles/files/68_forum/3.68.pdf (20.08.2015).
 [12] PN-Z-15011-1:1998 Kompost z odpadów komunalnych – Pobieranie próbek.
 [13] PN-EN 15442:2011 Stałe paliwa wtórne – Metody pobierania próbek.
 [14] PN-EN 15443:2011 Stałe paliwa wtórne – Metody przygotowania próbki laboratoryjnej.
 [15] PN-EN 15934:2013-02: Osady ściekowe, uzdatnione bioodpady, gleba oraz odpady. Oznaczanie suchej masy poprzez oznaczenie zawartości suchej pozostałości lub zawartości wody.
 [16] PN-EN 15414-3:2011: Stałe paliwa wtórne. Oznaczanie zawartości wilgoci metodą suszarkową. Część 3: Wilgoć w ogólnej próbce analitycznej.
 [17] PN-EN 15403:2011: Stałe paliwa wtórne. Oznaczanie zawartości popiołu.
 [18] PN-EN 15400:2011: Stałe paliwa wtórne. Oznaczanie wartości opałowej.
 [19] PN-EN 15289:2011: Biopaliwa stałe. Oznaczanie zawartości siarki całkowitej i chloru.
 [20] PN-EN 15407:2011: Stałe paliwa wtórne. Metody oznaczania zawartości węgla (C), wodoru (H) i azotu (N).

Rodzaj odpadu	Ilość próbek	Wartość	Wilgoć całkowita [%]	Zawartość popiołu [%]	Zawartość siarki [%]	Wartość opałowa [MJ/kg]
Wszystkie badane próbki	20	max	42	44,1	2,4	27
		min	2	8,3	0,1	7
		\bar{x}	20	22,5	0,7	15
		σ	12,7	8,5	0,5	5,6
Frakcja nadsitowa	10	max	42	44,1	2,4	14
		min	22	17,6	0,3	7
		\bar{x}	32	28,0	0,8	11
		σ	6,3	8,0	0,6	2,2
Frakcja nadsitowa o zredukowanej wilgotności	4	max	12	23,1	0,9	19
		min	4	16,6	0,4	17
		\bar{x}	8	19,7	0,6	18
		σ	3,8	2,7	0,2	0,7
Zmieszane odpady opakowaniowe (15 01 06)	4	max	10	19,9	0,9	27
		min	5	8,3	0,3	21
		\bar{x}	7	14,3	0,7	24
		σ	2,2	5,8	0,3	3,0
Balast posortowniczy (15 01 06)	2	max	17	19,8	0,5	17
		min	15	13,7	0,1	12
		\bar{x}	16	16,7	0,3	15
		σ	1,2	4,3	0,3	3,0





Rys. 5. Zestawienie wyników badań: a) zawartość wilgoci; b) zawartość popiołu; c) zawartość siarki; d) wartość opałowa.

Bez względu na rodzaj analizowanego odpadu można zauważyć występującą zależność pomiędzy wartością opałową a zawartością wilgoci. Wraz ze wzrostem zawilgocenia próbki obserwuje się spadek wartości opałowej badanego materiału.

Bazując na wartościach średnich otrzymanych wyników badań oraz po przeprowadzeniu niezbędnych obliczeń zaproponowano dwie możliwości mieszania odpadów w następujących udziałach procentowych:

1. 25% frakcji nadsitowej
15% frakcji nadsitowej o zredukowanej wilgotności
35% odpadów opakowaniowych
25% balastu posortowniczego
- lub też:
2. 30% frakcji nadsitowej
20% frakcji nadsitowej o zredukowanej wilgotności
35% odpadów opakowaniowych
15% balastu posortowniczego

Z uwagi na większą dostępność frakcji nadsitowej wytworzonej z odpadów komunalnych sugeruje się wybór drugiego wariantu prowadzenia procesu.

4. Podsumowanie

Zwiększająca się ilość odpadów będąca efektem gwałtownej industrializacji, rozwoju miast oraz wzrostu poziomu konsumpcji należy do jednych z najważniejszych problemów cywilizacyjnych. Zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE [2] składowanie odpadów jest najmniej pożądanym sposobem postępowania z odpadami. Należy więc poszu-

kiwać rozwiązań umożliwiających ponowne wykorzystanie powstałych odpadów. Jednym ze sposobów ich zagospodarowania jest wykorzystanie palnych frakcji jako paliw w procesach wysokotemperaturowego spalania w piecach cementowych. Wykorzystanie paliw alternatywnych w przemyśle cementowym przynosi liczne korzyści wśród których należy wymienić oszczędność nieodnawialnych surowców naturalnych, ograniczenie problemu składowania odpadów czy zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych. Dzięki takiemu rozwiązaniu produkcja przemysłowa przebiega zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju, w myśl której należy w taki sposób zaspokajać potrzeby by nie szkodzić środowisku, aby przyszłe pokolenia mogły korzystać z takiego środowiska naturalnego jakim dysponujemy obecnie.

Przeprowadzone w pracy badania miały na celu określenie przydatności poszczególnych frakcji odpadowych w aspekcie ich wykorzystania w procesach współspalania w piecach cementowych. Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników badań przygotowano przykładowe możliwości mieszania materiału odpadowego różnego pochodzenia celem spełnienia kryteriów jego wykorzystania w charakterze paliwa alternatywnego.

Monitoring parametrów fizykochemicznych charakteryzujących poszczególne rodzaje odpadów wykazał, iż frakcje te odznaczają się sporą niejednorodnością i różnicowaniem jakościowym, zwłaszcza w przypadku frakcji nadsitowej, której znaczne zawilgocenie skutkowało zaniemieniem wartości opałowej oraz wzrostem zawartości popiołu.

Pozytywnie rokujące parametry jakościowe wykazywały próbki zmieszanych odpadów opakowaniowych odznaczające się bardzo dużą wartością opałową przy niskiej zawartości wilgoci.

Dobór frakcji odpadowych w odpowiednich proporcjach, umożliwi utworzenie materiału wyjściowego, spełniającego wymogi stawiane producentom paliw alternatywnych przez przemysł cementowy. Istotne znaczenie dla spodziewanych wyników badań ma sezonowa zmiana jakości strumieni odpadowych trafiających do zakładów gospodarowania odpadami – sezon grzewczy sprzyja dostarczeniu materiału o podwyższonej zawartości popiołu.