

GRZEGORZ SPUREK

Kielce University of Technology
Faculty of Civil and Environmental Engineering
al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7
25-314 Kielce, Poland

e-mail: grzegorz_spurek@op.pl

THE CLASSIFICATION OF SOLID RECOVERED FUELS FOR THE NEEDS OF POLISH CEMENT INDUSTRY

Abstract

In this paper, the existing definitions of solid recovered fuels are presented, also including a proposal of an approach to their classification issues for the needs of Polish cement industry, basing on the literature data.

In the research chapter, as a result of the analysis performed on the selected quality parameters of solid recovered fuels, delivered to the chosen cement plant, the advantages of usage of the solid recovered fuels classification system for the needs of Polish cement industry are presented.

Keywords: solid recovered fuels, classification, cement industry, co-combustion

1. Introduction

It has undoubtedly been shown in selected publications that the considerable part of municipal waste can be used as fuel [1, 3, 7, 8].

Before the introduction of the Waste Directive 2008/98/WE, the lack of differentiating between the definition of the waste and residue product resulted in both the diverse methods of waste processing and naming the products created this way. Consequently, it often caused misunderstandings in terms of the law terminology in the given range.

In Western European countries such as Germany and Italy the various names for the fuels produced from waste started to be used interchangeably: in Germany SBS (Sekundärbrennstoffe), EBS (Ersatzbrennstoffe) or BRAM (Brennstoff aus Müll), or in Italy - CDR (combustibili derivato di rifiuti) and CSS (combustibili solido secondario, including RDF (refuse derived fuels) in other European Union countries [13]. Still in Poland we can find the usage of the different notions defining fuels from waste such as "alternative fuels", "substitute fuels", "formed fuel" or PAKOM (the fuel created on the base of municipal waste protected by patent) [13, 14].

Recently, in the European Union countries, a number of the various actions aiming to create the uniform approach to the issue of standardisation and quality of fuel from waste was taken. Hence, the name "solid recovered fuels" (SRF) was proposed, which means in

Polish „stałe paliwa odzyskane” or „stałe paliwa wtórne” included in the title of this publication [4, 15, 16]. The last mentioned name "solid recovered fuel" was also approved by Polish Normalization Committee [9]. The approved definition shows that it deals with the waste material, but possessing strictly defined physical and chemical properties, referring to the recovered materials such as cardboard, scraps, glass and textiles. Such a strict definition lies at the base of the concept of introducing the system of the classification of solid recovered fuels by the European Normalization Committee CEN. Taking all of it into account and considering the rules included in one of the published technical standards, namely EN 15359:2011, it should be stated that solid recovered fuels can be generated only from waste other than hazardous and can be used only in the installations fulfilling the criteria concerning emissions established for these installations and included in Directive 2000/76/EC concerning combustion of waste.

2. The classification of solid recovered fuels

Within the functioning system of the European Normalization Committee (CEN) we distinguish a number of the specifications and technical standards defining the issues such as: naming, accepted classification rules, criteria and recommendations connected with the process of the production of solid recovered fuels and sampling methods or the preparation of the samples to the laboratory research.

The majority of the works of CEN connected with the publication of the selected technical specifications and standards concerning solid recovered fuels were completed in 2006. Moreover, in 2011 the works concerning the publication of the selected standards connected with the discussed issue were also finished. The detailed list of the technical specifications and standards updated on a current basis by the European Normalization Committee (CEN) is included on the website www.cen.eu.

Currently, in the selected European Union countries, including Poland since 2008, the translation works of the English versions of the technical specifications published by CEN and standards are being done. In the final plan, they will become the reference documents concerning solid recovered fuels, valid in the European Union [9]. The standard EN 15359:2011 „Solid recovered fuels-specifications and classes constitutes one of the most important standards describing the new classification system of solid recovered fuels established by the European Normalization Committee (CEN) [2]. In accordance with the criteria approved in the described standard, the system of the classification of solid recovered fuels depends on the three key parameters defining quality of solid recovered fuels such as: calorific value, chlorine and mercury content.

The parameters mentioned above were chosen as the specific "labels" of solid recovered fuels, taking into consideration the further practical usage of the formed fuel in terms of technological, environmental and economic values. The way of the classification of the solid recovered fuels recommended by CEN

and the detailed view of the psychical and chemical analysis of the solid recovered fuels resulting from the mentioned approach enable the people who manage supplies of these fuels in cement plants to receive the reliable information concerning processing usefulness of this material. Finally, it guarantees the success in choosing the best solid recovered fuel in terms of the checked properties and quality.

3. Cement industry in Poland

There are 13 cement plants in Poland, equipped with 18 kilns operating in dry-method of burning clinker (one kiln in reserve) and 2 kilns working in wet-method [10]. For many years, cement industry in Poland has been successfully applying the co-incineration process of solid recovered fuels. The main properties which are being taken into consideration in terms of providing the optimum co-incineration conditions are: physical state, calorific value, chemical composition (including chlorine content – recommended below 1%), moisture (below 15%), homogeneity, ability to be processed and transported [11].

4. The results of the research of the selected qualitative parameters of the solid recovered fuels

Table 3 includes the results of the research of the chosen qualitative parameters of the solid recovered fuels, delivered to the selected cement plant. The research has been conducted by qualified workers performing their duties in the certificated quality control laboratory – according to the range presented in Table 2.

Table 1. The classification parameters of solid recovered fuels recommended by CEN [5]

Classification characteristic	Statistical measure	Unit	Classes				
			1	2	3	4	5
Net calorific value (NCV)	Mean	MJ/kg (ar)	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
Classification characteristic	Statistical measure	Unit	Classes				
			1	2	3	4	5
Chlorine (Cl)	Mean	% (d)	≤ 0.2	≤ 0.6	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 3
Classification characteristic	Statistical measure	Unit	Classes				
			1	2	3	4	5
Mercury (Hg)	Median 80 th percentile	mg/MJ (ar)	≤ 0.2	≤ 0.3	≤ 0.08	≤ 0.15	≤ 0.50
		mg/MJ (ar)	≤ 0.04	≤ 0.06	≤ 0.16	≤ 0.30	≤ 1.00

Table 2. The range of research

	Method	The type of research	Standard
1	Burning in calorimeter bomb	Determination of heat of combustion and calorific value	PN-80/G-04513
2	Drying method	Determination of moisture content	PN-80/G04511
3	With the usage of Eschka's mixture	Determination of chlorine content	PN-ISO-587
4	Selective dissolution method	Determination of biomass content	PKN-CEN/TS 15440

Table 3. The presentation of the solid recovered fuels research results, delivered to the selected cement plant between January – March 2012

	Samples codification ^{a)}	Evaluation of qualitative parameters of delivered solid recovered fuels based on CEN recommendation										Biomass content		Moisture content		Chlorine content		Heat of combustion		Calorific value	
		Calorific value NCV					Chlorine content Cl					B %	B* %	W %	W* %	Cl %	Cl* %	Os MJ/kg	Qs* MJ/kg	NCV MJ/kg	NCV* MJ/kg
		Classes					Classes														
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5										
1	0102PRC			1				1			X	X	17.23	X	1.07	X	21.93	X	17.20	X	
2	0102PRR			1				1			X	X	18.40	X	0.87	X	24.23	X	18.60	X	
3	0103PRR			1				1			X	X	16.35	X	0.90	X	23.25	X	18.44	X	
4	0103PRC				1				1		X	X	22.68	X	1.01	X	20.38	X	14.77	X	
5	0104PRO			1					1		X	X	13.09	X	0.42	X	23.59	X	19.26	X	
6	0104PRR			1					1		X	X	8.56	X	0.80	X	22.42	X	19.47	X	
7	0104PRJ			1					1		X	X	21.17	X	0.99	X	23.95	X	17.83	X	
8	0105PRC				1				1		X	X	24.86	X	0.61	X	19.03	X	13.23	X	
9	0109PRC			1					1		X	X	19.52	X	0.71	X	24.61	X	18.70	X	
10	0109PRM				1				1		X	X	28.01	X	0.93	X	20.71	X	13.94	X	
11	0111PRJ				1				1		X	X	29.93	X	0.48	X	22.25	X	14.81	X	
12	0112PRR				1				1		X	X	19.96	X	0.76	X	23.87	X	18.03	X	
13	0112PRO		1						1		X	X	10.70	X	0.65	X	28.12	X	23.99	X	
14	0116PRC		1							1	X		13.25		1.16	X	26.74		22.16		
15	0117PRR		1						1		X		13.64		0.51	X	24.71		20.28		
16	0117PRM				1					1	X		28.75		0.80	X	21.05		13.85		
17	0117PRJ			1						1	X		22.23		0.78	X	23.90		17.46		
18	0120PRO			1					1		X		12.43		0.56	X	22.91		19.15		
19	0122PRJ			1						1	X		20.88		0.93	X	23.48		17.60		
20	0122PRR			1						1	X		20.88		1.40	X	21.35		15.93		
21	0124PRC			1						1	X		20.92		1.23	X	22.13		16.53		
22	0124PRR			1						1	X		18.65		1.37	X	20.85		15.81		
23	0125PRM				1				1		X		27.16		0.65	X	19.41		13.03		
24	0125PRJ			1						1	X		27.07		0.88	X	22.90		15.51		
25	0125PRO			1						1	X		16.97		0.81	X	23.12		18.18		
26	0214PRR			1						1	X		20.09		0.85	X	23.88		17.97		
27	0214PRC			1						1	X		15.55		0.91	X	22.39		17.93		
28	0215PRJ			1					1		X		20.54		0.47	X	23.64		17.74		
29	0216PRR			1						1	X		17.07		1.30	X	21.65		16.88		
30	0216PRM				1					1	X		29.46		0.95	X	21.06		13.60		
31	0217PRJ			1						1	X		27.47		0.53	X	22.32		15.02		
32	0220PRC			1						1	X		16.94		0.71	X	19.82		15.43		
33	0220PRR			1						1	X		19.32		0.72	X	20.87		15.75		
34	0221PRJ			1						1	X		28.70		1.07	X	25.01		16.66		
35	0223PRO			1						1	X		10.28		0.76	X	22.43		19.08		
36	0223PRM			1						1	X		25.98		0.88	X	23.57		16.33		
37	0226PRR			1						1	X		18.46		1.37	X	24.02		18.51		
38	0227PRR			1						1	X		19.23		0.56	X	23.41		17.69		
39	0227PRJ			1						1	X		25.41		0.72	X	22.88		15.88		
40	0227PRC		1							1	X		13.13		1.08	X	24.50		20.15		
41	0229PRO		1							1	X		14.77		1.24	X	24.54		20.05		
42	0229PRJ				1					1	X		29.10		0.94	X	21.63		14.22		
43	0229PRM			1						1	X		29.65		0.84	X	20.04		13.00		
44	0302PRR			1						1	X		15.98		0.63	X	24.00		19.03		
45	0302PRO		1							1	X		13.37		1.48	X	24.82		20.40		
46	0302PRJ			1						1	X		25.62		0.87	X	22.16		15.32		
47	0305PRR			1						1	X		17.13		1.06	X	23.15		17.90		
48	0305PRC			1						1	X		19.73		1.28	X	20.66		15.39		
49	0306PRC			1						1	X		22.38		1.80	X	21.38		15.32		
50	0307PRR			1						1	X		18.43		0.94	X	22.54		17.17		
51	0307PRM				1					1	X		24.48		0.70	X	19.56		13.79		
52	0311PRC		1							1	X		16.07		1.72	X	25.88		20.52		
53	0311PRO		1							1	X		5.77		0.81	X	26.92		24.18		
54	0311PRR			1						1	X		17.43		0.84	X	22.85		17.60		
55	0313PRJ				1					1	X		30.06		0.63	X	20.32		13.20		
56	0313PRM			1						1	X		20.36		0.76	X	21.06		15.79		
57	0314PRR			1						1	X		16.42		1.28	X	21.56		16.96		
58	0314PRC			1						1	X		20.68		1.37	X	21.45		15.90		
59	0316PRC			1						1	X		17.46		1.11	X	22.09		17.14		
60	0318PRC			1						1	X		18.65		1.02	X	21.44		16.32		
61	0318PRR			1							X		14.18		1.69	X	21.68		17.71		
62	0318PRM			1						1	X		21.97		0.74	X	23.03		17.01		
63	0319PRO		1							1	X		9.21		0.52	X	25.37		21.93		
64	0319PRJ			1						1	X		27.24		0.71	X	26.91		18.40		
65	0321PRC			1						1	X		23.97		1.05	X	22.96		16.15		
66	0321PRR			1						1	X		14.09		1.01	X	22.12		17.89		
67	0325PRC			1						1	X		19.86	X	0.90	X	21.62	X	16.22	X	
68	0325PRR			1						1	X		13.56	X	1.18	X	23.85	X	19.50	X	
69	0325PRJ				1					1	X		27.54	X	0.67	X	21.46	X	14.48	X	
70	0326PRM			1						1	X		22.46	X	0.71	X	23.15	X	16.86	X	

Additional explanation of the abbreviations used in table enlisted below:

* mixture of solid recovered fuels samples [6]

a) 0307PRM – codification of solid recovered fuels sample (01 – month of delivery, 07 – day of delivery, PRM – codification of solid recovered fuels producer)

5. Conclusions

On the basis of the conducted research of the selected quality parameters of the solid recovered fuels delivered to the chosen cement plant, the following conclusions can be given, namely:

- a) in the group of 70 samples of the delivered solid recovered fuels, the supplies which can be classified to the first class, in accordance with the recommendations of CEN (included in the standard EN 15359:2011) were not found;
- b) out of 70 samples of the solid recovered fuels delivered to the selected cement plants, only 10 achieved the result of the calorific value higher than 20 MJ/kg, including 5 described results which come from the fuel producer with the codification PRO;
- c) 58 supplies of the solid recovered fuels have the chlorine content less than 1%;
- d) 14 supplies of the solid recovered fuels contain moisture over 15%, including 8 described results which come from the fuel producer with the codification PRO;
- e) the considerable share of the biodegradable fraction was found in the mixtures of the solid recovered fuels samples and it amounted to over 50%.

In conclusion, it should be underlined that the selection of solid recovered fuels for the usage in co-incineration process in cement plants is regarded as a complex decision, which requires a systematic conduction of the quality control analysis of the solid recovered fuel samples – delivered to the chosen cement plant. Based on the performed research of selected quantitative parameters and also taking into consideration the comparison of achieved results with solid recovered fuel classes recommendations (described in EN 15359:2011), there is a possibility of the evaluation and selection of the solid recovered fuel producers, forming the fuels from waste which fulfil, in terms of quality control parameters, the expectations of cement plants located in Poland.

References

- [1] Biegańska J., Olek J., Brodowiak J., *The possibilities of the usage of plastic as sources of energy*, The collective work edited by Janusz W. Wandrasz, *Thermal utilization of waste. The thermal processes in waste management in nature-valuable regions*, Polish Association of Engineers and Sanitary Technicians Wielkopolska branch, Poznań 2004.
- [2] CEN, <http://www.cen.eu>.
- [3] Duda J., *Systems and technologies of waste thermal utilization*, page 165, in: *Fuel from waste 2009*, Department of Technologies and Installations for Waste Management Silesian University of Technology, Gliwice 2009, p. 201.
- [4] EN 15357:2011 Solid recovered fuels – Solid recovered fuels – Terminology, definitions and descriptions.
- [5] EN 15359:2011 Solid recovered fuels – specifications and classes.
- [6] Instruction No. 120313 SOP v 1.0, *Sampling of solid recovered fuels-reduction of quantity*, prepared for the cement plant by WESSLING company, 2012.
- [7] Kowalski Z., Banach M., Czarnecka W., *Thermal usage of waste flammable substances*, p. 61, in: *Fuel from waste 2009*, Department of Technologies and Installations for Waste Management Silesian University of Technology, Gliwice 2009, p. 95.
- [8] Lepucki M., Duda J., *Systems and technologies of waste thermal utilization*, page 165, in: *Fuel from waste 2009*, Institute of Technologies and Waste Treatment, Silesia Technical University, Gliwice 2009, p. 191.
- [9] PKN, <http://pkn.pl/>
- [10] Polish Cement Association (SPC) – informative leaflet about Polish cement industry, 2012.
- [11] Polish Cement Association (SPC), 2011.
- [12] Refuse derived fuel, current practice and perspectives – Final Report, European Commission – Directorate General Environment, 2003.
- [13] Wandrasz J.W., Wandrasz A.J., *Formed fuels. Biofuels and fuels from waste in thermal processes*, Edition: Seidel-Przywecki Sp. z o. o., Warsaw, 2006.
- [14] Wandrasz J. W. *Fuel from waste and its place in thermal processes*, p. 5, in: *Waste to Energy Environment*, Department of Technologies and Installations for Waste Management Silesian University of Technology, Gliwice, 2010, p. 5
- [15] Wasielewski R., Stelmach S.: *Solid recovered fuels. Part I – Classification and properties*, KARBO, 3, 2007, pp. 164–170.
- [16] Van Tubergen J., Glorius T., Waeyenbergh E.: *Classification of Solid Recovered Fuels*, ERFO, 2005.

The research is co-financed by the European Union from European Social Fund (ESF), Project „INVENTION – potential young scientists and knowledge transfer and innovation support to important areas of the economy Świętokrzyskie”, identification number: WND-POKL.08.02.01-26-020/11.

Grzegorz Spurek

Klasyfikacja stałych paliw wtórnych na potrzeby przemysłu cementowego w Polsce

1. Wprowadzenie

W różnych publikacjach wykazano bezsprzecznie, że znaczna część odpadów komunalnych może zostać wykorzystana jako paliwo [1, 3, 7, 8].

Przed wprowadzeniem Dyrektywy 2008/98/WE w sprawie odpadów ze względu na brak rozróżnienia pomiędzy definicją odpadu i produktu ubocznego, w wielu krajach członkowskich Unii Europejskiej dochodziło do różnych metod przetwarzania odpadów oraz nadawania nazw powstałym w ten sposób produktom, co niejednokrotnie powodowało nieporozumienia na tle terminologii prawnej w omawianym zakresie.

W krajach Europy Zachodniej, takich jak Niemcy oraz Włochy zaczęto wymiennie używać nazw dla paliw wyprodukowanych z odpadów, m.in. w Niemczech: SBS (Sekundärbrennstoffe), EBS (Ersatzbrennstoffe) lub BRAM (Brennstoff aus Müll), a we Włoszech – CDR (combustibili derivato di rifiuti) oraz CSS (combustibili solido secondario, w tym RDF (refuse derived fuels) w pozostałych krajach Unii Europejskiej [13]. W Polsce do dziś, można spotkać się z używaniem różnych sformułowań definiujących paliwa z odpadów, m.in. „paliwo alternatywne”, „paliwo zastępcze”, „paliwo formowane”, czy PAKOM (paliwo wytworzone na bazie odpadów komunalnych, strzeżone patentem) [13, 14].

W krajach Unii Europejskiej w ostatnim czasie podjęto działania mające na celu stworzenie jednolitego podejścia do spraw standaryzacji i jakości paliw z odpadów, stąd zaproponowano nazwę „solid recovered fuels” (SRF), co tłumacząc na język polski oznacza „stałe paliwa odzyskane”, lub zawarte w tytule niniejszej publikacji „stałe paliwa wtórne” [4, 15, 16]. Ostatnia z wymienionych nazw została również zatwierdzona przez Polski Komitet Normalizacyjny [9]. Przyjęte nazewnictwo wskazuje, iż mamy do czynienia z materiałem odpadowym, ale o ściśle określonych właściwościach fizykochemicznych, na wzór surowców wtórnych, takich jak makulatura, złom, szkło, tworzywa sztuczne – co leży u podnóża koncepcji wprowadzenia systemu klasyfikacji stałych paliw

wtórnych przez Europejski Komitet Normalizacyjny CEN. Biorąc pod uwagę powyższe informacje bazując jednocześnie na zapisach jednej z opublikowanych norm technicznych, tj. EN 15359:2011 należy podkreślić, iż stałe paliwa wtórne mogą zostać wytworzone wyłącznie z odpadów innych niż niebezpieczne i mogą zostać zastosowane tylko w instalacjach spełniających kryteria emisyjne ustalone dla tych instalacji i wymienionych w Dyrektywie 2000/76/EC dotyczącej spalania odpadów.

2. Klasyfikacja stałych paliw wtórnych

W ramach funkcjonującego systemu Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego (CEN) wyróżniamy szereg specyfikacji oraz norm technicznych określających m.in.: nazewnictwo, przyjęte reguły klasyfikacji, kryteria i rekomendacje związane z procesem produkcji stałych paliw wtórnych oraz metody poboru oraz przygotowania próbek do badań laboratoryjnych. Większość prac CEN związanych z publikacją wybranych specyfikacji oraz technicznych dotyczących stałych paliw wtórnych zostało ukończonych w 2006 r. W 2011 roku zakończono prace nad publikacją wybranych norm technicznych związanych z omawianym zagadnieniem Szczegółowy wykaz, na bieżąco uaktualnianych przez Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN) specyfikacji oraz norm technicznych zawarto na stronie internetowej www.cen.eu.

Aktualnie w wybranych krajach członkowskich Unii Europejskiej (od 2008 r. również w Polsce, trwają prace nad tłumaczeniem anglojęzycznych wersji opublikowanych przez CEN specyfikacji oraz norm technicznych, które w docelowym planie mają stanowić dokumenty referencyjne dotyczące stałych paliw wtórnych, obowiązujące w Unii Europejskiej [9]. Jedną z ważniejszych norm technicznych opisującą nowy system klasyfikacyjny stałych paliw wtórnych opracowany przez Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN) jest norma EN 15359:2011 „Solid recovered fuels – specifications and classes” [2]. Zgodnie z kryteriami przyjętymi w omawianej normie system klasyfikacji stałych paliw wtórnych

uzależniono od trzech kluczowych parametrów definiujących jakość partii stałych paliw wtórnych, takich jak: wartość opałowa, zawartość chloru oraz zawartość rtęci [5].

Wymienione wyżej parametry zostały wybrane jako swoiste „etykiety” partii stałych paliw wtórnych, mając na uwadze m.in. dalsze funkcje użytkowe uformowanego w ten sposób paliwa, tj. technologiczną, emisyjną (środowiskową) oraz ekonomiczną. Rekomendowany przez CEN sposób klasyfikacji stałych paliw wtórnych i wynikający z przyjętego sposobu szczegółowy obraz analizy fizykochemicznej partii stałych wtórnych umożliwia osobom zarządzającym dostawami tychże paliw po stronie przemysłu cementowego na jednoznaczne uzyskanie wiarygodnej informacji dotyczącej przydatności procesowej tego materiału, w tym co równie istotne gwarantuje poprawność wyboru stałego paliwa wtórnego o sprawdzonej jakości.

3. Przemysł cementowy w Polsce

Przemysł cementowy w Polsce stanowi 13 zakładów cementowych, wyposażonych w 18 pieców metody suchej (jeden piec w rezerwie) oraz 2 piece metody mokrej [10].

Przemysł cementowy w Polsce z powodzeniem od wielu lat stosuje proces współspalania stałych paliw wtórnych w procesie wypału klinkieru. Głównymi cechami stałych paliw wtórnych warunkującymi ich stosowanie w piecach do wypału klinkieru są: stan fizyczny, wartość opałowa, skład chemiczny (w tym zawartość Cl – poniżej 1%), wilgotność (zalecana poniżej 15%), jednorodność, zdolność do obróbki i transportu oraz uziarnienie i gęstość [11].

4. Prezentacja wyników badań wybranych parametrów jakościowych prób stałych paliw wtórnych

W tabeli 3 zawarto wyniki badań wybranych parametrów jakościowych pojedynczych prób i mieszanin prób stałych paliw wtórnych dostarczonych do wytypowanej cementowni. Badania zostały zrealizowane przez pracowników akredytowanego laboratorium kontroli jakości, według przedstawionego w tabeli 2 zakresu.

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań wybranych parametrów jakościowych partii stałych paliw wtórnych dostarczonych do wytypowanego zakładu cementowego wynikają następujące konkluzje:

- a) w grupie 70 partii stałych paliw wtórnych nie stwierdzono dostaw, które można by było zakla-

syfikować do pierwszej klasy, wg zaleceń CEN (zawartych w normie EN 15359:2011) w związku z uzyskaniem wyników wartości opałowej ≥ 25 MJ/kg oraz zawartości chloru $\leq 0,2\%$;

- b) z 70 partii stałych paliw wtórnych dostarczonych do cementowni tylko 10 prób osiągnęło wynik wartości opałowej ≥ 20 MJ/kg, z czego 5 z omawianych wyników można przypisać do producenta paliw o oznaczeniu PRO;
- c) 58 dostaw partii stałych paliw wtórnych charakteryzuje się zawartością chloru $\leq 1\%$;
- d) 14 dostaw partii stałych paliw wtórnych charakteryzuje się zawartością wilgotności powyżej 15%, z czego 8 z omawianych wyników można przypisać do producenta o oznaczeniu PRO;
- e) stwierdzono znaczny udział frakcji ulegającej biodegradacji w mieszaninach partii stałych paliw wtórnych, wynoszący ponad 50%.

Podsumowując, należy podkreślić, iż dobór stałych paliw wtórnych do wykorzystania w procesie wypału klinkieru jest decyzją bardzo złożoną, wymagającą systematycznego prowadzenia kontroli jakościowej dostarczonych do zakładu cementowego prób stałych paliw wtórnych. Na podstawie badań wybranych parametrów jakościowych oraz porównań otrzymanych wyników z wymaganiami klas rekomendowanymi przez CEN (w EN 15359:2011) w omawianym zakresie istnieje możliwość oceny i wyboru dostawców, produkujących paliwa o określonych cechach użytkowych według kart wymagań jakościowych funkcjonujących w zakładach cementowych w Polsce.

Praca współfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Projektu „INWENCJA - Potencjał młodych naukowców oraz transfer wiedzy i innowacji wsparciem dla kluczowych dziedzin świętokrzyskiej gospodarki” o numerze identyfikacyjnym WND-POKL.08.02.01-26-020/1.