
PRACE

**Instytutu Ceramiki
i Materiałów Budowlanych**

Scientific Works
of Institute of Ceramics
and Building Materials

Nr 26
(lipiec–wrzesień)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

Rok IX

Warszawa–Opole 2016

KATARZYNA KIPRIAN*
PRZEMYSŁAW ŁACH**
ALFRED NOLEPA***
GRZEGORZ SIEMIĄTKOWSKI****

Metody oznaczania reprezentatywnego składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych

Słowa kluczowe: opady komunalne, skład morfologiczny odpadów.

Skład odpadów komunalnych zależy od wielu czynników, z których najważniejsze to miejsce powstania oraz standard życia. Celem pracy było przeprowadzenie badań i porównanie dwóch metod oznaczania składu morfologicznego odpadów komunalnych stałych oraz określenie jak wielkość próbki badanego materiału wpływa na dokładność uzyskanych wyników.

Badania wykonywane były na podstawie dwóch zalecanych w Polsce metod. Pierwsza to PN-93/Z-15006 – Oznaczenie składu morfologicznego stałych odpadów komunalnych. Druga to metoda opisana w opracowaniu A. Jędrzaka i R. Szpada, „Określenie metodyki badań składu sitowego, morfologicznego i chemicznego odpadów komunalnych”.

Z przeprowadzonych badań składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych wynika, że bardziej wiarygodne wyniki uzyskano dla próbki o masie ok. 100 kg.

1. Wstęp

Odpadami komunalnymi, zgodnie z Ustawą o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r., nazywane są takie odpady, które powstają w gospodarstwach domowych, z wyłączeniem pojazdów wycofanych z eksploatacji, a także odpady niezawierające

* Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, k.kiprian@icimb.pl

** Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, p.lach@icimb.pl

*** Inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, a.nolepa@icimb.pl

**** Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, g.siemiatkowski@icimb.pl

odpadów niebezpiecznych, pochodzące od innych wytwórców odpadów, które ze względu na swój charakter lub skład są podobne do odpadów powstających w gospodarstwach domowych [1].

Odpady powstają wszędzie tam, gdzie prowadzona jest przez człowieka jakakolwiek działalność. W katalogu odpadów przedstawiony jest podział tych odpadów w zależności od źródła ich powstawania. Według katalogu, odpady komunalne stanowią grupę 20. Dodatkowo odpady opakowaniowe, będące odpadami komunalnymi, jeśli są zbierane selektywnie lub występują jako zmieszane odpady opakowaniowe, klasyfikowane są w podgrupie 15 01 [2].

Cechą charakterystyczną odpadów komunalnych jest ich bardzo niejednorodny skład. Ilość wytworzonych odpadów powstających w gospodarstwach domowych zależy od wielu czynników. Do najważniejszych zaliczyć można: standard prowadzonego życia, miejsce ich wytworzenia, tj. zabudowa mieszkaniowa wysoka lub jednorodzinna oraz liczba ludności. Rodzaj, a przede wszystkim skład wytwarzanych odpadów jest uzależniony przede wszystkim od gęstości zaludnienia, rodzaju zabudowy, nasycenia terenu obiektami użyteczności publicznej, czy też obiektami usługowymi [3–4].

Mimo przeprowadzenia licznych badań w kraju i za granicą, nie udało się opracować wystarczających podstaw teoretycznych, aby jednoznacznie określić właściwości odpadów komunalnych. Każdorazowo należy więc wykonywać serie badań.

Analiza morfologiczna, czyli określenie składu grupowego odpadów uważana jest za najważniejsze źródło informacji o odpadach komunalnych. Ma ona na celu wyodrębnienie ilościowe i jakościowe różnych grup odpadów, takich jak biodegradowalne, tworzywa sztuczne, papier, szkło, drewno, metale itp. Informacje pozyskane z badań składu morfologicznego odpadów są podstawą do optymalizacji systemu gospodarki odpadami i mają zasadniczy wpływ na wybór właściwego systemu przetwarzania odpadów [5, 7–8].

Pomimo rosnącego zapotrzebowania na badania odpadów komunalnych zarówno na poziomie lokalnym, krajowym, jak i międzynarodowym, w dalszym ciągu nie została opracowana oficjalna i uniwersalna metodyka badań odpadów, która obowiązywałaby na terenie Unii Europejskiej. Brak oficjalnej metody uniemożliwia bezpośrednio porównania charakterystyk odpadów w poszczególnych państwach, czy też pomiędzy nimi. W celu przeprowadzenia badań jakościowych i ilościowych odpadów w danych krajach zostały opracowane różne metodyki, jednak stosowanie ich w konkretnym państwie nie zawsze ma charakter obligatoryjny. Z reguły opracowane metodyki dotyczyły najczęściej badania zmieszanych odpadów domowych, czyli powstających regularnie, zbieranych w pojemnikach oraz odbieranych przez specjalistyczne samochody. W niektórych krajach (m.in. w Niemczech i we Francji) opracowane zostały odrębne metodyki

do badania ilości i składu odpadów surowcowych zbieranych selektywnie, odpadów wielkogabarytowych i innych odbieranych nieregularnie, tj. po wypełnieniu pojemnika, czy też w ramach okresowych akcji [6].

2. Metody oznaczania składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych

W Polsce metodą normową stosowaną do oznaczania składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych odpadów jest Polska Norma PN-93/Z-15006 – Oznaczenie składu morfologicznego stałych odpadów komunalnych. Została ona wycofana we wrześniu 2015 r. bez zastąpienia, jednakże nadal może być stosowana. Stosowanie norm nie jest obligatoryjne w badaniach. Jeżeli zakres badań przewidzianych normą nie jest adekwatny do oczekiwanych informacji, można zastosować inną metodykę, która da odpowiedzi umożliwiające ich wykorzystanie do celów praktycznych,

Zakres badań proponowanych w powyższej normie nie daje informacji na temat istotnych zagadnień w aktualnej gospodarce odpadami. Stąd też na zlecenie Ministerstwa Środowiska powstała publikacja A. Jędrzaka i R. Szpadta – „Określenie metodyki badań składu sitowego, morfologicznego i chemicznego odpadów komunalnych”, zawierająca między innymi propozycję metody oznaczania morfologii odpadów komunalnych odpowiadającą aktualnemu stanowi wiedzy w tym zakresie.

Zgodnie z normą PN-93/Z-15006 – Oznaczenie składu morfologicznego stałych odpadów komunalnych należy pobrać próbkę do badań o masie 5 kg. Tak przygotowaną próbkę trzeba przesiać przez sito o wielkości oczek 10 mm. Pozostałą na sicie frakcję o wielkości cząstek powyżej lub równą 10 mm należy ręcznie posortować na następujące składniki:

- odpady spożywcze pochodzenia roślinnego,
- odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego,
- odpady papieru i tektury,
- odpady tworzyw sztucznych,
- odpady materiałów tekstylnych,
- odpady szkła,
- odpady metali,
- odpady organiczne pozostałe,
- odpady mineralne pozostałe.

Natomiast zgodnie z metodyką zaproponowaną w publikacji A. Jędrzaka i R. Szpadta, do badań winno się pobrać próbkę o masie ok. 100 kg, którą

należy przesiać przez sito o wielkości oczek 10 mm. Pozostałą na sicie frakcję o wielkości cząstek powyżej lub równą 10 mm należy ręcznie posortować na następujące składniki:

- odpady organiczne (biodegradowalne),
- drewno,
- papier i tektura,
- tworzywa sztuczne,
- szkło,
- tekstylia,
- metale,
- odpady niebezpieczne,
- kompozyty (wielomateriałowe),
- inertne (obojętne),
- inne kategorie.

3. Badania składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych

Przedmiotem prowadzonych badań było porównanie dwóch najczęściej przytaczanych metod oznaczania składu morfologicznego odpadów komunalnych stałych i określenie istotności wpływu wielkości próbki badanego materiału na dokładność uzyskanych wyników.

Aby możliwe było porównanie wyników otrzymanych podczas analizy próbek dwoma różnymi metodami, konieczne było ujednoczenie frakcji. Aktualnie, stosowanie norm nie jest obligatoryjne, ponieważ nie spełniają one już współczesnych wymagań [6]. Mimo to stanowią jedyny akt prawny mówiący o metodach i wytycznych do prowadzenia badań, dlatego też zdecydowano, że podział na frakcje zgodny będzie z zapisami normy PN-93/Z-15006 – Oznaczenie składu morfologicznego stałych odpadów komunalnych.

Przygotowano referencyjną partię zmieszanych odpadów komunalnych o masie ok. 500 kg, która służyła jako baza do pobierania próbek odpadów i ich badania pod kątem morfologii według uprzednio wymienionych metodyk. W przygotowanej referencyjnej partii odpadów nie znajdowały się odpady o dużych wymiarach gabarytowych, takie jak duże gabarytowo fragmenty wyposażenia gospodarstw domowych. Partia ta została stworzona z 10 frakcji o różnych masach. Masy poszczególnych frakcji tworzących reprezentatywną partię przedstawiono w tabeli 1.

T a b e l a 1

Skład morfologiczny utworzonej referencyjnej partii odpadów komunalnych

Symbol frakcji lub składnika	Nazwa składnika lub frakcji	Masa [kg]	Udział [%]
1	odpady frakcji o wielkości cząstek poniżej 10 mm	100,8	20,16
2	odpady spożywcze pochodzenia roślinnego	49,6	9,92
3	odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego	10,1	2,02
4	odpady papieru i tektury	81,6	16,32
5	odpady tworzyw sztucznych	31,3	6,26
6	odpady materiałów tekstylnych	48,4	9,68
7	odpady szkła	71,4	14,28
8	odpady metali	30,5	6,10
9	odpady organiczne pozostałe	21,0	4,20
10	odpady mineralne pozostałe	55,3	11,06
Razem		500,0	100,00

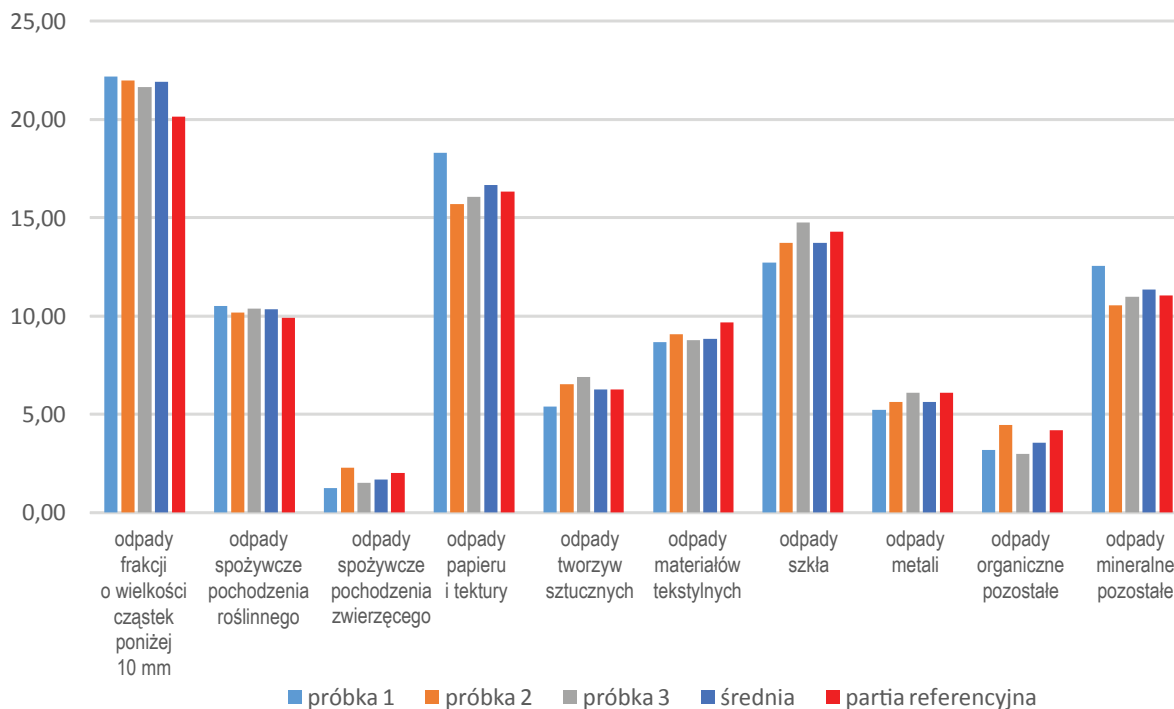
Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Z referencyjnej partii odpadów pobrano po 3 próbki o masie ok. 100 kg i ok. 5 kg. Każda pobrana próbka została przesiana przez sito o wielkości oczek 10 mm. Następnie frakcja nadsitowa każdej próbki poddana została sortowaniu ręcznemu.

3.1. Wyniki badań

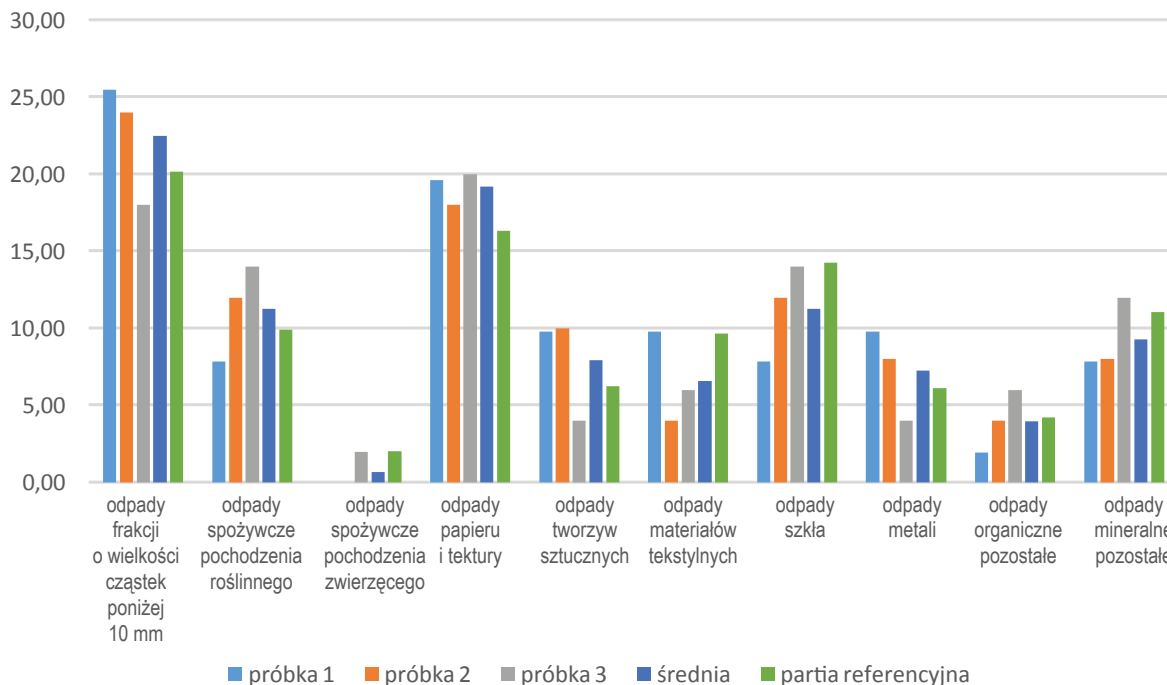
Wyniki z przeprowadzonych badań przedstawione zostały w tabelach 2 i 3. W tabelach tych przedstawione zostały średnie wyniki analiz 3 próbek odpadów wraz z oceną statystyczną, podając:

- rozstęp – różnica pomiędzy wartością maksymalną i minimalną cechy; jest on miarą charakteryzującą empiryczny obszar zmienności badanej cechy;
- średnią arytmetyczną;
- odchylenie standardowe;
- współczynnik zmienności – iloraz bezwzględnej miary zmienności cechy i średniej wartości tej cechy; jest wielkością niemianowaną, podawaną w procentach.



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1. Porównanie średniego składu morfologicznego odpadów dla próbek o masie ok. 100 kg ze składem morfologicznym partii referencyjnej odpadów [%]



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 2. Porównanie średniego składu morfologicznego odpadów dla próbek o masie ok. 5 kg ze składem morfologicznym partii referencyjnej odpadów [%]

Tabela 2

Skład morfologiczny odpadów dla próbek o masie 100 kg

Symbol frakcji lub składnika	Nazwa składnika lub frakcji	Próbka 1		Próbka 2		Próbka 3		Wartość średnia [%]	Odchylenie standardowe [%]	Rozstęp [%]	Współczynnik zmienności [%]
		masa [kg]	udział [%]	masa [kg]	udział [%]	masa [kg]	udział [%]				
1	odpady frakcji o wielkości cząstek poniżej 10 mm	23,0	22,18	22,3	21,99	21,7	21,64	21,94	0,3	0,54	1,25
2	odpady spożywcze pochodzenia roślinnego	10,9	10,51	10,3	10,16	10,4	10,37	10,35	0,2	0,35	1,70
3	odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego	1,3	1,25	2,3	2,27	1,5	1,50	1,67	0,5	1,02	31,77
4	odpady papieru i tektury	19,0	18,32	15,9	15,68	16,1	16,05	16,68	1,4	2,64	8,57
5	odpady tworzyw sztucznych	5,6	5,40	6,6	6,51	6,9	6,88	6,26	0,8	1,48	12,30
6	odpady materiałów tekstylnych	9,0	8,68	9,2	9,07	8,8	8,77	8,84	0,2	0,39	2,31
7	odpady szkła	13,2	12,73	13,9	13,71	14,8	14,76	13,73	1,0	2,03	7,39
8	odpady metali	5,4	5,21	5,7	5,62	6,1	6,08	5,64	0,4	0,87	7,72
9	odpady organiczne pozostałe	3,3	3,18	4,5	4,44	3,0	2,99	3,54	0,8	1,45	22,28
10	odpady mineralne pozostałe	13,0	12,54	10,7	10,55	11,0	10,97	11,35	1,0	1,99	9,24
Razem		103,7	100,00	101,4	100,00	100,3	100,00				

Źródło: Opracowanie własne.

Skład morfologiczny odpadów dla próbek o masie 5 kg

Symbol frakcji lub składnika	Nazwa składnika lub frakcji	Próbka 1		Próbka 2		Próbka 3		Wartość średnia [%]	Odchylenie standardowe [%]	Rozstęp [%]	Współczynnik zmienności [%]
		masa [kg]	udział [%]	masa [kg]	udział [%]	masa [kg]	udział [%]				
1	odpady frakcji o wielkości cząstek poniżej 10 mm	1,3	25,49	1,2	24,00	0,9	18,00	22,50	3,96	7,49	17,62
2	odpady spożywcze pochodzenia roślinnego	0,4	7,84	0,6	12,00	0,7	14,00	11,28	3,14	6,16	27,86
3	odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego	0,0	0,00	0,0	0,00	0,1	2,00	0,67	1,15	2,00	173,21
4	odpady papieru i tektury	1,0	19,61	0,9	18,00	1,0	20,00	19,20	1,06	2,00	5,52
5	odpady tworzyw sztucznych	0,5	9,80	0,5	10,00	0,2	4,00	7,93	3,41	6,00	42,96
6	odpady materiałów tekstylnych	0,5	9,80	0,2	4,00	0,3	6,00	6,60	2,95	5,80	44,64
7	odpady szkła	0,4	7,84	0,6	12,00	0,7	14,00	11,28	3,14	6,16	27,86
8	odpady metali	0,5	9,80	0,4	8,00	0,2	4,00	7,27	2,97	5,80	40,85
9	odpady organiczne pozostałe	0,1	1,96	0,2	4,00	0,3	6,00	3,99	2,02	4,04	50,67
10	odpady mineralne pozostałe	0,4	7,84	0,4	8,00	0,6	12,00	9,28	2,36	4,16	25,40
Razem		5,1	100,00	5,0	100,00	5,0	100,00				

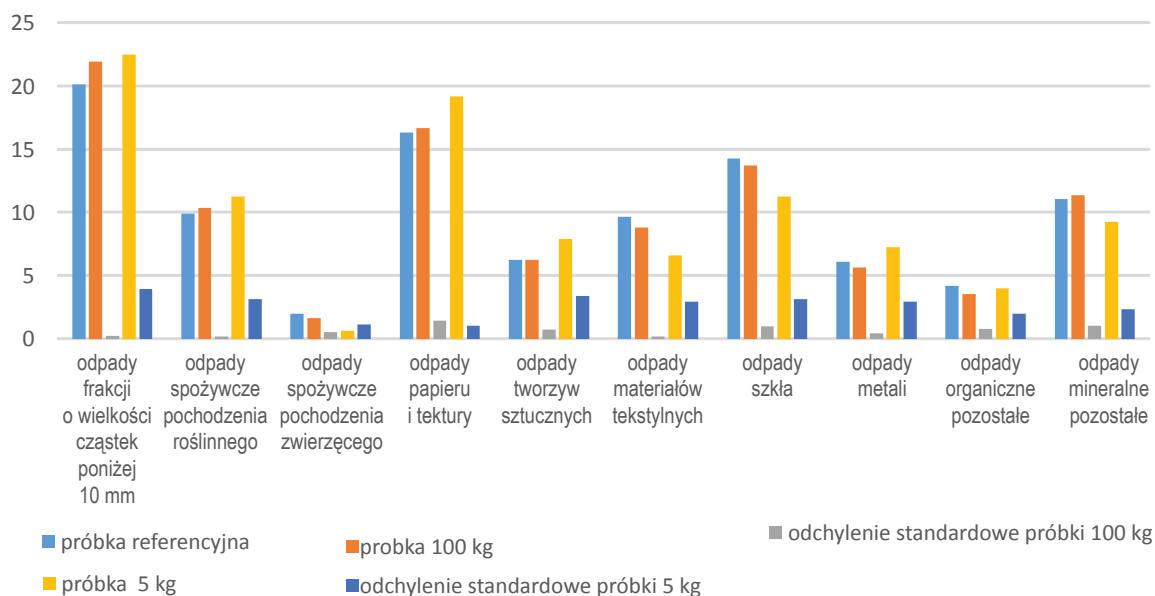
Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 4

Porównanie udziału procentowego referencyjnej partii odpadów z wartościami średnimi udziału procentowego dla próbek o masie 100 kg oraz 5 kg wraz z odchyleniami standardowymi

Frakcja	Skład partii referencyjnej odpadów [%]	Próbka 100 kg [%]	Odchylenie standardowe dla próbki 100 kg [%]	Próbka 5 kg [%]	Odchylenie standardowe dla próbki 5 kg [%]
Odpady frakcji o wielkości cząstek poniżej 10 mm	20,16	21,94	0,27	22,50	3,96
Odpady spożywcze pochodzenia roślinnego	9,92	10,35	0,18	11,28	3,14
Odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego	2,02	1,67	0,53	0,67	1,15
Odpady papieru i tektury	16,32	16,68	1,43	19,2	1,06
Odpady tworzyw sztucznych	6,26	6,26	0,77	7,93	3,41
Odpady materiałów tekstylnych	9,68	8,84	0,20	6,60	2,95
Odpady szkła	14,28	13,73	1,02	11,28	3,14
Odpady metali	6,10	5,64	0,44	7,27	2,97
Odpady organiczne pozostałe	4,20	3,54	0,79	3,99	2,02
Odpady mineralne pozostałe	11,06	11,35	1,05	9,28	2,36

Źródło: Opracowanie własne.



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 3. Porównanie średniego składu morfologicznego odpadów dla próbek o masie ok. 100 kg i 5 kg ze składem morfologicznym referencyjnej partii odpadów z uwzględnieniem średniego odchylenia standardowego [%]

Analizując powyższe wyniki, można stwierdzić, że dla próbek o masie 100 kg są one bardziej zbliżone do wartości właściwych dla partii referencyjnej odpadów, aniżeli dla próbki o masie 5 kg. Również średnie odchylenie standardowe jest

bardziej zróżnicowane dla poszczególnych próbek w przypadku badania próbek o masie 5 kg, aniżeli w próbkach o masie 100 kg, co świadczy o ich większej niejednorodności.

Dane tabeli 4 świadczą o tym, że przeprowadzone badania składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych na próbkach o masie ok. 100 kg dają wyniki bardziej zbliżone do wyników próbki referencyjnej. Należy jednak również zauważyć, że czas potrzebny na wykonanie oznaczenia składu morfologicznego poprzez ręczne sortowanie jest zdecydowanie dłuższy dla próbki o masie 100 kg.

W przypadku oznaczeń składu morfologicznego, istotny jest cel, w jakim dane oznaczenie się wykonuje. Jeżeli oznaczenie ma na celu orientacyjne rozpoznanie jakościowego składu odpadów, można zastosować metodę normową jako dającą znacząco szybszą odpowiedź. Natomiast dla wyboru technologii mającej na celu przetwarzanie i odzysk odpadów, należy wykonać badanie próbek o masie ok. 100 kg*.

4. Wnioski

Na podstawie przeglądu literaturowego wytypowano dwie metody oznaczania składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych. Metody te różniły się wielkością pobieranej próby oraz ilością frakcji. Aby możliwe było porównanie wyników otrzymanych podczas analizy próbek dwoma różnymi metodami, konieczne było ujednoczenie frakcji. Ponieważ normy stanowią jedyny akt prawny mówiący o metodach i wytycznych do prowadzenia badań zdecydowano, że podział na frakcje zgodny będzie z zapisami normy PN-93/Z-15006 – Oznaczenie składu morfologicznego stałych odpadów komunalnych. Obie próbki (5 kg oraz 100 kg) pobrane zostały z tej samej referencyjnej partii odpadów, która została przygotowana przez zmieszanie znanych ilości poszczególnych frakcji odpadów komunalnych o sumarycznej masie ok. 500 kg. Pobrane próbki przesiane zostały przez sito o wielkości oczek 10 mm, a następnie ręcznie posortowane. W większości przypadków, poza frakcją odpady papieru i tektury, odchylenie standardowe, rozstęp oraz współczynnik zmienności były mniejsze dla próbki o masie 100 kg.

Analizując wyniki badań składu morfologicznego odpadów próbki o masie 5 kg, zauważyć można, że w 2 powtórzeniach frakcja odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego wynosiła 0 kg. Powodem tego może być zbyt mała masa próbki pobrana do badań. W przypadku próbki o masie 100 kg sytuacja taka nie miała miejsca.

Z przeprowadzonych badań składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych wynika jednoznacznie, że próbki o masie ok. 100 kg dają wyniki bardziej zbliżone do składu referencyjnej partii odpadów komunalnych.

* Praca została sfinansowana ze środków na działalność statutową Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych.

Literatura

- [1] Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r., Dz.U. z 2013 r. poz. 21.
- [2] Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. w sprawie katalogu odpadów, Dz.U. z 2001 r. nr 112, poz. 1206.
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 września 2012 r. w sprawie mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych, Dz.U. z 2012 r. poz. 1052.
- [4] Uchwała nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r. w sprawie „Krajowego planu gospodarki odpadami 2014”, M.P. z 2010 r. nr 101, poz. 1183.
- [5] „Wytyczne dotyczące wymagań dla procesów kompostowania, fermentacji i mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (według stanu prawnego na dzień 15 grudnia 2008 r.) wydane przez Departament Gospodarki Odpadami Ministerstwa Środowiska, http://www.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/odpady/Wytyczne_dotyczce_wymagan_dla_procesow_kompostowania_fermentacji_i_przetwarzania.pdf (6.11.2016).
- [6] Malinowski M., Woźniak A., *Wybrane metody oznaczania składu morfologicznego odpadów komunalnych w Polsce i wybranych krajach UE*, „Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich” 2010, nr 13, s. 29–39.
- [7] Rosik-Dulewska C., *Podstawy gospodarki odpadami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
- [8] Tyrała K., *Przeprowadzenie badań morfologii – struktury odpadów komunalnych w m. Bydgoszczy wraz z ich kalorycznością*, R.O.T. RECYCLING ODPADY TECHNOLOGIE S.C., Gliwice 2009.

KATARZYNA KIPRIAN
 PRZEMYSŁAW ŁACH
 ALFRED NOLEPA
 GRZEGORZ SIEMIĄTKOWSKI

THE METHODS OF DETERMINATION OF REPRESENTATIVE
 MUNICIPAL SOLID WASTE MORPHOLOGICAL COMPOSITION

Keywords: municipal waste, waste morphological composition.

The morphological composition of municipal waste depends on many factors, which the most important are generation place and life standard. The aim of the study was to conduct test and comparison of two methods for determining the morphological composition of municipal solid waste and show whether the quantity of tested material has a significant influence on the accuracy of the results.

The test were made by using two methods preferred in Poland. The first is PN-93/Z-15006: „Determination of municipal solid waste (MSW) morphological composition”. The second is a method described by Jędrzak and Szpadt in paper: „Description of methodology of sieve analysis, morphological and chemical composition of municipal solid waste”.

The outcome of conducted tests of MSW morphological composition show that most reliable results were obtained by using a 100 kg sample.