



## **ANALIZA ZANIECZYSZCZEŃ W SELEKTYWNE GROMADZONYCH ODPADACH TWORZYW SZTUCZNYCH – STUDIUM PRZYPADKU**

*Mateusz Malinowski, Karolina Grzelec, Marcin Gutwin*  
*Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

### **ANALYSIS OF IMPURITIES IN SELECTIVELY COLLECTED PLASTIC WASTE – CASE STUDY**

#### *Streszczenie*

Podstawowym elementem dobrze zorganizowanego systemu gospodarowania odpadami komunalnymi jest selektywne gromadzenie odpadów. Prawidłowe segregowanie odpadów „u źródła”, (w gospodarstwie domowym), ułatwia dalsze postępowanie z odpadami, a w szczególności przekazywanie ich do procesów ponownego użycia oraz recyklingu. W 2020r. minimum 50% masy odpadów komunalnych, takich jak papier, metal, plastik i szkło, powinno zostać przygotowane do ponownego wykorzystania lub poddane recyklingowi. Odpady te pozyskiwane są z gospodarstw domowych, urzędów, biur i placówek usługowych, właśnie w wyniku zbierania ich w sposób selektywny.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników rocznej analizy struktury odpadów zbieranych selektywnie do żółtego worka na tworzywa sztuczne, ze szczególnym uwzględnieniem udziału zanieczyszczeń, a więc tych odpadów, które w tym worku nie powinny być gromadzone. Badania wykonano w firmie MIKI Recykling Sp. z o.o. w okresie od listopada 2016 do października 2017r. Analizowane odpady zostały zebrane z obszarów wiejskich (trzy gminy wiejskie).

W wyniku przeprowadzonych analiz, stwierdzono, że udział zanieczyszczeń w strumieniu selektywnie zbieranych tworzyw sztucznych wynosi średnio 26,8%. Najczęściej występującymi zanieczyszczeniami były: tektura, „inne tworzywa sztuczne”, szkło i metal. Około 30% z tych zanieczyszczeń może być poddane procesom recyklingu lub odzysku, natomiast pozostały strumień należy przekazać do unieszkodliwienia. Tworzywa sztuczne nadające się do recyklingu stanowiły 73,2±9,4%. Wynik ten był nieznacznie wyższy od uzyskanego przez firmę udziału tworzyw sztucznych przekazanych do recyklingu (w tym samym okresie) oraz wyższy od średniej krajowej podawanej przez Główny Urząd Statystyczny.

**Słowa kluczowe:** odpady komunalne, selektywnie zbieranie odpadów, tworzywa sztuczne

### ***Abstract***

*The basic element of a well-organized municipal waste management system is selective waste collection. Separation of waste „at source” (eg in a household) facilitates further handling of waste, in particular transferring it to recycling and recovery. By 2020, a minimum of 50% of the municipal waste, such as paper, metal, plastic and glass, should be recycled or re-used. These wastes are collected selectively in households, offices, offices and service outlets.*

*The aim of the article is to present the results of the analysis conducted during one year of the structure of selectively collected waste in the yellow bag dedicated for plastic waste, with particular emphasis on the share of impurities, that is all those types of waste that should not be thrown into this yellow bag. The research was carried out at MIKI Recykling Ent. from November 2016 to October 2017. Waste came from 3 rural communes.*

*Analysis of the results of the conducted tests showed that the share of impurities in the stream of selectively collected plastics is on average 26.8%, while the most common impurities are: cardboard, “other plastics materials” and glass. About 30% of these impurities can be directed to recycling or recovery processes, while the remaining stream should be disposed. Plastics suitable for recycling accounted for 73.2±9.4%. This result was slightly higher than the share of plastics transferred for recycling obtained by the company and higher than the national average reported by the Central Statistical Office.*

**Keywords:** municipal solid waste, selectively collected waste, plastics

## WSTĘP

W 2016r. w Polsce zebrano łącznie 11 654,3 tys. Mg odpadów komunalnych, co w przeliczeniu na jednego mieszkańca stanowiło 303kg odpadów (o 7,3% więcej niż w 2015r.). W 2016r. udział odpadów zbieranych selektywnie w całkowitej masie odebranych odpadów komunalnych wynosił 25,2% (GUS 2017a). Jeden mieszkaniec kraju w ciągu roku generował średnio 77kg odpadów zbieranych selektywnie (ponad 20kg więcej niż w 2015r.), z czego 7,9kg stanowiły tworzywa sztuczne, a 11,6kg odpady szklane (GUS 2017a).

Jednymi z najcenniejszych surowców wtórnych wydzielanych z odpadów w procesach odzysku (np. sortownia) są tworzywa sztuczne. Wynika to z ich powszechności i nieskomplikowanego procesu recyklingu materiałowego (mechanicznego). Ciężar plastiku, łatwość w nadawaniu dowolnego kształtu i ich wytrzymałość, sprawiły, że tworzywa sztuczne zrewolucjonizowały każdą dziedzinę życia (Alankiewicz 2010). Ponad 50% rocznej produkcji tworzyw sztucznych stanowią opakowania, które często z racji jednorazowego wykorzystania szybko stają się odpadem (Budzyńska-Józwiak i in. 2008). Odpady z tworzyw sztucznych stanowią pod względem objętości największy udział w strumieniu selektywnej zbiórki. Sortownie, w których są one wstępnie przetwarzane, tj. przygotowywane do recyklingu, wskazują na duży udział zanieczyszczeń w poszczególnych frakcjach odpadów gromadzonych selektywnie (Pawul, Sobczyk 2011; Larsen i in. 2010). Zanieczyszczenia te utrudniają procesy przetwarzania i obniżają wartości osiągniętych poziomów recyklingu i przekazania odpadów do ponownego wykorzystania (Gallardo i in. 2012; Malinowski 2013).

Według GUS (2017a) co roku notowana jest wyższa efektywność selektywnego gromadzenia odpadów (stosunek masy odpadów zebranych selektywnie do masy wszystkich zebranych odpadów). Jednakże nadal nie spełnione są zapisy zawarte między innymi w dyrektywach Unii Europejskiej (UE) oraz Krajowym Planie Gospodarki Odpadami (KPGO 2016), dotyczące konieczności uzyskania 50% poziomu recyklingu odpadów papieru, szkła, metali i tworzyw sztucznych w 2020r. (w skali kraju). Istnieje kilka przyczyn tej sytuacji:

1. W wielu krajach UE od lat 90-tych XX wieku bardzo dynamicznie był rozwijany system selektywnej zbiórki odpadów (Dahlen, Lagerkvist 2010; Rada i in. 2018), natomiast w Polsce proces ten postępował wolno i był nieefektywny, aż do 2013 roku (w 2010r. udział selektywnie zbieranych odpadów wynosił 8,5% (GUS 2011), natomiast w 2012r. było to 10% (GUS, 2013)). Potrzeba więc długiego okresu czasu, aby wypracować odpowiednie standardy i modele gospodarowania odpadami, które zachęcą mieszkańców do segregowania odpadów w gospodarstwach domowych i miejscach pracy, co bezpośrednio przełoży się na wyższe poziomy odpadów przekazywanych do recyklingu i ponownego użycia.

2. Prowadzenie selektywnego gromadzenia odpadów w gospodarstwie domowym jeszcze przez wiele lat nie będzie w Polsce obowiązkowe i decyzję o segregowaniu odpadów „u źródła” podejmować będzie właściciel nieruchomości. Kwestię selektywnego gromadzenia odpadów reguluje Rozporządzenie w sprawie szczegółowego sposobu selektywnego zbierania wybranych frakcji odpadów z dnia 29 grudnia 2016r. (Dz. U. 2016 poz. 1920). Rozporządzenie weszło w życie z dniem 1 lipca 2017r. i będzie sukcesywnie wdrażane w polskich gminach do 2021r. W Rozporządzeniu określono szczegółowy sposób selektywnego zbierania wybranych frakcji odpadów (rodzaje frakcji, kolory worków i pojemników, itp.). Dotychczas gminy samodzielnie podejmowały decyzję o sposobie gromadzenia odpadów w sposób selektywny (Dz. U. z 2012 r. poz. 391 z późn. zm.). Ujednolicony system dla obszaru całego kraju, może spowodować ułatwienie w zakresie gromadzenia odpadów w sposób selektywny i w następstwie tego wzrost udziału segregacji.
3. Na masę i skład odpadów, a także efektywność selektywnego gromadzenia odpadów wpływają czynniki o charakterze społeczno-ekonomicznym, takie jak: standard życia społeczeństwa oraz wielkość i skala konsumpcji. Skład wytworzonych odpadów w dużej mierze zależy od rodzaju zabudowy, gęstości zaludnienia, zamożności mieszkańców (Lipińska 2016), ilości obiektów użytku publicznego (urzędy, szkoły), placówek handlowych, przemysłowych i usługowych (Bień, Bień 2010) oraz ruchu turystycznego (Rada i in. 2014).
4. Błędy popełniane przy segregacji odpadów, a także przyzwyczajenia społeczeństwa do systemu, w którym nie zbierano odpadów w podziale na frakcje, wpływają na duży udział zanieczyszczeń w selektywnie gromadzonych odpadach (Dahlen i in. 2007; Kipperberg 2006; Stejskał 2010; Rada i in. 2014; Stejskał i Mašiček 2016). Pawul i Sobczyk (2011), stwierdzają, że w krajach, w których edukacja ekologiczna jest prowadzona w sposób systematyczny, recyklingowi poddawanych jest ponad 60% odpadów.

Przedstawiony w artykule problem badawczy dotyczy odpowiedzi na pytania o rzeczywisty udział zanieczyszczeń w strumieniu selektywnie gromadzonych tworzyw sztucznych i ich miesięczne zróżnicowanie, o morfologię tych zanieczyszczeń (np. udział odpadów niebezpiecznych), ze szczególnym uwzględnieniem możliwości przekazania ich do recyklingu. Głównym celem pracy była analiza masy i struktury morfologicznej odpadów pochodzących z obszarów wiejskich, gromadzonych w gospodarstwach domowych do worka koloru żółtego przeznaczonego tylko i wyłącznie na tworzywa sztuczne. Najważniejszym aspektem pracy było określenie odsetka zanieczyszczeń w tych odpadach (poddawanych wstępnemu sortowaniu przed przekazaniem ich do za-

kładów recyklingu). Wyniki prac terenowych (miedzy innymi udział tworzyw o wartości handlowej) porównano z miesięcznymi udziałami tworzyw wysortowanych z selektywnej zbiórki w przedsiębiorstwie MIKI Recykling Sp. z o.o.

## **MATERIAŁ I METODA**

Badania terenowe zostały przeprowadzone w firmie MIKI Recykling Sp. z o.o., która zajmuje się przetwarzaniem odpadów komunalnych, doczyszczaniem selektywnie zbieranych odpadów oraz produkcją paliwa alternatywnego. Badania były prowadzone w comiesięcznych cyklach od listopada 2016r. do października 2017r. Analizowane próbki odpadów (odpady w żółtych workach na tworzywa sztuczne) pochodziły z gmin wiejskich: Zabierzów, Mogilany i Liszki. Objętość worka wynosiła 240 dm<sup>3</sup>. W każdym miesiącu badania były przeprowadzane kilkakrotnie (za każdym razem pobierano 6 reprezentatywnych worków do analizy). Worki z odpadami pobranymi do analiz ważono i rozrywano (rys. 1), a następnie odpady rozdzielano na następujące frakcje:

1. Nadające się do przekazania do recyklingu tj. folia biała, folia kolorowa, PET biały, PET niebieski, PET zielony, opakowania po chemii gospodarczej i opakowania wielomateriałowe.
2. Zanieczyszczenia – odpady niebędące tworzywami sztucznymi lub nie nadające się do przekazania do recyklingu tj. „inne tworzywa sztuczne (np. PCW – polichlorek winylu, PCB – polichlorowane bifenyly)”, szkło, papier, metale żelazne i nieżelazne, tekstylia, bioodpady (pochodzenia zwierzęcego i roślinnego), gruz i inne odpady budowlane i poremontowe, ceramika, drewno i odpady niebezpieczne (światłówki, opakowania po lekach lub zanieczyszczone farbami i lakierami, strzykawki).

Podziału na poszczególne frakcje dokonano na podstawie schematu sortowania odpadów w MIKI Recykling Sp. z o.o. Przy rozdzielaniu odpadów na poszczególne rodzaje posłużono się wytycznymi zawartymi w opracowaniu Jędrzak i Szpadt (2006). Każdą z frakcji wydzieloną z analizowanego worka ważono na wcześniej przygotowanej wadze firmy RADWAG model WLC 6/F1/K z dokładnością do 0,1g. Na podstawie wykonanych badań określono: średnią masę jednego worka z odpadami tworzyw sztucznych, morfologię zawartych w nich odpadów, udział tworzyw sztucznych oraz zanieczyszczeń w strumieniu odpadów zbieranych selektywnie. Oszacowano także udział odpadów, które nie powinny być zostać umieszczone w analizowanych workach, ale które można przekazać do recyklingu (szkło, metal i drewno). Ponadto na podstawie danych uzyskanych z ewidencji prowadzonej przez MIKI Recykling Sp. z o.o. określono miesięczne udziały wysortowanych i przekazanych do recyklingu tworzyw sztucznych ze wszystkich przyjętych selektywnie zebranych odpadów w żółtych workach.



Fot.: M. Gutwin (2017)

**Rysunek 1.** Worki z tworzywami sztucznymi

**Figure 1.** Bags with plastic waste

Analiza statystyczna uzyskanych wyników została przeprowadzona przy użyciu programu Statistica v. 12.5 (StatSoft). Wykonano analizę wariancji w celu sprawdzenia istotności zróżnicowania między innymi udziału poszczególnych frakcji odpadów w próbkach z poszczególnych miesięcy.

## WYNIKI

Pobierane do analizy worki cechowały się średnią masą na poziomie  $2,1 \pm 0,5$  kg. W tabeli 1 zestawiono uśrednione masy worków. Worki z tworzywem były najcięższe w grudniu 2016r, ale pomiędzy ich masami w poszczególnych miesiącach nie występują różnice istotne statystycznie. Średnia masa worków jest niższa niż podawana przez Malinowskiego (2013). Masa worków (z tworzywami sztucznymi) odbieranych w latach 2011 – 2012 wynosiła średnio 2,81 kg. Powodem zmniejszenia się masy worków w ostatnich latach może być zwiększenie częstotliwości odbioru tych odpadów z „raz na miesiąc” na „co 2 tygodnie” oraz objęcie systemem odbioru odpadów segregowanych niemal wszystkich mieszkańców analizowanych gmin (w 2011 i 2012r. selektywną zbiórkę odpadów prowadzili tylko właściciele nieruchomości, którzy byli zainteresowani taką formą gromadzenia odpadów).



**Tabela 1.** Średnia masa worków z tworzywem sztucznym gromadzonych selektywnie  
**Table 1.** Average mass of bags with selectively collected plastic waste

L.p.	Miesiąc / Month	Masa jednego worka / Mass of 1 bag
	Jednostka / Unit	g±SD*
1.	Listopad / November 2016	2235,6±467,1
2.	Grudzień / December 2016	3434,7±858,5
3.	Styczeń / January 2017	2475,9±534,0
4.	Luty / February 2017	1634,4±557,5
5.	Marzec / March 2017	2146,3±651,9
6.	Kwiecień / April 2017	2018,8±527,5
7.	Maj / May 2017	2283,6±565,5
8.	Czerwiec / June 2017	1761,7±529,3
9.	Lipiec / July 2017	2137,2±433,1
10.	Sierpień / August 2017	1652,7±282,8
11.	Wrzesień / September 2017	1589,7±352,7
12.	Październik / October 2017	1930,3±432,0
	Średnia / Average	2108,3±504,9

\* SD – odchylenie standardowe

Źródło/Source: opracowanie własne/own elaboration

Skład morfologiczny analizowanych odpadów w ujęciu miesięcznym i rocznym przedstawiono w tabeli 2. Jak wynika z przeprowadzonych analiz, w składzie morfologicznym odpadów z gmin wiejskich dominują butelki PET, które razem stanowią 27,4%, następnie folie biała i kolorowa (razem 21,5%). Opakowania wielomateriałowe (kartony po mleku i sokach) stanowią średnio 15,8%, zaś opakowania po chemii gospodarczej 8,5% (opakowania wykonane z HDPE, LDPE, PP, PS).

**Tabela 2.** Struktura morfologiczna odpadów tworzyw sztucznych zbieranych selektywnie  
**Table 2.** Morphological composition of selectively collected plastic waste

Grupa odpadów / Waste group	Listopad / Grudzień / November 2016	Styczeń / January 2016	Luty / February 2017	Marzec / March 2017	Kwiecień / April 2017	Maj / May 2017	Czerwiec / June 2017	Lipiec / July 2017	Sierpień / August 2017	Wrzesień / September 2017	Październik / October 2017	Średni udział / Average	
Folia kolorowa / Colored foil	17,4	13,4	6,8	7,8	7,1	6,0	10,6	17,3	9,7	17,9	14,1	9,6	11,5
Folia biała / White foil	17,0	19,6	5,5	3,3	16,6	7,8	6,5	3,6	14,1	5,6	11,3	8,8	10,0
Pet biały / White PET	12,2	7,8	16,7	15,1	9,1	16,9	12,0	14,4	14,0	12,4	12,7	17,9	13,4
Pet niebieski / Blue PET	6,9	9,0	7,3	7,1	6,6	11,9	13,2	14,5	11,5	8,2	15,1	15,4	10,6
Pet zielony / Green PET	4,1	4,4	0,3	2,1	0,7	3,0	5,9	1,3	6,9	2,7	5,2	4,3	3,4
Opakowania po chemii gospodarczej / Household chemicals packaging	8,2	15,6	5,4	8,3	1,8	0,8	4,4	13,9	13,0	15,9	8,3	6,6	8,5
Opakowania wielomateriałowe / Multi-material packaging	13,3	2,2	23,5	29,0	16,5	24,9	5,9	12,7	1,0	19,4	20,7	21,1	15,8



Grupa odpadów / Waste group	Listopad / November 2016	Grudzień / December 2016	Styczeń / January 2017	Luty / February 2017	Marzec / March 2017	Kwiecień / April 2017	Maj / May 2017	Czerwiec / June 2017	Lipiec / July 2017	Sierpień / August 2017	Wrzesień / September 2017	Październik / October 2017	Średni udział / Average
Szkło / Glass	1,6	0,8	1,5	4,5	4,2	15,0	6,2	1,5	5,6	0,4	0,2	3,0	3,7
Metale / Metals	3,4	3,8	11,0	3,9	3,2	2,3	6,3	2,4	1,0	2,3	0,3	0,6	3,4
Inne tworzywa / Other plastics	6,6	8,6	3,3	1,7	19,4	0,0	19,9	13,6	15,1	3,8	1,4	5,3	8,2
Tekstylia / Fabrics	0,0	7,0	0,6	0,6	0,1	0,5	0,0	0,0	0,5	1,8	0,9	0,8	1,1
Bioodpady / Biowaste	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,6	1,4	1,4	0,4
Gruz / Construction waste	0,0	1,5	7,6	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,5	0,0	1,4
Papier-tekturna / Paper and cardboard	5,6	2,3	7,0	16,1	8,1	5,3	9,1	3,5	1,5	3,0	7,2	3,8	6,0
Odp. Niebezpieczne / Hazardous waste	1,2	2,1	0,7	0,7	3,3	2,2	0,1	1,4	1,4	1,0	0,6	0,5	1,3
Drewno / Wood	1,2	1,7	3,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	3,7	1,6	0,0	1,0	1,3
Suma / Sum	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Źródło/Source: opracowanie własne/own elaboration

Największym odchyleniem standardowym spośród analizowanych odpadów charakteryzuje się udział opakowań wielomateriałowych. W przeprowadzonych analizach natrafiano na worki, w których tego typu odpadów w ogóle nie było i na takie, w których tzw. „kartony” stanowiły ponad 30% masy. Tworzywa stanowią średnio  $73,2 \pm 9,4\%$ , natomiast zanieczyszczenia 26,8%. Wśród zanieczyszczeń największym udziałem cechują się „inne tworzywa sztuczne”, a więc głównie PCW i PCB oraz takie tworzywa sztuczne, które ze względu na rodzaj zabrudzenia (np. oleje i smary) nie zostaną przyjęte przez zakłady recyklingu. Kolejnymi rodzajami zanieczyszczeń są: papier (blisko 100% papieru to mokre ręczniki oraz zaolejone kartony, zeszyty, książki, faktury, które nie zostaną przyjęte przez zakłady recyklingu), szkło i metale. Odpady niebezpieczne (opakowania po farbach, lakierach i lekach, świetlówki, strzykawki, baterie, itp.) stanowią  $1,3 \pm 0,9\%$  odpadów. Odpadów tego typu w ogóle nie powinno być w strumieniu odpadów zbieranych selektywnie do worka przeznaczonego na tworzywa sztuczne. Najniższym udziałem charakteryzują się bioodpady, których w okresie od grudnia 2016r. do czerwca 2017r. w składzie odpadów nie stwierdzono. Różnice w udziałach masowych poszczególnych frakcji pomiędzy poszczególnymi miesiącami są istotne statystycznie i na tyle duże, że nie możliwym jest ich uogólnienie.

Spośród odpadów zakwalifikowanych jako zanieczyszczenia tylko 3 frakcje tj. szkło, metale i drewno można przekazać w całości do zakładów recyklingu. Stanowią one 31,3% wszystkich zanieczyszczeń (8,4% całego analizowanego strumienia odpadów). Pozostałe 68,7% strumienia zanieczyszczeń jest przekazywane do procesów unieszkodliwiania (np. składowanie).

Najniższy udział zanieczyszczeń odnotowano w okresie od sierpnia do października 2017r. i nie przekraczał on 18%. Najwięcej zanieczyszczeń stwierdzono w odpadach w marcu i maju 2017r. W tabeli 3 przedstawiono porównanie udziału odpadów tworzyw sztucznych, które w analizowanym okresie firma MIKI Recykling Sp. z o.o. wysortowała i przekazała do zakładów recyklingu (z przyjętego strumienia odpadów w żółtych workach) oraz udziału tworzyw sztucznych wynikającego z przeprowadzonych analiz. Analiza współczynnika korelacji pomiędzy tymi zmiennymi wykazała, że istnieje istotna statystycznie zależność pomiędzy nimi ( $R=0,7$ ). W przedsiębiorstwie uzyskano najwyższe wartości udziału przekazanych do recyklingu odpadów tworzyw sztucznych w sierpniu i październiku, a więc podobnie jak w przeprowadzonych badaniach. Natomiast najniższe udziały przekazanych do recyklingu tworzyw sztucznych przez MIKI Recykling dotyczą grudnia 2016r. i marca 2017r.

Uzyskany w wyniku badań udział tworzyw sztucznych jest o 5% wyższy od rzeczywistego, mimo iż do analiz skierowano zaledwie 0,03% masy wszystkich przyjętych do badań w tym okresie odpadów w żółtych workach. Uzyskane wyniki dotyczące udziału tworzyw sztucznych, przekazywanych do recyklingu są także wyższe od podawanych przez GUS (2017b) wynoszących 63%, przy

czym należy wspomnieć, że udział odpadów zbieranych selektywnie i przekazywanych na składowisko zmniejszył się ciągu ostatnich 5 lat o 37% (GUS 2017b).

**Tabela 3.** Porównanie udziału odpadów tworzyw sztucznych przekazanych do recyklingu na podstawie danych z MIKI Recycling Sp. z o.o. oraz wyników badań  
**Table 3.** Comparison of the share of plastic waste transferred for recycling based on data from MIKI Recycling Sp. z o.o. and research results

L.p. / No	Miesiąc / Month	Udział tworzyw sztucznych / The share of plastic waste	
		w MIKI Recycling Sp. z o.o. / in MIKI Recycling Ent.	wyniki badań / research results
	Jednostka / Unit	%	%
1.	Listopad / November 2016	73,3	79,2
2.	Grudzień / December 2016	56,6	72,0
3.	Styczeń / January 2017	62,0	65,4
4.	Luty / February 2017	63,4	72,6
5.	Marzec / March 2017	55,4	58,3
6.	Kwiecień / April 2017	73,6	71,2
7.	Maj / May 2017	64,6	58,4
8.	Czerwiec / June 2017	74,2	77,7
9.	Lipiec / July 2017	71,8	70,3
10.	Sierpień / August 2017	76,6	82,0
11.	Wrzesień / September 2017	70,9	87,5
12.	Październik / October 2017	76,3	83,7
	Średnia / Average±SD	68,2 ± 7,5	73,2± 9,4

\* SD – odchylenie standardowe

Źródło/Source: opracowanie własne/own elaboration

## WNIOSKI

Wymagania narzucane przez Unię Europejską w zakresie gospodarki odpadami powinny skłaniać władze samorządowe do prowadzenia akcji edukacyjnych wśród społeczeństwa, których celem byłoby ograniczenie wytwarzania odpadów, ale przede wszystkim prawidłowe gromadzenie odpadów w sposób selektywny. Analiza wyników przeprowadzonych badań pozwoliła na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Tworzywami sztucznymi o największym udziale masowym były folie, PET-y oraz odpady wielomateriałowe.

2. Udział zanieczyszczeń w strumieniu selektywnie zbieranych tworzyw sztucznych wynosił 26,8%. Najmniejszy udział zanieczyszczeń odnotowano w miesiącach sierpień, wrzesień i październik 2017r. (poniżej 18%).
3. Najczęściej występującymi zanieczyszczeniami były: „inne tworzywa sztuczne”, papier i tektura, szkło i metale.
4. Udział odpadów będących zanieczyszczeniami, lecz nadających się do recyklingu (szkło, metal i drewno) wynosił 8,4% całej masy analizowanych odpadów.
5. Ze względu na bardzo dużą zmienność udziału poszczególnych grup odpadów w składzie morfologicznym analizowanych odpadów niemożliwym było uogólnienie uzyskanych wyników badań i wskazanie trendów.

W celu poprawienia stanu gospodarki odpadami komunalnymi w kraju, szczególnie na terenach wiejskich koniecznym jest przeprowadzanie okresowych akcji edukacyjnych wśród mieszkańców, zarówno przez Urzędu Gminy, jak i pracowników firm, które odpowiadają za wstępne sortowanie odbieranych odpadów i przekazywanie ich do recyklingu lub ponownego użycia. Zmniejszenie udziału zanieczyszczeń w selektywnie gromadzonych odpadach, spowoduje zmniejszenie masy odpadów deponowanych na składowiskach, natomiast w rezultacie zwiększy szansę na uzyskanie odpowiednich poziomów recyklingu i ponownego użycia wybranych grup odpadów tj. tworzyw, papieru, szkła i metali.

## PODZIĘKOWANIA

Publikacja oraz badania zostały sfinansowane z dotacji celowej na naukę przyznanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu BM 4641.

## LITERATURA

Alankiewicz, T. (2010). *Skuteczność funkcjonowania gospodarki odpadami na przykładzie jednostek samorządowych województwa wielkopolskiego*. Dysertacja rozprawy doktorskiej, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań.

Bień, B., Bień, J.D. (2010). *Gromadzenie i selektywna zbiórka odpadów komunalnych w gminach*. Inżynieria i Ochrona Środowiska, 13: 173-183.

Budzyńska-Józwiak, A., Sosnowska-Maciukiewicz, L., Szumacher, S. (2008). *Badania nad hydrorafinacją frakcji węglowodorowej z destrukcyjnej przeróbki odpadów tworzyw sztucznych*. Problemy eksploatacji, 4: 25-37.

Dahlen, L., Lagerkvist, A. (2010). *Evaluation of recycling programmes in household waste collection systems*. Waste Management & Research, 28: 577–586, doi: 10.1177/0734242X09341193.

Dahlen, L., Vukicevic, S., Meijer, J-E., Lagerkvist, A. (2007). *Comparison of different collection systems for sorted household waste in Sweden*. Waste Management, 27: 1298-1305.

Gallardo, A., Bovea, M.D., Colomer, F.J., Prades, M. (2012). *Analysis of collection systems for sorted household waste in Spain*. Waste Manage, 32: 1623–1633.

GUS (2017a). Infrastruktura komunalna w 2016r. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

GUS (2017b). Zmiana systemu gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce w latach 2012 – 2016. Opracowanie sygnalne. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

GUS (2013). Infrastruktura komunalna w 2012r. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

GUS (2011). Infrastruktura komunalna w 2010r. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

Jędrczak, A., Szpadt, R. (2006). *Określenie metodyki badań składu sitowego, morfologicznego i chemicznego odpadów komunalnych*. NFOŚiGW. Kamieniec Wrocławski, Zielona Góra, Metodyka rekomendowana przez Ministerstwo Środowiska – Departament Gospodarki Odpadami.

Kipperberg, G. (2006). *A comparison of Household Recycling Behaviors in Norway and the United States*. Environmental& Resource Economics, 26 (2): 215-235.

KPGO (2016). Krajowy Plan Gospodarki Odpadami na lata 2016 – 2022, Warszawa.

Larsen, A. W., Merrild, H., Moller, J., Christensen, T.H. (2010). *Waste collection systems for recyclables: an environmental and economic assessment for the municipality of Aarhus (Denmark)*. Waste Manage, 30: 744–754

Lipińska, D. (2016). *Gospodarka odpadowa i wodno – ściekowa*. Łódź: Wyd. UŁ, 15-61.

Malinowski (2013). *Określenie wybranych właściwości odpadów w gminach podmiejskich*. Dysertacja rozprawy doktorskiej, AGH. Kraków.

Pawul, M., Sobczyk, W. (2011). *Edukacja ekologiczna w zakresie gospodarki odpadami jako narzędzie realizacji zrównoważonego rozwoju*. Problemy Ekorozwoju: studia filozoficzno-socjologiczne, 6(1): 147-156.

Rada, E.C., Zatelli, C., Cioca, L-I., Torretta, V. (2018). *Selective Collection Quality Index for Municipal Solid Waste Management*. Sustainability, 10(1): 257, doi: 10.3390/su10010257.

Rada, E.C., Zatelli, C., Mattolin, P. (2014). *Municipal solid waste selective collection and tourism*. WIT Trans. Ecol. Environ., 180: 187–197.

Rozporządzenie w sprawie szczegółowego sposobu selektywnego zbierania wybranych frakcji odpadów z dnia 29 grudnia 2016r. (Dz. U. 2016 poz. 1920).

Stejskal, B. (2010). *Ocena czystości materiału wstępnego kompostowni CMC NÁMĚŠŤ, A.Š.* Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 8(2): 111-116.

Stejskal, B., Mašiček, T. (2016). *Quantitive and qualitative analysis of household waste – comparison of official data and results of case study.* Infrastructure and Ecology of Rural Areas. IV(4): 1867-1877, doi: 10.14597/infraeco.2016.4.4.140

Ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach z 13 września 1996r. (Dz. U. z 2012 r. poz. 391 z późn. zm.).

Autor do korespondencji: dr inż. Mateusz Malinowski  
inż. Karolina Grzelec  
inż. Marcin Gutwin  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
Instytut Inżynierii Rolniczej i Infrastruktury  
Zakład Infrastruktury Technicznej i Eko-energetyki  
ul. Balicka 116b  
30-149 Kraków  
Tel: +48 (12) 662 46 60  
E-mail: Mateusz.Malinowski@urk.edu.pl

Wpłynęło: 05.03.2018

Akceptowano do druku: 22.05.2018