

Beata KLOJZY-KARCZMARCZYK¹
Said MAKOUDI²

Fracja energetyczna w odpadach komunalnych wytwarzanych w wybranych województwach południowo- -wschodniej Polski

Wprowadzenie

Wytwarzanie odpadów komunalnych oraz określone w dokumentach planistycznych wskaźniki wytwarzania są zróżnicowane, przede wszystkim w zależności od charakteru danego obszaru oraz struktury ludności zamieszkującej analizowany teren. Wartości te zmieniały się też na przestrzeni czasu, dążąc do zrównania wielkości wytwarzania i zbierania masy odpadów komunalnych (Klojzy-Karczmarczyk i Makoudi 2017). Poszczególne frakcje morfologiczne odpadów komunalnych zbierane są w sposób selektywny w różnych udziałach procentowych, natomiast pozostałość stanowią odpady zmieszane (nazywane też odpadami „reszkowymi”). Odpady zebrane w sposób zmieszany kierowane mogą być do instalacji termicznego przekształcania odpadów lub też do instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania (MBP), gdzie następuje ich przetwarzanie i wytwarzanie kolejnych rodzajów odpadów o różnym przeznaczeniu i kierunkach dalszego ich zagospodarowania (m.in. Wasilewski i Tora 2009; Klojzy-Karczmarczyk i in. 2015; Kumar i Samadder 2017; Wielgosiński 2020).

Odpady, zbierane zarówno w sposób selektywny, jak też wydzielane w instalacji MBP, mogą mieć zastosowanie jako paliwa alternatywne. Muszą one wykazywać jednak odpowiednie parametry, z czego istotną cechą jest wartość opałowa, przyjmowana najczęściej na minimalnym poziomie 12 MJ/kg (Michalak i in. 2003). Ponadto, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 roku w sprawie dopuszczania odpadów do skła-

¹ Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, Kraków;
ORCID iD: 0000-0002-2003-2291; e-mail: beatakk@min-pan.krakow.pl

² Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, Kraków;
ORCID iD: 0000-0002-8700-5861; e-mail: makoudi@min-pan.krakow.pl

dowania na składowiskach (Dz.U. z 2015, poz. 1277), odpady komunalne zbierane selektywnie oraz odpady powstające w wyniku przetwarzania odpadów komunalnych nie mogą być składowane na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne, jeżeli ich ciepło spalania jest wyższe niż 6 MJ/kg. Odpady te mogą być jednak poddawane odzyskowi np. w procesie termicznego przekształcania. Istnieją ograniczenia w zakresie bezpośredniego kierowania frakcji zbieranej w sposób zmieszany do instalacji termicznego przekształcania (tj. spalarni odpadów komunalnych). Zgodnie z ustawą z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (tj. Dz.U. z 2022, poz. 699) dopuszcza się przekazywanie niesegregowanych (zmieszanych) odpadów komunalnych do takiej instalacji, jeżeli został spełniony przez jednostkę (gminę) warunek w zakresie osiągnięcia odpowiednich poziomów przygotowania do ponownego użycia i recyklingu odpadów komunalnych oraz ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania. Instalacje termicznego przetwarzania odpadów komunalnych, generalnie przyjmują zatem odpady komunalne zmieszane o kodzie 20 03 01 oraz odpady pochodzące z przetworzenia odpadów komunalnych w instalacji MBP o kodach 19 12 12 oraz 19 12 10. Przetwarzanie może odbywać się z odzyskiem energii w procesie R1 (wykorzystanie głównie jako paliwa lub innego środka wytwarzania energii) lub w procesie unieszkodliwienia D10 (przekształcanie termiczne na łądzie).

Istotnym zagadnieniem w gospodarce odpadami jest określenie masy odpadów, które mogą być uznane jako frakcje energetyczne, a następnie zagospodarowane jako paliwo alternatywne lub kierowane do przetwarzania w instalacji termicznego przekształcania wraz ze strumieniem odpadów zmieszanych lub też jako frakcje wydzielone. Do analizy wybrano zatem wytwarzanie frakcji energetycznej i jej udział w strumieniu odpadów komunalnych wytwarzanych przez mieszkańców województw południowo-wschodniej Polski. Analizowano wytwarzanie i selektywne zbieranie odpadów w województwie małopolskim, województwie śląskim oraz województwie podkarpackim. W strumieniu wytwarzanych odpadów komunalnych frakcje energetyczne zajmują znaczący udział. Za takie frakcje uznano odpady z tworzyw sztucznych, papieru i tektury, tekstyliów, drewna oraz odpady wielomateriałowe (Klojzy-Karczmarczyk i Staszczak 2017; Wielgosiński 2020). Wartość opałowa poszczególnych frakcji morfologicznych charakteryzuje się zdecydowaną zmiennością, a frakcje uznane za energetyczne wykazują wartości wyższe od 12 MJ/kg, a najwyższą wartością opałową charakteryzują się tworzywa sztuczne, przekraczając nawet 40 MJ/kg (m.in. Mokrzycki i Uliaasz-Bocheńczyk 2005; Socotec 2008; Dąbrowski i Piecuch 2011; Sorek i in. 2012; Cichy i Sobczyk 2014; Piecuch i Dąbrowski 2014; Budzyń i Tora 2014; Jaglarz i Generowicz 2015; Klojzy-Karczmarczyk i Staszczak 2017; Sieja 2019).

Podstawą przeprowadzonej analizy są dostępne dokumenty planistyczne na lata 2016–2022 (PGOWM 2016–2022; PGOWŚ 2016–2022; PGOWP 2022) oraz materiały sprawozdawcze dotyczące przedmiotowych województw za lata 2017 – 2019 (Sprawozdanie WM 2017–2019; Sprawozdanie WŚ 2017–2019; Sprawozdanie WP 2017–2019). Analizie poddano zatem informacje w zakresie składu morfologicznego odpadów komunalnych oraz wielkości selektywnego zbierania poszczególnych frakcji i przetwarzania odpadów zebranych w sposób selektywny oraz zmieszany w latach 2014–2019. Od roku 2020 szczegółowe informacje i dane w zakresie gospodarki odpadami są gromadzone w bazie danych o produktach i opakowaniach oraz gospodarce odpadami (baza BDO).

1. Termiczne przekształcanie odpadów komunalnych w województwach

Zgodnie z klasyfikacją NUTS, analizowane województwa (małopolskie, śląskie oraz podkarpackie) należą do Makroregionu Południowego oraz Makroregionu Wschodniego (Klasyfikacja... 2021). Według stanu na październik 2021 roku, eksploatowanych jest w Polsce ogółem 8 instalacji do termicznego przekształcania niesegregowanych (zmieszanych, resztkowych) odpadów komunalnych oraz pozostałości z przetwarzania odpadów komunalnych (Projekt KPGO 2028). Istnieje ponadto możliwość przekazywania do termicznego przekształcania innych rodzajów odpadów, jeżeli działanie takie zapewni wynik najlepszy dla środowiska, zgodnie z hierarchią postępowania z odpadami.

Na obszarze analizowanych województw funkcjonują instalacje do termicznego przekształcania odpadów z sektora komunalnego (spalarnie odpadów). W województwie małopolskim, Zakład Termicznego Przekształcania Odpadów, zlokalizowany w Krakowie przetwarza odpady o kodach 20 03 01 oraz odpady z przetwarzania w instalacjach MBP zmieszanych odpadów komunalnych o kodach 19 12 12 oraz 19 12 10 (Sprawozdanie WM 2017–2019).

Województwo podkarpackie wykazuje natomiast Instalację Termicznego Przetwarzania z Odzyskiem Energii w Rzeszowie. Instalacja ta przyjmuje odpady o kodzie 20 03 01 oraz odpady z przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych o kodach 19 12 12 i 19 12 10. Do instalacji skierowano ponadto inne odpady komunalne o kodzie 20 03 07 (odpady wielkogabarytowe), odpady opakowaniowe o kodach 15 01 02 (opakowania z tworzyw sztucznych) i 15 02 03 (sorbenty, materiały filtracyjne, tkaniny) oraz odpady z budowy i remontów o kodach 17 02 01 (drewno) i 17 02 03 (tworzywa sztuczne) (Sprawozdanie WP 2017–2019).

Województwo śląskie nie posiada natomiast instalacji termicznego przetwarzania odpadów komunalnych oraz odpadów powstałych w wyniku przetworzenia odpadów komunalnych. Odpady powstałe z przetwarzania odpadów komunalnych kierowano do dwóch instalacji: Cementownia w Rudnikach oraz Elektrociepłownia w Zabrze (Sprawozdanie WŚ 2017–2019).

Alternatywną instalacją dla spalarni odpadów komunalnych mogą być instalacje do produkcji paliwa alternatywnego z odpadów komunalnych (w ramach instalacji MBP lub inne) i wytwarzanie w konsekwencji odpadów o kodzie 19 12 10. Istnieje możliwość zwiększenia kaloryczności paliw alternatywnych wytwarzanych z odpadów komunalnych poprzez włączenie do ich produkcji innych odpadów z sektora przemysłowego (np. zużytych opon) (Sieja 2019). Na obszarze analizowanych województw istnieje szereg instalacji do produkcji paliwa alternatywnego (najczęściej RDF).

2. Morfologia wytwarzanych odpadów komunalnych i wydzielenie frakcji energetycznej

Udziały poszczególnych frakcji morfologicznych w całym strumieniu są zróżnicowane w zależności od województwa oraz od charakteru analizowanego obszaru. Morfologię odpadów komunalnych i jej zestawienie opracowano na podstawie danych wybranych wojewódzkich planów gospodarki odpadami na lata 2016–2022 (PGOWM 2016–2022; PGOWP 2022;

PGOWŚ 2016–2022). Dane dotyczą roku 2014 i są to najnowsze dostępne dane możliwe do pozyskania. Aktualne dane są obecnie na etapie opracowywania, weryfikowania czy konsultowania w ramach kolejnych edycji wojewódzkich planów gospodarki odpadami. Podział na frakcje morfologiczne strumienia odpadów komunalnych jest nieco odmienny na obszarach analizowanych województw (tab. 1). Można jednak porównywać te frakcje, sądząc po charakterystyce konkretnych rodzajów odpadów.

TABELA 1. Zestawienie frakcji morfologicznych odpadów komunalnych wytwarzanych na obszarze wybranych województw

TABLE 1. List of morphological classifications of municipal waste generated in selected voivodeships

Województwo małopolskie*	Województwo podkarpackie**	Województwo śląskie***
Wydzielone frakcje morfologiczne w województwach, 2014 rok		
–	Odpady kuchenne i ogrodowe	Odpady kuchenne organiczne
Papier i tektura	Papier i tektura	Papier
Tworzywa sztuczne	Tworzywa sztuczne	Tworzywa sztuczne
Drewno	Drewno	Drewno
Szkło	Szkło	Szkło
Metale	Metale	Metale
Opakowania wielomateriałowe	Odpady wielomateriałowe	Odpady wielomateriałowe
Odzież i tekstylia	Tekstylia	Tekstylia
Odpady wielkogabarytowe	Odpady wielkogabarytowe	Odpady wielkogabarytowe
Odpady remontowo-budowlane	Odpady mineralne	Odpady inertne
–	Frakcja <10 mm	Frakcja drobna <10mm
Odpady niebezpieczne	Odpady niebezpieczne	Odpady niebezpieczne
Inne kategorie	Inne kategorie	Inne kategorie
Odpady zielone i inne bioodpady	–	Odpady zielone

*PGOWM 2016–2022; ** PGOWP 2016–2022; ***PGOWŚ 2022.

Frakcje morfologiczne odpadów komunalnych, dla których wartość opałowa jest wyższa od 6 MJ/kg.

Odpady z tworzyw sztucznych, papieru i tektury, tekstyliów, drewna oraz odpady wielomateriałowe można uznać za frakcje energetyczne, gdyż ich wartość opałowa jest wyższa od 12 MJ/kg, czyli wartości minimalnej stawianej paliwom. Również odpady wielkogabarytowe mogą stanowić, jednak tylko częściowo, frakcje energetyczne. We wcześniejszej pracy Kłojzy-Karczmarczyk i Staszczaka (2017) oszacowano, że w odniesieniu do ogółu odpadów komunalnych wytwarzanych w skali całego kraju, największy udział frakcji energetycznych obserwowany jest w odpadach generowanych przez mieszkańców dużego miasta (>50 000 mieszkańców) i wynosi 39%, nieco niższy w odpadach generowanych przez mieszkańców małego miasta na poziomie 29%, a najniższy w odpadach generowanych przez mieszkańców obszarów wiejskich na poziomie 22%. Biorąc pod uwagę dane z roku 2014 w odniesie-

niu do analizowanych województw (tab. 2), można sądzić, że udział frakcji energetycznych w całkowitym strumieniu wytwarzanych odpadów komunalnych w województwie małopolskim jest zdecydowanie wyższy niż przedstawione powyżej wartości i sięga blisko 49%. Tak wysoki udział frakcji energetycznej wynika ze zwiększonej ilości w strumieniu odpadów, tworzyw sztucznych, co z kolei może być związane z dużym natężeniem ruchu turystycznego w kilku obszarach województwa (m.in. Kraków, Zakopane, Krynica Zdrój). W województwach podkarpackim oraz śląskim udział ten jest niższy i kształtuje się w przedziale wartości 29–36%, co odpowiada wartościom uśrednionym dla całego kraju.

TABELA 2. Masa i udział procentowy odpadów frakcji energetycznej w odpadach komunalnych wytwarzanych w 2014 roku w wybranych województwach

TABLE 2. The weight and percentage of energy fraction of communal waste generated in 2014 in selected voivodships

Frakcja energetyczna Wytwarzanie	Województwo małopolskie		Województwo podkarpackie		Województwo śląskie	
	masa* [Mg]	udział w odpadach [%]	masa** [Mg]	udział w odpadach [%]	masa*** [Mg]	udział w odpadach [%]
Papier i tektura	149 447	17,7	55 670	10,6	219 850	14,7
Tworzywa sztuczne	179 800	21,3	63 020	12,0	201 991	13,5
Drewno	2 133	0,3	2 100	0,4	8 152	0,5
Odpady wielomateriałowe	68 067	8,1	18 910	3,6	76 011	5,1
Tekstylia	12 142	1,4	14 710	2,8	35 756	2,4
Razem	411 589	48,8	154 410	29,4	541 760	36,2

Źródło danych: *PGOWM 2016–2022; ** PGOWP 2022; ***PGOWŚ 2016–2022.

3. Dostępna frakcja energetyczna w strumieniu odpadów komunalnych

Szacowanie masy frakcji energetycznej ogółem oraz jej dostępności z odpadów komunalnych jest procesem dosyć skomplikowanym. Trudnym zagadnieniem okazało się pozyskanie spójnych danych dotyczących każdego z analizowanych województw oraz aktualność danych. Po rozeznaniu możliwości, przyjęto podstawowe założenia do szacowania wielkości wytwarzania i dostępności frakcji energetycznej w strumieniu odpadów komunalnych wytwarzanych przez mieszkańców wybranych województw południowo-wschodniej Polski.

Założenia przyjęte dla potrzeb analizy:

- Ludność województw została podana zgodnie z danymi GUS (Dane GUS, BDL).
- Za frakcje energetyczne uznano odpady z tworzyw sztucznych, papieru i tektury, tekstyliów, drewna oraz odpady wielomateriałowe. Analizę ilości i jakości odpadów komunalnych (poszczególnych frakcji wytworzonych i zebranych) przeprowadzono dla lat 2017, 2018 oraz 2019 na podstawie danych zawartych w sprawozdaniach z realiza-

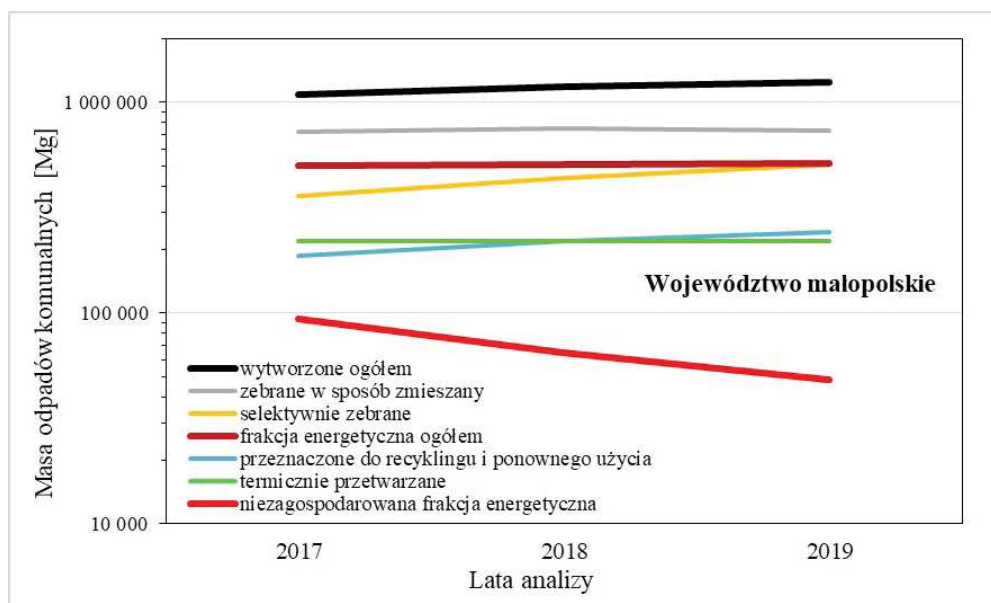
cji planów gospodarki odpadami dla poszczególnych województw (Sprawozdanie WM 2017–2019; Sprawozdanie WP 2017–2019; Sprawozdanie WŚ 2017–2019) oraz na podstawie planów gospodarki odpadami szczebla wojewódzkiego na lata 2016–2022 (PGOWM 2016–2022; PGOWP 2016; PGOWŚ 2016–2022).

- Zestawienie masy odpadów komunalnych wytwarzanych ogółem (odpadów zebranych) przez mieszkańców województw oraz zebranych w sposób selektywny i zebranych w sposób zmieszany przyjęto na podstawie sprawozdań z realizacji planów gospodarki odpadami. Trudnym zagadnieniem jest wydzielenie w strumieniu odpadów zebranych selektywnie, jedynie frakcji energetycznej. Stąd zestawieniom masy poddano odpady zebrane selektywnie, jako całość.
- Masa frakcji energetycznej wytwarzanej ogółem jest szacowana w oparciu o dwie zaproponowane metody obliczeń. Masę frakcji szacowano na podstawie wojewódzkich planów gospodarki odpadami, dla których rokiem bazowym był rok 2014. Podano prognozy wytwarzania frakcji morfologicznych uznanych za energetyczne zgodnie z przedmiotowymi dokumentami planistycznymi (zgodnie z tabelą 1). W celach porównawczych szacowano ponadto masę frakcji energetycznej na podstawie rzeczywiście zebranej masy odpadów komunalnych w latach 2017–2019 i uwzględnieniu obliczonego udziału frakcji energetycznej w strumieniu odpadów w poszczególnych województwach (tab. 2).
- Masę odpadów zebraną i przeznaczoną do recyklingu i ponownego użycia przyjęto na podstawie sprawozdań z realizacji planów gospodarki odpadami. Jest to łączna masa odpadów frakcji: papier, metal, tworzywa sztuczne i szkło, przy czym szkło i metal nie stanowią frakcji energetycznej.
- Masę odpadów poddaną termicznemu przekształcaniu w poszczególnych województwach podano zgodnie z informacjami sprawozdań z realizacji planów gospodarki odpadami.
- Na podstawie pozyskanych informacji szacowano masę niezagospodarowanej (niewykorzystanej) frakcji energetycznej. Dla potrzeb pracy założono, że masa ta odzwierciedla wielkość wytworzonej frakcji energetycznej pomniejszoną o masę zebraną i przeznaczoną do recyklingu i ponownego użycia oraz masę poddaną termicznemu przekształcaniu w poszczególnych latach analizy. Wielkość wytworzonej frakcji energetycznej przyjęto zgodnie z dwiema podawanymi powyżej metodami obliczeń. Należy mieć na uwadze, że obliczenia te zostały wykonane przy uproszczonych założeniach i mają charakter orientacyjny.

Wytwarzanie odpadów komunalnych w poszczególnych województwach jest zróżnicowane. Jego wielkość może być charakteryzowana poprzez wskaźniki wytwarzania w przeliczeniu na mieszkańca konkretnego województwa, co zestawiono w tabelach 3–5. Najwyższe wskaźniki wytwarzania odpadów komunalnych ogółem, wykazano dla województwa śląskiego w granicach od 385 do 429 kg/M/rok (kg/mieszkańca/rok). Wskaźniki wytwarzania odpadów komunalnych w województwie małopolskim są nieco niższe i kształtują się w granicach od 319 do 363 kg/M/rok. Zdecydowanie najniższym wytwarzaniem odpadów komunalnych charakteryzuje się województwo podkarpackie, gdzie wskaźniki wytwarzania wynoszą od 221 do 254 kg/M/rok. W analizowanych latach utrzymuje się tendencja wzrostowa wytwa-

rzania odpadów komunalnych ogółem przy jednoczesnym wzroście selektywnego zbierania i zmniejszającej się ilości odpadów komunalnych zbieranych w sposób zmieszany (rys. 1–3). Należy zaznaczyć, że średni wskaźnik wytwarzania odpadów komunalnych w skali całej Polski kształtuje się na poziomie 334 kg/M/rok (w 2018 roku) a tendencje obserwowane w analizowanych województwach wpisują się w trend krajowy (Projekt KPGO 2028).

Wytwarzanie frakcji energetycznej w **województwie małopolskim** jest wielkością zmienną, utrzymuje się jej tendencja wzrostowa w poszczególnych latach (rys. 1, tab. 3). Wielkość wytwarzania frakcji energetycznej kształtowała się w granicach od 500 531 do 603 875 Mg w zależności od roku analizy i metodyki szacowania. Takie wartości pozwalają na ustalenie wskaźnika wytwarzania tej frakcji w województwie na poziomie 148–177 kg/M/rok, przy czym obserwowany jest wzrost wskaźnika w kolejnych latach. Generalnie szacowane wytwarzanie frakcji energetycznej przyjmuje wartości wyższe przy obliczeniach z zastosowaniem udziału poszczególnych frakcji w całkowitej masie odpadów komunalnych. Pomniejszona masa wytwarzanej frakcji energetycznej o masę, która została zagospodarowana w różny sposób, pozwoliła na otrzymanie masy frakcji energetycznej, która nie została w żaden sposób wydzielona i zagospodarowana. Jest to jednak masa frakcji dostępna do zagospodarowania w procesie termicznego przekształcania w spalarniach lub innych instalacjach i zasila ona prawdopodobnie frakcję zmieszaną. Może ona zostać wydzielona głównie w procesie mechanicznego sortowania w instalacji MBP lub innej. Oszacowane wielkości niezagospodarowanej frakcji energetycznej były również zróżnicowane, podobnie jak wielkość jej wytwarzania i kształtowały się w granicach od 48 372 do 141 695 Mg/rok. W miarę wzrostu ilości zago-



Rys. 1. Odpady komunalne wytwarzane w województwie małopolskim i ich zagospodarowanie

Fig. 1. Municipal waste generated in the Małopolskie Voivodship and its management

sposobu w procesie termicznego przekształcania, ilość frakcji niezagospodarowanej, czyli dostępnej do wysegregowania w instalacji, zmniejszyła się. Na podstawie przeprowadzonej analizy można sądzić, że od 10 do 24% frakcji energetycznej w województwie nie jest zbierane w sposób selektywny ani nie jest kierowane do termicznego przekształcania. Masa ta zasila nadal strumień odpadów komunalnych zmieszanych.

TABELA 3. Zestawienie szacowanego wytwarzania i zagospodarowania frakcji energetycznej w województwie małopolskim w latach 2017–2019

TABLE 3. Summary of the estimated generation and use of the energy fraction in the Małopolskie Voivodship in 2017–2019

Wyszczególnienie	Województwo małopolskie			
	2017	2018	2019	
Ludność*	3 391 380	3 400 577	3 410 901	
Odpady komunalne wytworzone ogółem [Mg]**	1 081 570	1 181 618	1 237 449	
Wskaźnik wytwarzania odpadów komunalnych [kg/M/rok]	319	347	363	
Wytworzona frakcja energetyczna [Mg]	wg PGOWM 2016–2022***	500 531	503 731	510 552
	wg tab. 2 (udział 48,8%)	527 806	576 630	603 875
Wskaźnik wytwarzania frakcji energetycznej kg/M/rok]	148–156	148–170	150–177	
Niezagospodarowana frakcja energetyczna [Mg]	wg PGOWM 2016–2022	93 561	64 782	48 372
	wg tab. 2 (udział 48,8%)	120 836	137 681	141 695
Udział niewykorzystanej frakcji energetycznej [%]	18,7–22,9	12,9–23,9	9,5–23,5	

M – mieszkaniec.

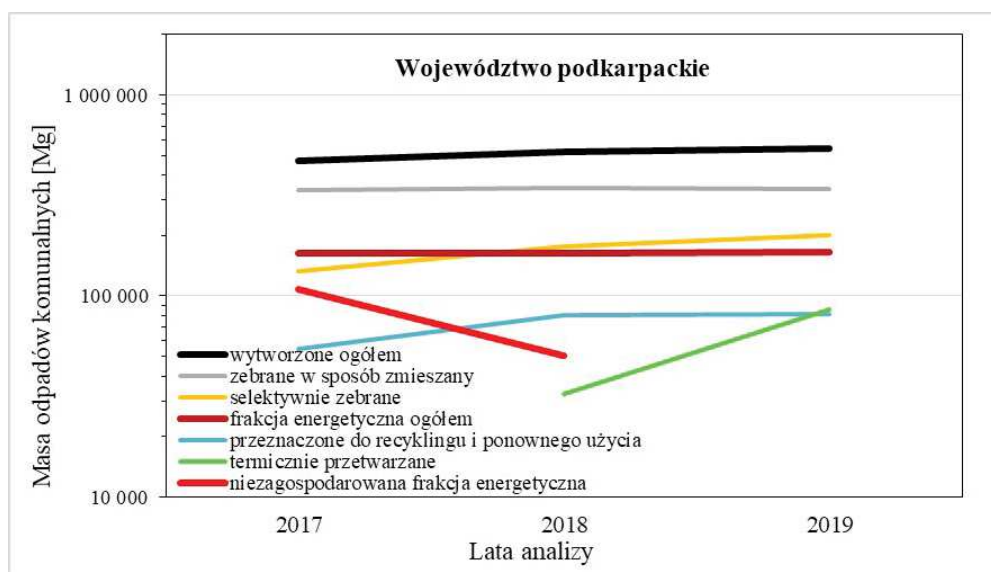
Źródło danych:

* Dane GUS BDL.

**Sprawozdanie z realizacji planu gospodarki odpadami województwa małopolskiego... (Sprawozdanie WM 2017–2019).

***Plan gospodarki odpadami województwa małopolskiego na lata 2016–2022 (PGOWM 2016–2022).

Wytwarzanie frakcji energetycznej w województwie podkarpackim wykazuje wartość najniższą wśród uzyskanych w trakcie analizy wybranych województw (rys. 2, tab. 4). Roczna wielkość wytwarzania odpadów tej frakcji w województwie mieściła się w granicach 138 239–165 100 Mg. Także wartości wskaźnika wytwarzania są zdecydowanie niższe i kształtują się na poziomie 65–78 kg/M/rok. Niezagospodarowana frakcja energetyczna jest natomiast wielkością porównywalną z województwem małopolskim. Wielkość jej wytwarzania kształtowała się w granicach od 40 352 do 107 700 Mg. Z przeprowadzonej analizy wynika, że od 26 do 66% frakcji energetycznej w województwie nie jest zbierane w sposób selektywny ani nie jest kierowane do termicznego przekształcania i zasila prawdopodobnie odpady zmieszane. Analiza oparta jest na danych z lat 2017–2019, jednak występuje tu dość duże zróżnicowanie warunków. Od roku 2018 (uruchomienie instalacji) masa niezagospodarowanej frakcji energetycznej zmniejszyła się 2-krotnie. Dla roku kolejnego brak jest odpowiednich danych, gdyż instalacja przyjmowała również odpady spoza sektora komunalnego (Sprawozdanie WP 2017–2019).



Rys. 2. Odpady komunalne wytwarzane w województwie podkarpackim i ich zagospodarowanie

Fig. 2. Municipal waste generated in the Podkarpackie Voivodeship and its management

TABELA 4. Zestawienie szacowanego wytwarzania i zagospodarowania frakcji energetycznej w województwie podkarpackim w latach 2017–2019

TABLE 4. Summary of the estimated generation and use of the energy fraction in the Podkarpackie Voivodeship in 2017–2019

Wyszczególnienie		Województwo podkarpackie		
		2017	2018	2019
Ludność*		2 129 138	2 129 015	2 127 164
Odpady komunalne wytworzone ogółem [Mg]**		470 200	523 100	541 100
Wskaźnik wytwarzania odpadów komunalnych [kg/M/rok]		221	246	254
Wytworzona frakcja energetyczna [Mg]	wg PGOWP 2022***	162 500	163 800	165 100
	wg tab. 2 (udział 29,4%)	138 239	153 791	159 083
Wskaźnik wytwarzania frakcji energetycznej [kg/M/rok]		65–76	72–77	75–78
Niezagospodarowana frakcja energetyczna [Mg]	wg PGOWP 2022	107 700	50 361	b.d.
	wg tab. 2 (udział 29,4%)	83 439	40 352	b.d.
Udział niewykorzystanej frakcji energetycznej [%]		60,4–66,3	26,2–30,7	b.d.

M – mieszkaniec; b.d. – brak danych.

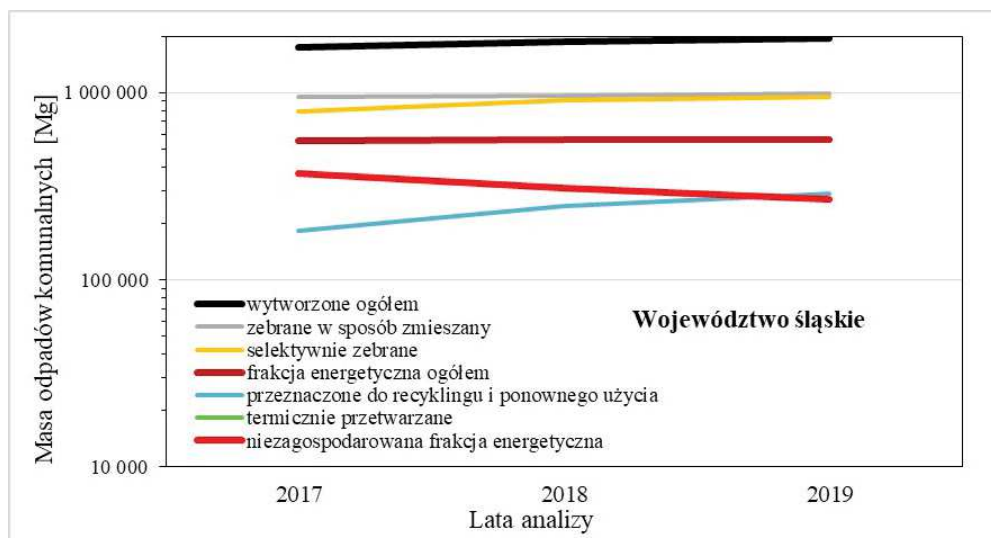
Źródło danych:

* Dane GUS BDL.

** Sprawozdanie z realizacji planu gospodarki odpadami dla województwa podkarpackiego ... (Sprawozdanie WP 2017–2019).

*** Plan gospodarki odpadami dla województwa podkarpackiego 2022 (PGOWP 2022).

Wytwarzanie frakcji energetycznej w województwie śląskim wykazuje zdecydowanie najwyższe wartości z analizowanych województw (rys. 3, tab. 5). Wynika to z dużej liczby mieszkańców województwa i wysokiego wskaźnika wytwarzania, a tym samym dużej masy odpadów wytwarzanych ogółem. Roczna wielkość wytwarzania odpadów frakcji energetycznej w województwie mieściła się w granicach 553 556–700 868 Mg. Wartości wskaźnika wytwarzania tej frakcji w województwie śląskim są jednak niższe niż w województwie małopolskim i kształtują się na poziomie 122–155 kg/M/rok. Analiza wykazała wysoką masę niezagospodarowanej frakcji energetycznej, najwyższą wśród analizowanych województw. Wielkość jej wytwarzania kształtowała się w granicach od 269 790 do 451 419 Mg. Z przeprowadzonej analizy wynika, że od 48 do 71% frakcji energetycznej w województwie zasila prawdopodobnie strumień odpadów zbieranych w sposób zmieszany. Taka uzyskana wartość jest wynikiem braku zagospodarowania w województwie odpadów w procesie termicznego przekształcania, w dedykowanych do odpadów komunalnych spalarniach. W kolejnych latach zmniejsza się jednak wielkość niezagospodarowanej frakcji energetycznej przy jednoczesnym wzroście jej wytwarzania. Taki trend jest wynikiem zwiększającego się stale selektywnego zbierania i odzysku, w tym recyklingu frakcji uznanych za energetyczne.



Rys. 3. Odpady komunalne wytwarzane w województwie śląskim i ich zagospodarowanie

Fig. 3. Municipal waste generated in the Silesian Voivodeship and its management

Podsumowanie i wnioski

Wytwarzanie odpadów komunalnych jest zróżnicowane na obszarach analizowanych województw (województwo małopolskie, województwo podkarpackie, województwo śląskie). Również udziały poszczególnych frakcji morfologicznych w całym strumieniu odpadów ko-

TABELA 5. Zestawienie szacowanego wytwarzania i zagospodarowania frakcji energetycznej w województwie śląskim w latach 2017–2019

TABLE 5. Summary of the estimated generation and use of the energy fraction in the Śląskie Voivodship in 2017–2019

Wyszczególnienie	Województwo śląskie			
	2017	2018	2019	
Ludność*	4 548 180	4 533 565	4 517 635	
Odpady komunalne wytworzone ogółem [Mg]**	1 749 500	1 862 400	1 936 100	
Wskaźnik wytwarzania odpadów komunalnych [kg/M/rok]	385	411	429	
Wytworzona frakcja energetyczna [Mg]	wg PGOWŚ 2016–2022 ***	553 556	557 404	561 190
	wg tab. 2 (udział 36,2%)	633 319	674 189	700 868
Wskaźnik wytwarzania frakcji energetycznej [kg/M/rok]	122–139	123–149	124–155	
Niezagospodarowana frakcja energetyczna [Mg]	wg PGOWŚ 2016–2022***	371 656	307 304	269 790
	wg tab. 2 (udział 36,2%)	451 419	424 089	409 468
Udział niewykorzystanej frakcji energetycznej [%]	67,1–71,3	55,1–62,9	48,1–58,4	

M – mieszkaniec

Źródło danych:

* Dane GUS BDL.

** Sprawozdanie z realizacji planu gospodarki odpadami województwa śląskiego... (Sprawozdanie WŚ 2017–2019).

*** Plan gospodarki odpadami dla województwa śląskiego na lata 2016–2022 (PGOWŚ 2016–2022).

munalnych są zróżnicowane w zależności od województwa. Zgodnie z dostępnymi dokumentami planistycznymi oraz sprawozdawczymi, podział na frakcje morfologiczne jest nieco odmienny na analizowanych obszarach, możliwe jest jednak porównywanie tych frakcji, zgodnie z charakterystyką konkretnych rodzajów odpadów. Istotnym zagadnieniem w gospodarce odpadami jest określenie masy odpadów, które mogą być uznane jako frakcje energetyczne, a następnie zagospodarowane jako paliwo alternatywne lub kierowane do przetwarzania w instalacji termicznego przekształcania wraz ze strumieniem odpadów zmieszanych lub też jako frakcje wydzielone.

Za frakcje energetyczne uznano odpady z tworzyw sztucznych, papieru i tektury, tekstyliów, drewna oraz odpady wielomateriałowe. Ich wartość opałowa wykazuje wartości wyższe od 12 MJ/kg. Biorąc pod uwagę skład morfologicznych odpadów komunalnych w poszczególnych województwach, można wnioskować, że udział frakcji energetycznych w całkowitym strumieniu wytwarzanych odpadów komunalnych w województwie małopolskim jest wysoki i sięga blisko 49%. W województwach podkarpackim oraz śląskim udział ten jest niższy i kształtuje się odpowiednio na poziomie 29% i 36%.

Generalnie utrzymuje się tendencja wzrostowa wytwarzania frakcji energetycznej, co jest zgodne ze wzrostem masy wytwarzanych odpadów komunalnych. Najwyższe wielkości wytwarzania uzyskano w województwie śląskim, gdzie rocznie może być wytwarzanych nawet 700 000 Mg odpadów frakcji energetycznej. Uśredniony wskaźnik wytwarzania w odniesie-

niu do jednego mieszkańca województwa wynosi 135 kg/M/rok (kg/mieszkańca/rok). Najwyższe wskaźniki wytwarzania frakcji energetycznej wykazano natomiast dla województwa małopolskiego, gdzie jego uśredniona wartość sięga 158 kg/M/rok. Masa wytwarzanej frakcji energetycznej w województwie małopolskim może sięgać natomiast 600 000 Mg rocznie. Wielkość wytwarzania frakcji energetycznej dla województwa podkarpackiego jest kilkukrotnie niższa i kształtuje się na poziomie nieco ponad 100 000 Mg rocznie. Wskaźnik wytwarzania tej frakcji przez mieszkańców jest około dwukrotnie niższy niż w przypadku pozostałych analizowanych województw, a jego wartość uśredniona wynosi 74 kg/M/rok.

Kolejnym zagadnieniem jest szacowanie masy frakcji energetycznej, która nie została jak dotąd poddana przetwarzaniu w procesach odzysku lub unieszkodliwiania i zasila najprawdopodobniej strumień odpadów komunalnych zbieranych w sposób zmieszany. W miarę wzrostu zagospodarowania masy frakcji energetycznej w procesie termicznego przekształcania lub w jakimkolwiek procesie odzysku, masa frakcji niezagospodarowanej, czyli dostępnej do wysegregowania w instalacji, zmniejsza się. Na podstawie przeprowadzonej analizy można sądzić, że w województwie małopolskim od 10 do 24% frakcji energetycznej zasila nadal strumień odpadów komunalnych zbieranych w sposób zmieszany. W województwie podkarpackim wartości te kształtują się na poziomie 26–66%. Natomiast największy odsetek frakcji energetycznej niezagospodarowanej wykazano dla województwa śląskiego, w granicach 48–71%. Jest to potencjalna frakcja energetyczna, która może zostać wydzielona w instalacji do mechanicznego sortowania i skierowana do dalszego przetwarzania.

Szacowanie masy frakcji energetycznej oraz jej dostępności ze zmieszanych odpadów komunalnych jest procesem dosyć trudnym i skomplikowanym. Przyjęto zatem pewne założenia. Są one jednak zdecydowanie uproszczone a uzyskane wyniki mają charakter orientacyjny.

Praca została wykonana w ramach prac statutowych Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk.

Literatura

- Budzyń, S. i Tora, B. 2014 – *Energetyczne i materiałowe wykorzystanie odpadów – wybrane technologie opracowane we współpracy Wydziału Energetyki i Paliw oraz Wydziału Górnicztwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie*. Wydawnictwo Naukowe Akapit, s. 9–2.
- Cichy, J. i Sobczyk, W. 2014 – Odpady z tworzyw sztucznych i ich recykling. *Edukacja–Technika–Informatyka* 1, s. 348–353.
- Dane GUS BDL – Informacje demograficzne GUS, Bank Danych Lokalnych stan na 2022.12.08. [Online] <http://www.stat.gov.pl/> [Dostęp: 08.12.2022].
- Dąbrowski, J. i Piecuch, T. 2011 – Badania laboratoryjne nad możliwością współspalania wybranych grup odpadów tworzyw sztucznych wraz z osadami ściekowymi. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* 14(1), s. 213–236.
- Jaglarz, G. i Generowicz, A. 2015 – Charakterystyki energetyczne odpadów komunalnych po procesach odzysku i recyklingu. *Ekonomia i środowisko* 2(53), s. 154–165.
- Klasyfikacja NUTS w Polsce, 2021. [Online] <https://stat.gov.pl/statystyka-regionalna/jednostki-terytorialne/klasyfikacja-nuts/klasyfikacja-nuts-w-polsce/> [Dostęp: 28-12-2022].
- Klojzy-Karczmarczyk i in. 2015 – Klojzy-Karczmarczyk, B., Makoudi, S. i Staszczak, J. 2015 – Szacowanie masy odpadów kierowanych do przetwarzania w części biologicznej instalacji mechaniczno-biologicznego prze-

- tworzenia (MBP). *Rocznik Ochrony Środowiska (Annual Set The Environment Protection)* 17, s. 1162–1177.
- Klojzy-Karczmarczyk, B. i Makoudi, S. 2017 – Analysis of municipal waste generation rate in Poland compared to selected European countries. *E3S Web of Conferences* 19, DOI: 10.1051/e3sconf/20171902025.
- Klojzy-Karczmarczyk, B. i Staszczak, J. 2017 – Szacowanie masy frakcji energetycznych w odpadach komunalnych wytwarzanych na obszarach o różnym charakterze zabudowy. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* 20(2), s. 143–154.
- Kumar, A. i Samadder, S.R. 2017 – An Empirical Model for Prediction of Household Solid Waste Generation Rate – A Case Study of Dhanbad, India. *Waste Management* 68, s. 3–15.
- Michalak R. i in. 2003. Prawne i techniczne aspekty wytwarzania i stosowania paliw z odpadów przemysłowych [W:] *Paliwa z odpadów*. Praca zbiorowa pod red. J.W. Wandrasza i J. Nadiakiewicza. Gliwice: Wyd. Helion, t. IV, s. 21–28.
- Mokrzycki, E. i Uliasz-Bocheńczyk, A. 2005 – Paliwa alternatywne z odpadów dla energetyki. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* 8(z. spec.), s. 507–514.
- PGOWM 2016–2022 – *Plan gospodarki odpadami województwa małopolskiego na lata 2016–2022*. [Online] <https://www.malopolska.pl/> [Dostęp: 08.12.2022].
- PGOWP 2022 – *Plan gospodarki odpadami dla województwa podkarpackiego 2022*. [Online] <https://bip.podkarpackie.pl/> [Dostęp: 08.12.2022].
- PGOWŚ 2016–2022 – *Plan gospodarki odpadami dla województwa śląskiego na lata 2016–2022*. [Online] <https://bip.slaskie.pl/> [Dostęp: 08.12.2022].
- Piecuch, T. i Dąbrowski, J. 2014 – Projekt koncepcyjno-technologiczny Zakładu Termicznego Przekształcania Odpadów Komunalnych dla Regionu Środkowopomorskiego. *Monografia 2*. Koszalin: Wyd. Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Ochrony Środowiska, 136 s.
- Projekt KPGO 2028 – *Krajowy plan gospodarki odpadami 2028, Projekt z dnia 14.06.2022*. [Online] <https://bip.mos.gov.pl/strategie-plany-programy/> [Dostęp: 08.12.2022].
- Sieja, L. 2019 – Odpady komunalne substytutem paliw konwencyjnych. *Polityka Surowcowa* 35(6).
- Socotec 2008 – *Analiza wartości opałowej odpadów komunalnych. Studium Wykonalności dla Projektu: System zagospodarowania odpadów komunalnych w Olsztynie. Budowa Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów*, Warszawa, sierpień 2008 r. Socotec Polska Sp. z o.o
- Sorek i in. 2012 – Sorek, A., Borecki, M. i Ostrowska-Popielska, P. 2012 – Wybrane odpady tworzyw sztucznych jako źródła paliw alternatywnych w przemyśle metalurgicznym. *Prace IMZ* 4, s. 47–57.
- Sprawozdanie WM 2017–2019 – *Sprawozdanie z realizacji planu gospodarki odpadami województwa małopolskiego za okres od 1 stycznia 2017 r. do 31 grudnia 2019 r.* [Online] <https://www.malopolska.pl/> [Dostęp: 08.12.2022].
- Sprawozdanie WP 2017–2019 – *Sprawozdanie z realizacji planu gospodarki odpadami dla województwa podkarpackiego za lata 2017–2019*. [Online] <https://bip.podkarpackie.pl/> [Dostęp: 08.12.2022].
- Sprawozdanie WŚ 2017–2019 – *Sprawozdanie z realizacji Planu gospodarki odpadami dla województwa śląskiego za lata 2017–2019*. [Online] <https://bip.slaskie.pl/> [Dostęp: 08.12.2022].
- Wasilewski, R. i Tora, B. 2009 – Stałe paliwa wtórne. *Górnictwo i Geoinżynieria* 33(4), s. 309–316.
- Wielgosiński, G. 2020 – *Termiczne przekształcanie odpadów*. Wydawnictwo Nowa Era.

Frakcja energetyczna w odpadach komunalnych wytwarzanych w wybranych województwach południowo-wschodniej Polski

Słowa kluczowe: odpady komunalne, frakcje energetyczne, wytwarzanie, selektywne zbieranie, mieszkańcy

Streszczenie: Analizą objęto wytwarzanie frakcji energetycznej i jej udział w odpadach komunalnych wytwarzanych przez mieszkańców województw południowo-wschodniej Polski (województwo małopolskie, województwo śląskie oraz województwo podkarpackie). Udziały poszczególnych frakcji morfologicznych w całym strumieniu odpadów komunalnych są zróżnicowane w zależności od województwa. Analizę przeprowadzono na podstawie dostępnych dokumentów planistycznych (na lata 2016–2022) oraz materiałów sprawozdawczych (za lata 2017–2019). Za frakcje energetyczne uznano odpady z tworzyw sztucznych, papieru i tektury, tekstyliów, drewna oraz odpady wielomateriałowe. Udział frakcji energetycznych w całkowitym strumieniu wytwarzanych odpadów komunalnych w województwie małopolskim sięga blisko 49%. W województwach podkarpackim oraz śląskim udział ten kształtuje się odpowiednio na poziomie 29 i 36%. Ustalono, że wielkość wytwarzania frakcji energetycznej w województwie

małopolskim kształtowała się w granicach od 500 531 do 603 875 Mg rocznie. Wielkość wskaźnika wytwarzania tej frakcji w województwie jest na poziomie 148–177 kg/M/rok. Roczna wielkość wytwarzania odpadów frakcji energetycznej w województwie podkarpackim mieściła się w granicach 138 239–165 100 Mg. Wartości wskaźnika wytwarzania kształtują się na poziomie 65–78 kg/M/rok. Wytwarzanie frakcji energetycznej w województwie śląskim mieściło się w granicach 553 556–700 868 Mg rocznie. Wartości wskaźnika wytwarzania tej frakcji kształtują się na poziomie 122–155 kg/M/rok. Wykazano ponadto szacowaną wielkość niezagospodarowanej masy frakcji energetycznej, która może być docelowo wysegregowana w instalacji i skierowana do dalszego przetwarzania a obecnie najprawdopodobniej zasila strumień odpadów zmieszanych. Masa takiej frakcji jest zdecydowanie zróżnicowana dla województw i mieściła się w szerokich granicach od 10 do 71% masy wytworzonej. Ze względu na trudności metodyczne, napotkane w trakcie analizy, uzyskane wyniki należy traktować orientacyjnie.

Energy fraction in municipal waste generated in selected south-eastern voivodships of Poland

Keywords: municipal waste, energy fractions, generation, selective collection, inhabitants

Abstract: The analysis covered the production of the energy fraction and its percentages in the municipal waste produced by the inhabitants of the voivodships of south-eastern Poland (Małopolskie, Śląskie and Podkarpackie voivodships). The shares of individual morphological fractions in the entire stream of municipal waste vary depending on the voivodship. The analysis was carried out on the basis of available planning documents (for 2016–2022) and reporting documents (for 2017–2019). Wastes from plastics, paper and cardboard, textiles, wood and multi-material waste were considered as energy fractions. The percentages of energy fractions in the total stream of municipal waste generated in the Małopolskie Voivodship is close to 49%. In the Podkarpackie and Śląskie Voivodships, the percentages is 29 and 36%, respectively. The production of the energy fraction in the Małopolskie Voivodship ranged from 500,531 to 603,875 Mg per year. The production index of the fraction in the voivodship was set at the level of 148–177 kg/per capita/year. The annual volume of energy fraction waste generation in the Podkarpackie Voivodship ranged from 138,239 to 165,100 Mg. The values of the production index range from 65 to 78 kg/per capita/year. The production of the energy fraction in the Śląskie Voivodship ranged from 553,556 to 700,868 Mg annually. The production index of the fraction are at the level of 122–155 kg/per capita/year. Moreover, the estimated mass of the energy fraction, which can be ultimately segregated in the installation and directed to further processing, and currently most likely feeds the stream of mixed waste, has been shown. The mass of the a fraction is definitely differentiated for voivodships and ranged from 10 to 71% of the produced mass. Due to methodological difficulties encountered during the analysis, the obtained results should be treated as indicative.