



**Wytwarzanie frakcji energetycznej
z odpadów komunalnych
w oparciu o prognozy dokumentów
planistycznych a wielkości rzeczywiste**

Beata Kłojzy-Karczmarczyk
Said Makoudi

15-18.10.2023, Zakopane

XXXVI Konferencja

www.min-pan.krakow.pl/se

*z cyklu: Zagadnienia surowców energetycznych
i energii w gospodarce krajowej*



Dokumenty planistyczne

Wielkości rzeczywiste

2 / 18

- **Wojewódzkie Plany Gospodarki Odpadami:**

- ❖ PGOWM 2016-2022 - Plan gospodarki odpadami województwa małopolskiego na lata 2016-2022
- ❖ PGOWP 2022 - Plan gospodarki odpadami dla województwa podkarpackiego 2022 (na lata 2016-2022)
- ❖ PGOWŚ 2016-2022 - Plan gospodarki odpadami dla województwa śląskiego na lata 2016-2022

- **Krajowe Plany Gospodarki Odpadami:**

- ❖ Kpgo 2006 – Krajowy plan gospodarki odpadami na lata 2003-2006 oraz perspektywicznie okres 2007-2014
- ❖ Kpgo 2010 – Krajowy plan gospodarki odpadami na lata 2007-2010 oraz perspektywicznie okres 2011-2018
- ❖ Kpgo 2014 – Krajowy plan gospodarki odpadami na lata 2011-2014 oraz perspektywicznie okres 2015-2022
- ❖ Kpgo 2022 – Krajowy plan gospodarki odpadami na lata 2016-2022 z perspektywą do roku 2030
- ❖ Kpgo 2028 – Krajowy plan gospodarki odpadami na lata 2022-2028 z perspektywą do roku 2035

- **Sprawozdania z realizacji Planów Gospodarki Odpadami:**

- ❖ Sprawozdanie WM 2017-2019 - Sprawozdanie z realizacji planu gospodarki odpadami województwa małopolskiego za okres od 1 stycznia 2017 r. do 31 grudnia 2019 r.
- ❖ Sprawozdanie WP 2017-2019 - Sprawozdanie z realizacji planu gospodarki odpadami dla województwa podkarpackiego za lata 2017-2019.
- ❖ Sprawozdanie WŚ 2017-2019 - Sprawozdanie z realizacji Planu gospodarki odpadami dla województwa śląskiego za lata 2017-2019.
- ❖ Sprawozdania z realizacji krajowych planów gospodarki odpadami (do roku 2019)

- **Baza danych BDO: Baza Danych o Produktach i Opakowaniach oraz o Gospodarce Odpadami**

(<https://bdo.mos.gov.pl>)



Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach,
Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach,
Wprowadzane zmiany do ustaw i akty wykonawcze.

- Szacowanie wytwarzania odpadów komunalnych przez mieszkańców gmin opiera się na wielkościach wskaźnika wytwarzania odpadów komunalnych z podziałem na poszczególne frakcje morfologiczne i obszary o różnym charakterze zabudowy;
- Na przestrzeni lat zmieniała się wielkość wskaźnika wytwarzania, stosowana w dokumentach planistycznych, zmieniała się zatem wartość szacowanego wytwarzania masy odpadów komunalnych na poszczególnych obszarach;
- Dokumenty planistyczne w zakresie gospodarki odpadami (krajowe i wojewódzkie plany gospodarki odpadami) podają zmienne **wartości wskaźnika i planowanego wytwarzania;**
- **Weryfikacja rzeczywistej wielkości wytwarzania / zbierania** (zbieranie selektywne i w sposób zmieszany), dotycząca wartości rzeczywistych ma miejsce w sprawozdaniach z realizacji planów gospodarki odpadami na różnych poziomach administracji.



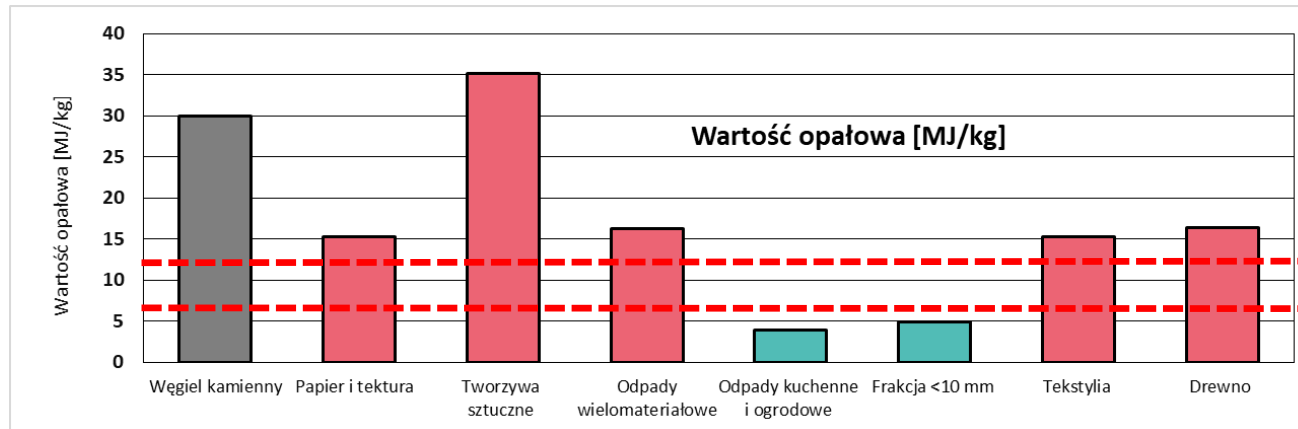
- Odpady zbierane, zarówno w **sposób selektywny**, jak **też zmieszany**, frakcje wydzielane w instalacji MBP, mogą mieć zastosowanie **jako paliwa alternatywne**; jednak muszą one wykazywać odpowiednie parametry, z czego istotną cechą jest **wartość opałowa**, przyjmowana najczęściej **na minimalnym poziomie 12 MJ/kg**;
- Odpady komunalne **niesegregowane (zmieszane, resztkowe)**, kierowane mogą być do:
 - ❖ instalacji termicznego przekształcania odpadów; do instalacji kierowane mogą być odpady **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** lub **w procesie unieszkodliwienia D10**;
 - ❖ instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania (MBP), gdzie następuje ich przetwarzanie i wytwarzanie kolejnych rodzajów odpadów o różnym przeznaczeniu i kierunkach dalszego ich zagospodarowania; do wytwarzania paliwa alternatywnego (RDF) kierowane są **odpady o kodzie 19 12 10 - Odpady palne (paliwo alternatywne)**, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Klimatu z 2 stycznia 2020r. w sprawie katalogu odpadów [Dz.U z 2020r. poz.10];
- **Wydzielenie potencjału frakcji energetycznej w całym strumieniu odpadów komunalnych przeprowadzono na podstawie wartości opałowej poszczególnych rodzajów odpadów.**



Wartość opałowa dla wybranych frakcji morfologicznych odpadów komunalnych

Frakcje morfologiczne odpadów komunalnych	Wartość opałowa MJ/kg *	
	Przedział wartości	Wartość uśredniona
Papier i tektura	11,0 - 26,0	15,3
Tworzywa sztuczne	22,0 - 46,0	35,1
Odpady wielomateriałowe	16,2	16,2
Odpady kuchenne i ogrodowe	3,9	3,9
Frakcja <10 mm	4,5 - 5,3	4,9
Tekstyli	14,7 - 16,0	15,2
Drewno	11,0 - 20,0	16,3

* - Zestawiono na podstawie dostępnej literatury



12 MJ/kg - wymagania stawiane odpadom, które mogą być stosowane jako paliwa

6 MJ/kg - wprowadzony zakaz składowania odpadów powyżej tej wartości



Frakcje morfologiczne wytwarzanych odpadów komunalnych

6 / 18

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

Źródło: PGOWM 2016-2022; PGOWP 2016-2022; PGOWŚ 2022

Wydzielono frakcje morfologiczne odpadów komunalnych, dla których wartość opałowa jest wyższa od 6 MJ/kg




Masa i udział odpadów frakcji energetycznej w odpadach komunalnych - rok 2014

7 / 18

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

Klojzy-Karczmarczyk B., Makoudi S., 2023

Dokumenty planistyczne  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%.



Analiza wg [Klojzy-Karczmarczyk B., Makoudi S., 2023]

- Masa frakcji energetycznej wytwarzanej ogółem jest szacowana w oparciu o dwie zaproponowane metody obliczeń **(lata 2017 - 2019)**:
 - ❖ Masę frakcji szacowano na podstawie wojewódzkich planów gospodarki odpadami, dla których rokiem bazowym był rok 2014; prognozy wytwarzania frakcji morfologicznych uznanych za energetyczne podano **zgodnie z przedmiotowymi dokumentami planistycznymi**;
 - ❖ W celach porównawczych szacowano masę frakcji energetycznej na podstawie **rzeczywiście zebranej masy odpadów komunalnych w latach 2017 – 2019 (sprawozdania)** i uwzględnieniu obliczonego udziału frakcji energetycznej w strumieniu odpadów w poszczególnych województwach;
- **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 podkreślić, że obliczenia te zostały wykonane przy uproszczonych założeniach i mają charakter orientacyjny**.

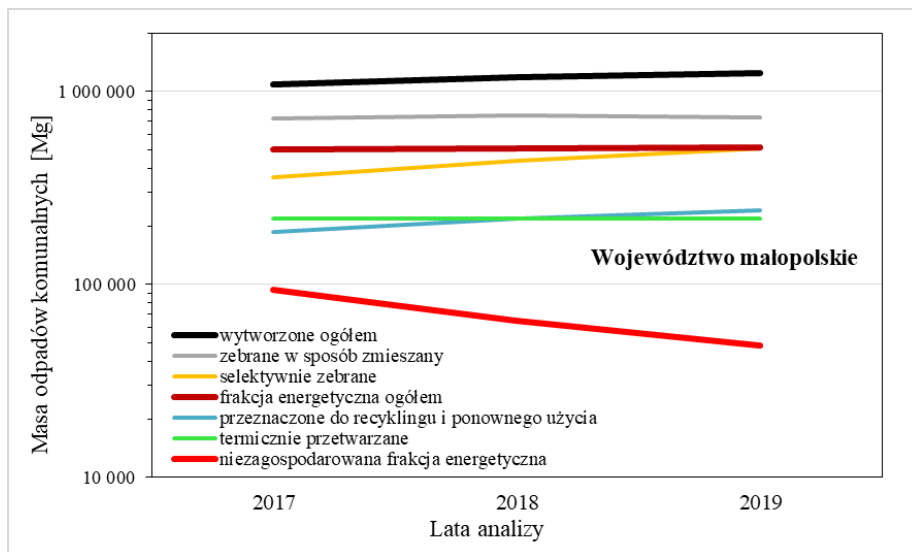


- Najwyższe wskaźniki wytwarzania odpadów komunalnych ogółem, wykazano dla **województwa śląskiego w granicach od 385 do 429 kg/M/rok** (kg/mieszkańca/rok).
- Wskaźniki wytwarzania odpadów komunalnych w **województwie małopolskim są nieco niższe i kształtują się w granicach od 319 do 363 kg/M/rok.**
- 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 wytwarzania odpadów komunalnych ogółem** przy jednoczesnym wzroście selektywnego zbierania i zmniejszającej się ilości odpadów komunalnych zbieranych w sposób zmieszany.
- **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 [Kpgo 2028].



Odpady komunalne w województwie małopolskim

10 / 18



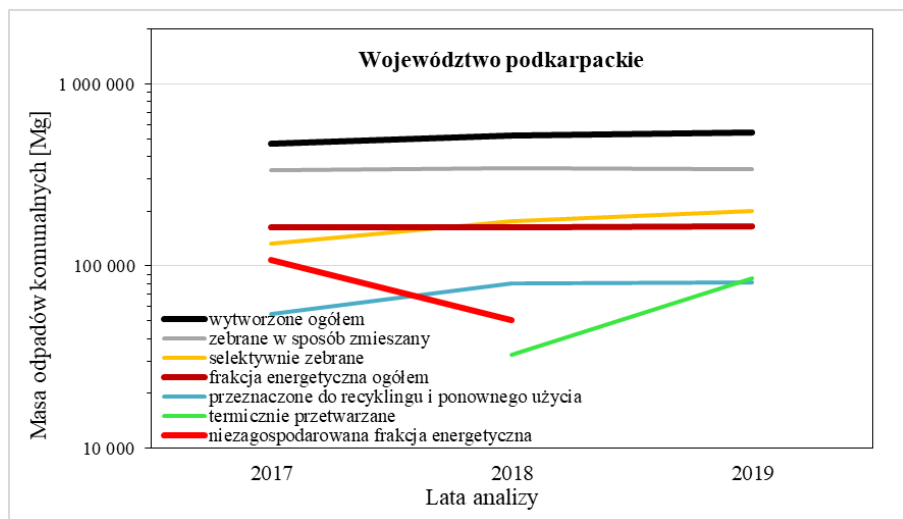
Można sądzić, że **od 10 do 24% frakcji energetycznej w województwie** nie jest zbierane w sposób selektywny ani nie jest kierowane do termicznego przekształcania. Masa ta zasila nadal strumień niesegregowanych (zmieszanych) odpadów komunalnych.

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 morfologii (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 morfologii (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



Odpady komunalne w województwie podkarpackim

11 / 18



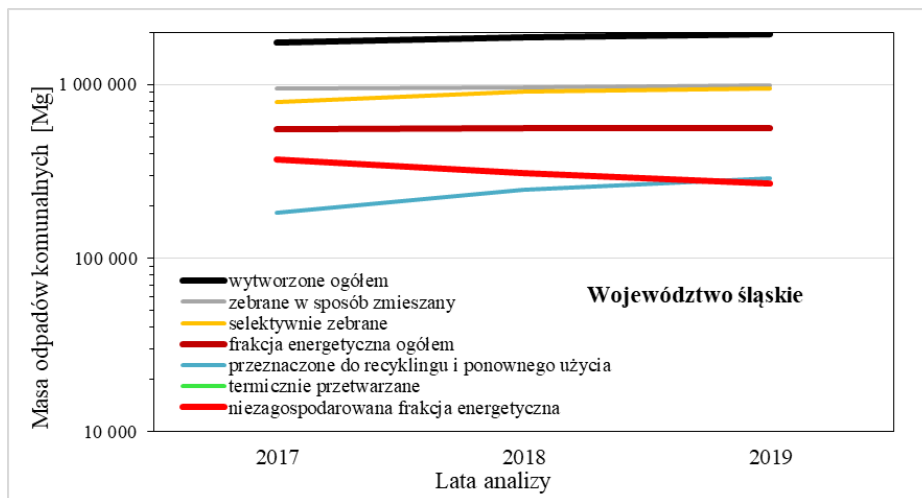
Z analizy wynika, że **od 26 do 66% frakcji energetycznej w województwie** nie jest zbierana w sposób selektywny ani nie jest kierowana do termicznego przekształcania i zasila prawdopodobnie niesegregowane (zmieszane) odpady komunalne.

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 morfologii (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 morfologii (udział 29,4%)	83 439	40 352	b.d.
Udział niewykorzystanej frakcji energetycznej [%]		60,4 - 66,3	26,2 - 30,7	b.d.



Odpady komunalne w województwie śląskim

12 / 18



Analiza wykazała wysoką masę niezagospodarowanej frakcji energetycznej.

Wielkość jej wytwarzania kształtowała się w granicach od 269 790 do 451 419 Mg.

Z analizy wynika, że od 48 do 71% frakcji energetycznej w województwie zasila

prawdopodobnie strumień niesegregowanych (zmieszanych) odpadów komunalnych.

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. morfologii (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. morfologii (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



Udział frakcji energetycznej w strumieniu odpadów komunalnych w skali całego kraju

13 / 18

Udział frakcji energetycznych (>12 MJ/kg) (papier i tektura, tworzywa sztuczne, odpady wielomateriałowe, tekstylia, drewno) w strumieniu odpadów komunalnych wytworzonych w skali całego kraju:

- **zastosowano średnią ważoną** wskaźników dużego, małego miasta i obszaru wiejskiego;
- obliczona średnia ważona udziału frakcji energetycznych **dla Polski wynosi 29,8 %**.

Parametr	Duże miasto >50 000	Małe miasto <50 000	Obszar wiejski
Udział frakcji energetycznych (>12 MJ/kg) w strumieniu odpadów (papier i tektura, tworzywa sztuczne, odpady wielomateriałowe, tekstylia, drewno) [%]	39,0	29,0	22,2
Wskaźnik wytwarzania frakcji energetycznych wg Kpgo 2014 [kg/M/rok]	150,5	100,3	51,9
Wskaźnik wytwarzania frakcji energetycznych wg Kpgo 2022 [kg/M/rok], prognozy w 2025r.	117,8–122,1	87,6–90,8	67,0–69,5
Wskaźnik wytwarzania frakcji energetycznych wg Kpgo 2022 [kg/M/rok], prognozy w 2030r.	122,5–128,7	91,1–95,7	69,7–73,2

wg Kłojzy-Karczmarczyk B., Staszczak J. 2017



Prognoza wytwarzania odpadów komunalnych w Polsce

14 / 18

Prognoza wytwarzania odpadów komunalnych w Polsce w latach 2016 – 2022 [na podstawie Kpgo 2022]

Rok	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ludność Polski [tys. M]	38433	38434	38411	38383	38265	38080	37987
Masa wytworzonych odpadów komunalnych [tys. Mg]	10952	11025	11099	11173	11246	11320	11393
Wskaźniki wytwarzania [kg/M]	285	287	289	291	294	297	300
Fracja energetyczna 29,8% [tys. Mg]	3264	3286	3308	3329	3351	3373	3395

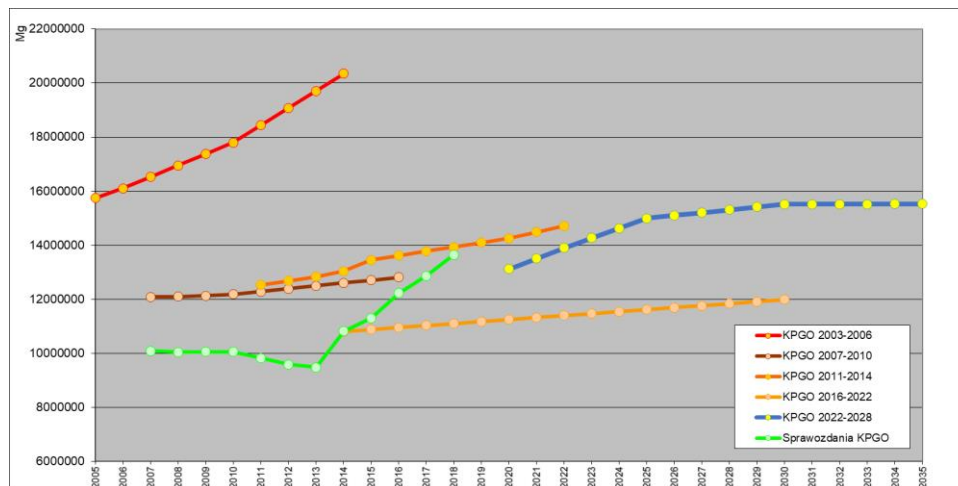
Prognoza wytwarzania odpadów komunalnych w Polsce w latach 2020 – 2026 [na podstawie Kpgo 2028]

Rok	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Ludność Polski [tys. M]	38265	38080	37987	37905	37824	37742	37631
Masa wytworzonych odpadów komunalnych [tys. Mg]	13117	13507	13897	14263	14629	14995	15100
Wskaźniki wytwarzania [kg/M]	343	355	366	376	387	397	401
Fracja energetyczna 29,8% [tys. Mg]	3909	4025	4141	4250	4359	4468	4500



Rzeczywiste wartości wytwarzania odpadów komunalnych w Polsce

Wytwarzanie odpadów komunalnych według prognoz i wartości rzeczywistych



Rzeczywista masa wytwarzanych odpadów komunalnych w latach 2017 - 2019 [na podstawie Sprawozdania z realizacji Kpgo za lata 2017-2019]

Wyszczególnienie	2017	2018	2019
Wytwarzanie wg prognoz z Kpgo [Mg]	11 025 000	11 099 000	11 173 000
Wytwarzanie wg Sprawozdania z realizacji Kpgo [Mg]	12 869 100	13 645 300	-
Różnica masy odpadów komunalnych [Mg]	-1 844 100	-2 546 300	-
Różnica [%]	-16,7	-22,9	-
Frakcja energetyczna wg prognoz z Kpgo [Mg]	3 285 593	3 307 508	3 329 424
Frakcja energetyczna wg Sprawozdania z realizacji Kpgo [Mg]	3 834 992	4 066 299	-
Różnica masy frakcji energetycznej [Mg]	-549 399	-758 791	-



- Rzeczywiste wielkości wytwarzania odpadów komunalnych, wynikające ze sprawozdań, na przestrzeni wielu lat były o wiele niższe niż prognozowane w kolejnych edycjach Kpgo. Wykazane różnice w wartościach wynoszą 10 – 40 %, w zależności od zakresu analizowanych lat.
- Po raz pierwszy, uzyskane wartości rzeczywiste są wyższe od prognozowanych dla lat 2017-2019. Wielkości te są uzależnione od zastosowanej metodyki prognozowania i od zmieniających się założeń całego systemu gospodarowania odpadami.
- Obliczona wielkość udziału frakcji energetycznej w skali całego kraju wynosi 29,8%.
- **Rzeczywiste masy frakcji energetycznej** zawartej w wytwarzanych odpadach komunalnych **były niższe o ok. 2 mln Mg** od wartości prognozowanych w roku 2007 i o **ok. 415 000 Mg** w roku 2016.
- **Po raz pierwszy rzeczywiste wielkości były wyższe** od prognozowanych o **ok. 550 000 Mg** w 2017 roku i kolejno o **ok. 760 000 Mg** w 2018 roku.



- **Wytwarzanie odpadów komunalnych jest zróżnicowane** na obszarach analizowanych województw. Również udziały poszczególnych frakcji morfologicznych w całym strumieniu odpadów komunalnych są zróżnicowane w zależności od województwa.
- Generalnie **utrzymuje się tendencja wzrostowa wytwarzania frakcji energetycznej**, co jest zgodne ze wzrostem masy wytwarzanych odpadów komunalnych.
- Istotnym 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.



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

Praca częściowo opublikowana w:

Klojzy-Karczmarczyk B., Makoudi S. 2023 - Frakcja energetyczna w odpadach komunalnych wytwarzanych w wybranych województwach południowo-wschodniej Polski.

Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, nr 111, str. 167-180

Dziękuję za uwagę!



Beata Kłojzy-Karczmarczyk
beatakk@min-pan.krakow.pl

Pracownia Badań Środowiskowych i Gospodarki Odpadami

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN