



Said MAKOUDI*, Jarosław STASZCZAK**

Próba optymalizacji systemu selektywnej zbiórki odpadów komunalnych u źródła w zabudowie jednorodzinnej

Streszczenie: Selektywne zbieranie odpadów komunalnych na obszarze gminy prowadzi się w różnicowany sposób w zależności od charakteru zabudowy. Projektowanie systemu selektywnego zbierania odpadów wymaga znajomości szeregu danych, m.in. liczba ludności, morfologia i ilość wytwarzanych odpadów, wskaźniki wytwarzania odpadów. Prognozowanie wytwarzania odpadów w okresie do 2020 roku wymaga znajomości prognozy zmian ilości ludności. Przewidywane wieloletnie zmiany ludności gminy opracowuje się zazwyczaj na podstawie powiatowych lub wojewódzkich danych statystycznych.

Opracowane dla modelowej zabudowy jednorodzinnej prognozy wytwarzania odpadów komunalnych wraz z określonymi parametrami systemu selektywnego zbierania odpadów wykazują, że system selektywnego zbierania z terenu przyjętej modelowej zabudowy jednorodzinnej zamieszkałej przez 10 000 osób można zoptymalizować dostosowując częstotliwość wywozu do ilości wytworzonych odpadów. Optymalnym rozwiązaniem dla nieruchomości w zabudowie jednorodzinnej wyposażonej w pojemnik 120 dm³ na odpady zmieszane oraz w komplet worków na odpady surowcowe, wydaje się być trzytygodniowa częstotliwość wywozu odpadów zmieszanych z zastrzeżeniem, że odpady ulegające biodegradacji zostaną kierowane do przydomowych kompostowników. Optymalna częstotliwość wywozu odpadów surowcowych jest raz na trzy miesiące. Optymalizacja systemu wpływa przede wszystkim na wysokość kosztów transportu, które stanowią jeden z podstawowych parametrów określających koszty opłat wnoszonych przez mieszkańców.

Słowa kluczowe: odpady komunalne, zabudowa jednorodzinna, selektywne zbieranie, odpady surowcowe, odpady zmieszane, częstotliwość wywozu

An attempt to optimize the system of selective collection of municipal waste at the source in detached houses

Abstract: The selective collection of municipal waste in a municipality can be carried out in different ways, depending on the nature of the building. Designing a system of selective collection requires much information including the size of the population, the morphology and quantity of waste generated, and waste generation rates.

* Dr inż., ** Mgr inż., Zakład Odnawialnych Źródeł Energii i Badań Środowiskowych, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków; e-mail: makoudi@min-pan.krakow.pl; jaro@min-pan.krakow.pl

Forecasting of waste generation in the period up to 2020 requires knowledge of the change in the size of the population. The predicted number of inhabitants of the long-term changes in the analyzed commune developed normally on the basis of powiat or voivodship statistics.

The model developed for forecasting detached houses' production of municipal waste, within the specified parameters of the selective waste collection system, shows that the system of selective collection in an area inhabited by 10,000 people can be optimized by adjusting the frequency export to the amount of waste generated. The optimal solution for detached houses equipped with a 120 dm³ container for mixed waste and complete waste sacks of raw materials seems to be a frequency three times per week of mixed waste disposal, provided that bio-degradable waste will be sent for home composting. The optimal frequency for waste disposal of raw materials is once every three months. The optimizing system primarily affects the transport cost, which is one of the fundamental parameters determining the fee paid by the residents.

Key words: municipal waste, detached houses, selective collection, raw material waste, mixed waste, the frequency of transport

1. Wprowadzenie i uwarunkowania prawne

Nowelizacja ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (tekst jednolity, Dz.U. z 2012 r., poz. 391 z późn. zm) wprowadza zmiany w organizacji systemu selektywnego zbierania odpadów komunalnych w gminie. Zgodnie z wymienioną ustawą gminy są obowiązane osiągnąć do dnia 31 grudnia 2020 r. poziom recyklingu i przygotowania do ponownego użycia na poziomie co najmniej 50% wagowo dla papieru, metali, tworzyw sztucznych i szkła oraz poziom recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami dla odpadów budowlanych i rozbiórkowych w wysokości co najmniej 70% wagowo.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 czerwca 2012 roku w sprawie poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami niektórych frakcji odpadów komunalnych (Dz.U. z 2012 r., poz. 645.) określa:

- poziomy recyklingu i przygotowania do ponownego użycia następujących frakcji odpadów komunalnych: papieru, metali, tworzyw sztucznych i szkła,
- poziomy recyklingu i przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami innych niż niebezpieczne odpadów budowlanych i rozbiórkowych.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 czerwca 2012 r w sprawie poziomów ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania oraz sposobu obliczania poziomu ograniczania masy tych odpadów (Dz.U. z 2012, poz. 676) określa poziomy ograniczania masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania w stosunku do masy tych odpadów wytworzonych w 1995 r. Dopuszczone poziomy odpadów ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania przedstawia tabela 1.

Rada gminy, po zasięgnięciu opinii państwowego powiatowego inspektora sanitarnego, uchwała regulamin utrzymania czystości i porządku na terenie gminy, który określa szczególne zasady utrzymania czystości i porządku dotyczące:

- wymagań w zakresie utrzymania czystości i porządku na terenie nieruchomości obejmujących m.in. prowadzenie selektywnego zbierania i odbierania odpadów komunalnych, w tym powstających w gospodarstwach domowych przeterminowanych leków i chemikaliów, zużytych baterii i akumulatorów, zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego, mebli i innych odpadów wielkogabarytowych, odpadów budowlanych i rozbiórkowych oraz zużytych opon, a także odpadów zielonych;

TABELA 1. Zestawienie wymagań prawnych w zakresie selektywnego zbierania odpadów komunalnych do roku 2020

TABLE 1. Summary of legislative requirements for the selective collection of municipal waste till 2020

Rodzaj odpadu	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Poziomy recyklingu i przygotowania do ponownego użycia odpadów								
Papier, metal, tworzywa sztuczne, szkło*	10	12	14	16	18	20	30	40	50
Inne niż niebezpieczne odpady budowlane i rozbiórkowe*	30	36	38	40	42	45	50	60	70
Dopuszczone poziomy masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania w stosunku do masy tych odpadów wytworzonych w 1995 r. [%]**	75	50	50	50	45	45	40	40	35

* Dz.U. z 2012 r., poz. 645

** Dz.U. z 2012 , poz. 676

- rodzaju i minimalnej pojemności urządzeń przeznaczonych do zbierania odpadów komunalnych na terenie nieruchomości oraz na drogach publicznych, warunków rozmieszczania tych urządzeń i ich utrzymania w odpowiednim stanie sanitarnym, porządkowym i technicznym;
- częstotliwości i sposobu pozbywania się odpadów komunalnych i nieczystości ciekłych z terenu nieruchomości oraz z terenów przeznaczonych do użytku publicznego.

W prezentowanej pracy opracowano system selektywnego zbierania dla modelowej gminy o zabudowie jednorodzinnej i liczbie mieszkańców na poziomie 10 000. Propozowany system obejmuje optymalizację częstotliwości wywozu odpadów komunalnych oraz stopień zapewnienia pojemnika.

2. Prognoza wytwarzania i selektywnego zbierania odpadów

Gminy, ustosunkowując się do powyższych uwarunkowań prawnych, wdrażają różne systemy selektywnego zbierania odpadów komunalnych, których skuteczność zależy w dużej mierze od przyjętych założeń oraz przede wszystkim od ilości rzeczywiście wytwarzanych odpadów. W większości gmin brak jest opracowywanych gminnych morfologii wytwarzania odpadów, co utrudnia szacowanie ilości wytwarzanych odpadów w gminie.

Projektowanie systemu selektywnego zbierania odpadów wymaga znajomości takich danych jak m.in. liczba ludności, morfologia i ilość wytwarzanych odpadów, wskaźniki wytwarzania odpadów. Prognozowanie wytwarzania odpadów do 2020 roku wymaga znajomości prognozy ludności. Prognozę ludności gminy opracowuje się zazwyczaj na podstawie powiatowych lub wojewódzkich danych statystycznych (GUS, BDL 2011).

Szacowane ilości powstających odpadów na terenie danej gminy prowadzi się na podstawie wspomnianych powyżej parametrów (liczba ludności, morfologia odpadów, wskaź-

niki wytwarzania odpadów). W przypadku braku danych gminnych, do szacowań przyjmuje się dane z Krajowego planu gospodarki odpadami, wojewódzkiego planu gospodarki odpadami oraz dane statystyczne (Grabowski 2011). Należy tu zaznaczyć, że przyjęcie danych pochodzących z dokumentów wyższego szczebla w miejsce danych lokalnych może mieć wpływ na dokładność oszacowań.

Biorąc pod uwagę fakt, że zbieranie odpadów na obszarze gminy prowadzi się w różnicowany sposób w zależności od charakteru zabudowy, prognozę wytwarzania odpadów oraz określenie niektórych parametrów systemu selektywnego zbierania odpadów należy opracować oddzielnie dla **zabudowy wielorodzinnej i jednorodzinnej**.

Na podstawie opracowanej **prognozy wytwarzania odpadów** określa się wielkości selektywnie zebranych odpadów surowcowych i innych wymaganych frakcji. Ilości odpadów poszczególnych frakcji, wymagane do osiągnięcia w danym roku (poziomy odzysku) określa się na podstawie wytycznych rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami (Dz.U. z 2012, poz. 645) oraz rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 18 czerwca 2012 r w sprawie poziomów ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania oraz sposobu obliczania poziomu ograniczania masy tych odpadów (Dz.U. z 2012, poz. 676).

2.1. Odpady komunalne ogółem

Proponowany system selektywnego zbierania odpadów opracowano dla zabudowy jednorodzinnej liczącej 10 000 ludności. Prognoza wytwarzania odpadów komunalnych została opracowana dla następujących grup odpadów zgodnie z przyjętą w Krajowym Planie Gospodarki Odpadami 2014 analizą morfologiczną (M.P.2010, nr 101, poz. 1183):

- odpady komunalne wytworzone ogółem,
- odpady surowcowe, tj. papier, tworzywa sztuczne, szkło, metale,
- odpady ulegające biodegradacji ogółem (w tym odpady zielone),
- odpady niebezpieczne w odpadach komunalnych (w tym baterie i akumulatory, niebezpieczne elementy ze zużytych urządzeń),
- odpady wielkogabarytowe (w tym zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny),
- odpady budowlano-remontowe,
- odpady komunalne zbierane w sposób zmieszany (z wyłączeniem masy odpadów zbieranych zgodnie z wymaganymi poziomami selektywnego zbierania).

2.2. Odpady surowcowe selektywnie zbierane

Dla zabudowy jednorodzinnej zakładano, że odpady surowcowe zbierane będą selektywnie do czterech worków o pojemnościach 0,12 m³ (oddzielnie szkło białe i kolorowe, papier i makulatura oraz łącznie tworzywa sztuczne i drobne metale), a odpady zmieszane do pojemników 120 dm³. Każde gospodarstwo indywidualne będzie zaopatrzone w komplet worków jeden raz na miesiąc oraz jeden pojemnik na odpady zmieszane.

TABELA 2. Prognoza wytworzenia odpadów komunalnych przez 10 000 mieszkańców dla zabudowy jednorodzinnej [Mg/rok] w latach 2013 i 2020

TABLE 2. Prognosis production of municipal waste for detached housing [Mg/year] in the years 2013 and 2020

	2013	2020
Papier i tektura	124	136
Szkło	249	272
Metale	60	65
Tworzywa sztuczne	256	280
Odpady wielomateriałowe	99	109
Odpady kuchenne i ogrodowe	823	899
Odpady mineralne	149	163
Frakcje <10mm	420	459
Tekstylia	52	57
Drewno	18	19
Odpady niebezpieczne	20	22
Inne kategorie	122	133
Odpady wielkogabarytowe	32	35
Odpady z terenów zielonych	62	68
Ogółem zabudowa jednorodzinna	2 486	2 717

Źródło: Na podstawie wskaźników KPGO 2014

Ilość worków koniecznych dla modelowej zabudowy jednorodzinnej (obszaru całej gminy), obliczona na podstawie podanego w rozdziale 3 wzoru, przedstawia tabela 3. W tabeli podano także:

- wymagane prawem poziomy odzysku odpadów surowcowych w latach 2013 i 2020, obliczone zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki (Dz.U. z 2012, poz. 645) oraz wskaźnikami KPGO 2014;
- masę odpadów surowcowych konieczną do selektywnego zebrania na obszarach zabudowy jednorodzinnej w poszczególnych latach celem osiągnięcia odpowiednich poziomów odzysku;
- minimalną ilość worków, która musi być rozstawiona na obszarze gminy (zabudowy jednorodzinnej) celem osiągnięcia odpowiednich poziomów odzysku w poszczególnych latach (przy założeniu całkowitego zapełnienia worków i założonej częstotliwości wywozu – co 1 miesiąc);
- całkowitą prognozowaną masę wytworzonych odpadów surowcowych przez mieszkańców.

Masa odpadów surowcowych przeznaczona do selektywnego zebrania, zgodnie z wymaganymi poziomami w poszczególnych latach, jest wyjściowa do liczenia wymaganych minimalnych ilości worków na obszarze zabudowy jednorodzinnej.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika:

- w celu osiągnięcia odpowiednich poziomów odzysku odpadów surowcowych istnieje konieczność rozstawienia zróżnicowanych ilości w zależności od rodzaju odpadu;
- największą wymaganą ilość worków obliczono dla selektywnie zebranej frakcji tworzyw sztucznych oraz metali;
- worki na szkło białe i kolorowe oraz papier (przy założeniu tej samej częstotliwości wywozu) nie będą całkowicie zapełnione;
- chcąc zapewnić wypełnienie pojemności worków, należy przyjąć zróżnicowaną częstotliwość odbioru i wywozu.

TABELA 3. Wymagane poziomy recyklingu i odzysku odpadów oraz ilości worków konieczne do rozstawienia na obszarze zabudowy jednorodzinnej w latach 2013 i 2020

TABLE 3. Required levels of recycling and recovery and the number of bags required for deployment in the detached housing area in the years 2013 and 2020

Rodzaj odpadu	Poziomy, pojemniki/ worki, wytwarzanie dla obszaru gminy (3484 gospodarstw)	Rok 2013	Rok 2020
Papier	masowe poziomy odzysku [Mg]	15	68
	liczba worków	105	480
	wytworzone ogółem [Mg]	124	136
Szkło	masowe poziomy odzysku [Mg]	30	136
	liczba worków	22	423
	wytworzone ogółem [Mg]	249	272
Tworzywa sztuczne i metale	masowe poziomy odzysku [Mg]	38	177
	liczba worków	587	2 675
	wytworzone ogółem [Mg]	316	345
Odpady ulegające biodegradacji	wytworzone, (w tym odpady zielone) [Mg]	1 210	1 323
	masowe limity dopuszczone do składowania [Mg]	247	173
	masa odpadów pomniejszona o dopuszczone limity (przeznaczone do odzysku) [Mg]	963	1 150
Odpady wielkogabarytowe	wytworzone [Mg]	32	3
	masowe poziomy odzysku [Mg]	8	21
Zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny	wytworzone [Mg]	40	40
	masowe poziomy odzysku [Mg]	32	32
Odpady budowlane	wytworzone [Mg]	122	133
	masowe poziomy odzysku [Mg]	44	93
Baterie i akumulatory	wytworzone [Mg]	2	2
	masowe poziomy odzysku [Mg]	1	1

2.3. Pozostałe odpady selektywnie zbierane

Selektywne zbieranie pozostałych odpadów komunalnych (tj. odpadów ulegających biodegradacji, odpadów wielkogabarytowych, odpadów budowlano-remontowych, odpadów niebezpiecznych z sektora komunalnego) jest wymogiem prawnym. Zakłada się, że wymienione odpady nie będą zbierane do worków lub pojemników przydomowych, lecz kierowane do Punktu Selektywnego Zbierania Odpadów Komunalnych lub do ogólnodostępnych innych punktów zbierania odpadów.

W tabeli 3 przedstawiono oszacowaną masę poszczególnych grup odpadów, która powinna być zbierana w sposób selektywny w sektorze komunalnym. Masę poszczególnych grup odpadów oszacowano z uwzględnieniem odpowiednich poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami.

2.4. Odpady zbierane w sposób zmieszany

Przy założeniu selektywnego zbierania odpadów surowcowych, odpadów z terenów zielonych, odpadów wielkogabarytowych, odpadów remontowo-budowlanych, zużytego

TABELA 4. Udział oraz masa frakcji odpadów wchodzących w skład odpadów zmieszanych [Mg]

TABLE 4 Participation and weight fractions included in mixed waste [Mg]

Rodzaj odpadu	2013	2020
Papier i tektura	109	68
Szkło	219	136
Metale	53	33
Tworzywa sztuczne	225	140
Odpady wielomateriałowe	99	109
Odpady kuchenne i ogrodowe	823	899
Odpady mineralne	149	163
Fracje <10 mm	420	459
Tekstylia	52	57
Drewno	18	19
Inne kategorie	78	40
Odpady wielkogabarytowe	24	14
Razem zmieszane	2 269	2137
Razem odpady zmieszane bez kuchennych, budowlanych i wielkogabarytowych	1 344	1183

Źródło: opracowanie własne

sprzętu elektrycznego i elektronicznego i odpadów niebezpiecznych, do pozostałych odpadów zbieranych w sposób zmieszany zalicza się:

- 50% masy odpadów surowcowych (papier, szkło, tworzywa sztuczne i metal),
- 100% odpadów ulegających biodegradacji (bez odpadów zielonych),
- 30% odpadów wielkogabarytowych,
- 60% odpadów wielomateriałowych,
- 20% zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego,
- 30% odpadów remontowo-budowlanych,
- 100% odpadów mineralnych,
- 70% frakcji <10 mm,
- 50% odpadów tekstylnych,
- 50% drewna.

W tabeli 4 oszacowano udział oraz masę frakcji odpadów wchodzących w skład odpadów zmieszanych.

3. Szacowanie optymalnej ilości pojemników oraz stopnia ich zapelniania

Określenie **ilości niezbędnych pojemników i/lub worków** koniecznych do zbierania odpadów surowcowych i zmieszanych w poszczególnych latach celem osiągnięcia odpowiednich rocznych poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia jest kolejnym etapem projektowania systemu selektywnego zbierania odpadów. **Ilości niezbędnych pojemników i/lub worków** można określić za pomocą przekształconego wzoru podawanego w poradniku (Opęchowski 2006).

$$n = \frac{W_v \cdot M \cdot t}{V}$$

gdzie:

- n – liczba pojemników/worków o pojemności V ,
- W_v – objętościowy wskaźnik wytwarzania odpadów [$\text{dm}^3/\text{mieszkańca}/\text{dzień}$],
- M – liczba mieszkańców,
- t – liczba dni (częstotliwość odbioru),
- V – pojemność pojemnika/worka [dm^3].

3.1. Zbieranie odpadów surowcowych

Celem określenia dla zabudowy jednorodzinnej ilości niezbędnych worków do zbierania odpadów surowcowych oraz stopnia ich zapelniania przyjęto, że każde gospodarstwo wyposażone będzie w komplet czterech worków o pojemności 120 dm^3 do selektywnego zbierania odpadów surowcowych (łącznie tworzywa sztuczne i metal, szkło białe, szkło kolorowe, papier). Odbiór i wywóz odpadów surowcowych prowadzony będzie od jednego razu w miesiącu do jednego razu na 6 miesięcy.

Konieczność wyposażenia nieruchomości zabudowy jednorodzinnej w komplet pojemników/worków wykazuje, że ilość posiadanych worków będzie większa od niezbędnych w danym roku ilości zapewniających zbieranie wymaganych poziomów odpadów surowcowych. Stosunek liczby posiadanych worków do koniecznych ilości istotnych do spełnienia wymogów prawnych wykazuje, że stopień zapełniania worków zależy od ustalonej częstotliwości wywozu odpadów.

Dla przyjętej częstotliwości wywozu odpadów surowcowych z terenu zabudowy jednorodzinnej określono w tabeli 5 liczbę worków dla poszczególnych frakcji surowców wtórnych (papier, szkło łącznie, tworzywa sztuczne i metale łącznie) oraz ich stopień zapełniania.

Stopień napełnienia worków w poszczególnych latach przy wyposażeniu każdej posesji zabudowy jednorodzinnej w zestaw worków o takich samych pojemnościach przedstawia tabela 5 i rysunek 1. Przy częstotliwości wywozu raz na miesiąc worki z przeznaczeniem na tworzywa sztuczne i metale zostaną w 50% napełnione dopiero w roku 2020 roku. Worki z przeznaczeniem na pozostałe frakcje zbierane selektywnie osiągną stopień napełnienia kolejno 14% dla papieru, 12% dla szkła przy wywozie jeden raz w miesiącu.

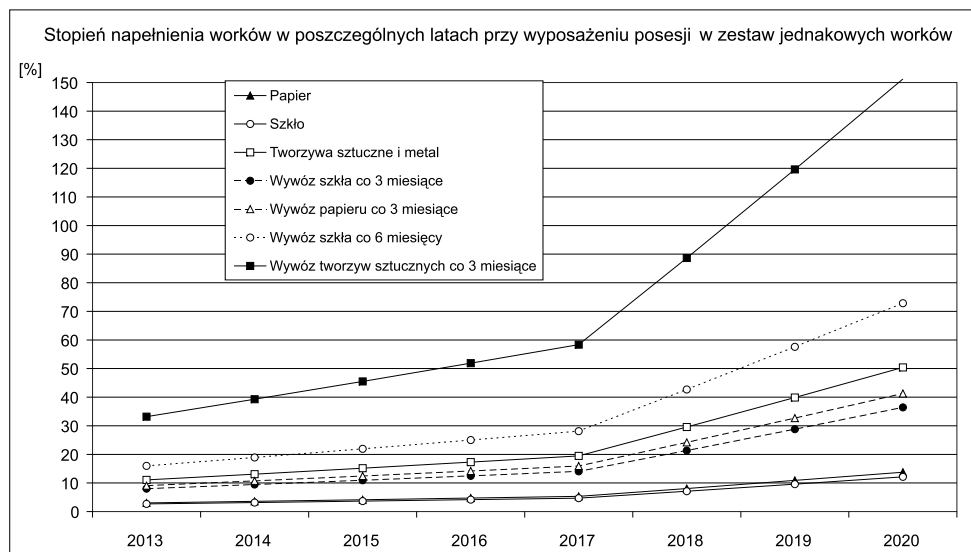
Przy częstotliwości wywozu raz na trzy miesiące stopień napełnienia wynosi odpowiednio od 9% w 2013 roku do 41% w 2020 roku dla papieru, od 8% w 2013 roku do 36% w 2020 roku dla szkła i od 33% w 2013 roku do 150% w 2020 roku dla tworzyw sztucznych i metali. Na przełomie 2018 i 2019 roku zachodzi konieczność zwiększenia częstotliwości wywozu tworzyw sztucznych i metali do około raz na dwa miesiące.

Stopień napełnienia worków może jednak wzrastać przy zwiększonym poziomie selektywnego zbierania, ponad wymagane prawem poziomy odzysku i recyklingu, jednak nie przekroczy przykładowo dla papieru 25–30% przy zbieraniu raz w miesiącu maksymalnej ilości odpadów tj. 100% ilości wytworzonych.

TABELA 5. Stopień napełnienia worków przy określonej częstotliwości wywozu z obszaru zabudowy jednorodzinnej [%]

TABLE 5 The degree of filling bags at a fixed frequency exports from the detached housing [%]

Rodzaj odpadu		2013	2020
Papier	ilość worków wymagana zgodnie z poziomami odzysku	105	480
	stopień napełniania przy odbiorze 1 × na miesiąc	3	14
	stopień napełniania przy odbiorze 1 × 3 miesiące	9	41
	stopień napełniania przy odbiorze 1 × 6 miesięcy	18	83
Szkło łącznie	ilość worków wymagana zgodnie z poziomami	93	423
	stopień napełniania przy odbiorze 1 × na miesiąc	3	12
	stopień napełniania przy odbiorze 1 × 3 miesiące	8	36
	stopień napełniania przy odbiorze 1 × 6 miesięcy	16	73
Tworzywa sztuczne i metale	ilość worków wymagana zgodnie z poziomami	386	1 756
	stopień napełniania przy odbiorze 1 × na miesiąc	11	50
	stopień napełniania przy odbiorze 1 × 3 miesiące	33	151



Rys. 1. Przykładowy stopień napełnienia worków w poszczególnych latach przy wyposażeniu każdej posesji w zestaw jednakowych worków

Fig. 1. An example of the degree of filling bags in each year at each premises equipped with a set of identical bags

Uwzględniając wymagane poziomy zbierania odpadów surowcowych oraz stopień napełniania poszczególnych worków, który przedstawiono w tabeli 5 stwierdzono, że wywóz odpadów surowcowych raz na miesiąc skutkuje bardzo niskim stopniem napełnienia. Z kolei wywóz co 6 miesięcy powoduje pozostawienie na terenie posesji worków z odpadami co jest uciążliwe dla mieszkańców. Stąd optymalnym rozwiązaniem wydaje się być wywóz odpadów surowcowych selektywnie zbieranych raz na 3 miesiące z nieruchomości zabudowy jednorodzinnej.

3.2. Zbieranie odpadów w sposób zmieszany

Celem określenia ilości niezbędnych pojemników do zbierania zmieszanych odpadów komunalnych z terenu zabudowy jednorodzinnej oraz stopnia ich zapełniania założono, że każde gospodarstwo wyposażone będzie w pojemnik 120 dm³, do którego trafiać będą pozostałe odpady nie zbierane selektywnie za wyjątkiem odpadów kuchennych i ogrodowych, odpadów budowlanych i wielkogabarytowych. Zakłada się, że odpady kuchenne i ogrodowe zagospodarowane zostaną we własnym zakresie w kompostowniach przydomowych, a odpady budowlane i wielkogabarytowe kierowane będą do punktów selektywnego zbierania odpadów komunalnych.

Dla założonych częstotliwości wywozu odpadów zmieszanych z terenu zabudowy jednorodzinnej określono w tabelach 6 i 7 liczbę pojemników, o pojemności 120 dm³ i 1100 dm³, potrzebnych do zbierania rocznych ilości wytwarzanych zmieszanych oraz oszacowano ich stopień zapełniania.

Stopień zapełnienia pojemników w poszczególnych latach przy wyposażeniu każdej posesji zabudowy jednorodzinnej w jeden pojemnik 120 dm³ lub 1100 dm³ na odpady zmieszane przedstawia tabela 6 i 7 oraz rysunek 2.

TABELA 6. Zależność liczby pojemników od częstotliwości wywozu komunalnych odpadów zmieszanych

TABLE 6. Dependency between the number of containers and the frequency of mixed municipal waste exports

Liczba pojemników/Częstotliwość wywozu [dni]	Rok 2013	Rok 2020
Liczba gospodarstw	3 484	3 484
Ilość wytworzonych odpadów zmieszanych [Mg]	1 344	1 183
Liczba pojemników* 120 dm ³ wymagana przy częstotliwości wywozu:		
– co 7 dni	976	860
– co 15 dni	2 092	1 842
– co 21 dni	2 929	2 579
– co 30 dni	4 185	3 684
Liczba pojemników 1100 dm ³ wymagana przy opróżnianiu:		
– co 7 dni	107	94
– co 15 dni	228	201
– co 21 dni	320	281
– co 30 dni	457	402

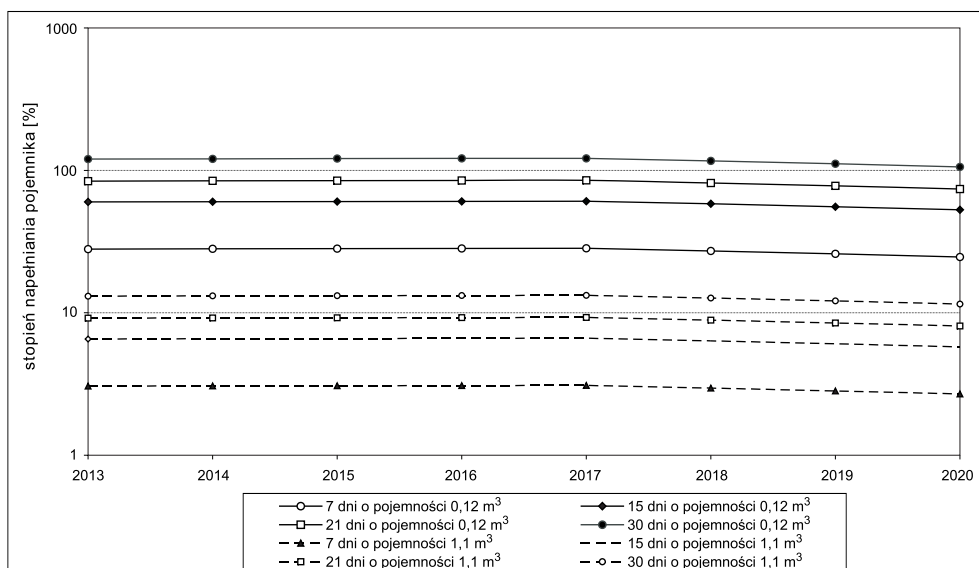
* Obliczona liczba pojemników konieczna do zbierania całkowitej masy odpadów zmieszanych z terenu gminy.
Źródło: opracowanie własne dla gminy o liczbie mieszkańców 10 000 (3484 gospodarstw)

TABELA 7. Zależność stopnia zapełnienia od częstotliwości wywozu komunalnych odpadów zmieszanych

TABLE 7. Dependence of the degree of filling of the frequency of mixed municipal waste exports

Ilość worków/stopień napełniania worków [%]	Rok 2013	Rok 2020
Liczba gospodarstw *	3 484	3 484
Ilość pojemników wymagana	976	860
Stopień zapełnienia pojemnika 120 dm ³ w [%] przy częstotliwości wywozu:		
– co 7 dni,	28	25
– co 15 dni,	60	53
– co 21 dni,	84	74
– co 30 dni,	120	106
Stopień zapełnienia pojemnika 1100 dm ³ w [%] przy częstotliwości wywozu:		
– co 7 dni,	3	3
– co 15 dni,	7	6
– co 21 dni,	9	8
– co 30 dni	13	12

Źródło: Opracowanie własne dla gminy o liczbie mieszkańców 10 000 (3 484 gospodarstw).



Rys. 2. Zależność stopnia zapełnienia wybranego pojemnika na odpady zmieszane od częstotliwości wywozu w poszczególnych latach

Fig. 2. Dependence of the degree of filling of the selected container for mixed waste and frequency of exports each year

Stopień zapełnienia pojemnika zależy od częstotliwości jego wywozu. Przy tygodniowej częstotliwości opróżniania pojemnik 120 dm³ będzie zapełniony tylko w 28–25%, natomiast przy miesięcznej częstotliwości opróżniania stopień zapełnienia wynosi 120–106%, co oznacza że przy miesięcznym opróżnianiu należy wyposażyć posesję w dodatkowy pojemnik. Optymalnym rozwiązaniem wydaje się być trzy tygodniowa częstotliwość wywozu, zapewniająca 84–74% zapełnienia pojemnika.

Pojemnik 1100 dm³ przy tygodniowej częstotliwości opróżniania zapełni się zaledwie w 3%, a przy miesięcznym opróżnianiu zapełni się w 13% jego objętości.

Na rysunku 2 przedstawiono częstotliwość wywozu pojemników 1,1 m³ oraz worków 0,12 m³.

Podsumowanie i wnioski

Oszacowane, zgodnie z obowiązującymi wymogami prawnymi, ilości zbieranych odpadów dla obszaru **zabudowy jednorodzinnej** zamieszkałej przez 10 000 osób wykazują, że system selektywnego zbierania z przyjętego terenu można zoptymalizować dostosowując częstotliwość wywozu oraz wielkość pojemnika do ilości zbieranych odpadów.

Przeprowadzone oszacowania stopnia napełniania worków i pojemników dla trzech różnych częstotliwości wywozu wykazują, że optymalnym rozwiązaniem do zastosowania dla nieruchomości zabudowy jednorodzinnej zamieszkałej przez 10 000 osób jest wyposażenie posesji w komplet worków na odpady surowcowe oraz w pojemnik 120 dm³ do

zbierania pozostałych odpadów zmieszanych, nie zawierających frakcji ulegającej biodegradacji. Optymalnym rozwiązaniem wydaje się być wywóz odpadów zmieszanych raz na trzy tygodnie. Do oszacowań przyjęto, że w zabudowie jednorodzinnej odpady ulegające biodegradacji poddawane są kompostowaniu w przydomowych kompostowniach.

Optymalna częstotliwość wywozu odpadów surowcowych zbieranych do worków 120 dm³ jest raz na trzy miesiące. Jednak przy częstotliwości wywozu tworzyw sztucznych co 3 miesiące, przy zachowaniu obowiązujących poziomów odzysku odpadów surowcowych, od roku 2019 będzie konieczne dodanie drugiego worka lub częstszy odbiór odpadów z tworzyw sztucznych. Ponadto oszacowany stopień napełniania worków dowodzi, że stosowanie pojemnika o objętości powyżej 120 dm³ jest niecelowe. Optymalizacja systemu wpływa przede wszystkim na wysokość kosztów transportu, które stanowią jeden z podstawowych parametrów określających koszty opłaty wnoszonej przez mieszkańców.

Literatura

- Grabowski Z., 2011 – Wytyczne dla gmin dotyczące wdrażania systemu gospodarowania odpadami komunalnymi. Ministerstwo Środowiska.
- Opęchowski S., 2006 – Zasady określania liczby i rodzaju pojemników do zbierania odpadów komunalnych w tym do selektywnego gromadzenia oraz częstotliwości ich opróżniania. Poradnik. Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Ekologii Miast OBREM. Łódź.
- Rocznik statystyczny GUS, BDL, 2011 (www.stat.gov.pl).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 25 maja 2012 r. w sprawie poziomów ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania oraz sposobu obliczania poziomu ograniczania masy tych odpadów (Dz.U. poz. 676).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 maja 2012 r. w sprawie poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami niektórych frakcji odpadów komunalnych (Dz.U., poz. 645).
- Uchwała Nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r. w sprawie Krajowego planu gospodarki odpadami 2014 r. (M.P.2010, nr 101, poz. 1183),
- Ustawa z dnia 13 września 1996 roku o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (tekst jednolity, Dz.U. z 2012, poz. 391 z późn. zm.).

