



Research on waste generation indicators for 40 thousand inhabitants community

Agnieszka GENEROWICZ¹, Krzysztof GASKA²

¹ ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków tel. 12 628 21 83, agenerowicz@pk.edu.pl

² ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

Abstract

The article presents the methodology and results of mass ratios and the volume of waste accumulation in a small community. These indicators are output to the planning and construction waste management system. The results obtained confirm the estimates of the literature and can be used in determining the rates of accumulation of similar communities.

Keywords: municipal waste, waste research, indicator accumulation of waste by weight, indicator accumulation of waste volume

Streszczenie

Badanie wskaźników nagromadzenia odpadów komunalnych w 40 – tysięcznej jednostce osadniczej

Artykuł prezentuje metodykę i wyniki badań wskaźników masowych i objętościowych nagromadzenia odpadów w małej jednostce osadniczej. Wskaźniki te stanowią dane wyjściowe do planowania i budowy systemu gospodarki odpadami. Otrzymane wyniki potwierdzają szacunkowe dane literaturowe i mogą być wykorzystywane przy określaniu wskaźników nagromadzenia dla podobnych jednostek osadniczych.

Słowa kluczowe: odpady komunalne, badania odpadów, wskaźnik nagromadzenia wagowego odpadów, wskaźnik nagromadzenia objętościowego odpadów

1. Wstęp

Odpady komunalne stanowią różnorodny strumień, zmienny w czasie i zależny od bardzo wielu czynników. Właściwości odpadów zależą m. in. od pory roku, charakteru i specyfiki regionu, przyzwyczajzeń mieszkańców itp. Badania i ciągły monitoring odpadów komunalnych pozwalają na śledzenie zmian ich właściwości i nagromadzenia. To z kolei pozwala na właściwe planowanie i zarządzanie gospodarką odpadami w regionie [1, 2 – 7].

2. Cel badań

Celem przeprowadzonych badań było określenie nagromadzenia odpadów, wyrażonego poprzez wskaźniki nagromadzenia: masowe i objętościowe oraz gęstość nasypową (ciężar objętościowy). W artykule przedstawiono metodykę i wyniki badań nagromadzenia odpadów komunalnych na terenie 40 – tysięcznej jednostki osadniczej, południowej Polski.

Wskaźnik masowy nagromadzenia odpadów jest to ilość nagromadzonych w określonej jednostce czasu odpadów stałych, wyrażona w jednostkach masy, odniesiona do jednego mieszkańca, metra kwadratowego powierzchni lub innej jednostki przeliczeniowej. Wskaźnik objętościowy nagromadzenia odpadów jest to objętość nagromadzonych w określonej jednostce czasu, luźno usypanych (bez sztucznego zagęszczenia) odpadów w pojemnikach, wyrażona w jednostkach objętości, odniesiona do jednego mieszkańca, jednostki powierzchni lub innej jednostki przeliczeniowej [2 - 6, 8 - 10].

Badania wskaźników nagromadzenia odpadów zostały przeprowadzone na podstawie porozumienia o współpracy pomiędzy Urzędem Miasta i Gminy Skawina, a Politechniką Krakowską, z 2006 roku.

3. Charakter i uwarunkowania gminy Skawina i gospodarki odpadami w gminie

Gmina Skawina leży 15 km na południowy zachód od Krakowa nad rzeką Skawinką, stanowiącą prawy dopływ Wisły. Jej powierzchnia wynosi 100,15 km², w tym 20,48 km² to powierzchnia miasta. Obszar gminy Skawina położony jest w południowo - zachodniej części Województwa Małopolskiego. Gmina Skawina jest najgęściej zaludnioną gminą powiatu krakowskiego (416 mieszkańców/km²). Miasto Skawina zamieszkuje prawie 60% wszystkich mieszkańców gminy. Liczbę ludności w poszczególnych miejscowościach gminy obrazuje tabela 3.1 poniżej.

Tabela 3.1 Struktura zabudowy gminy Skawina (dane UMiG Skawina, grudzień 2007)

	Liczba ludności
Miasto zabudowa jednorodzinna	8589
Miasto zabudowa wielorodzinna	15049
SUMA: MIASTO	23638
GMINA	17706
SUMA: MIASTO + GMINA	41344

Miasto Skawina posiada charakter przemysłowy. Siedziba gminy - miasto Skawina posiada zabudowę typową dla małych miast przemysłowych. Dominuje tu budownictwo wielorodzinne (bloki). W budownictwie wielorodzinnym (ponad 200 bloków) mieszka ponad 60% ludności miasta. Miasto Skawina należy do terenów uprzemysłowionych i gęsto zaludnionych.

Poza Skawiną gmina ma charakter rolniczy. Pozostałe miejscowości mają zabudowę wyłącznie jednorodziną, przy czym charakter budynków jest zróżnicowany od gospodarstw wiejskich po osiedla typu „sypialnie” Krakowa.

Gospodarka odpadami prowadzona jest w oparciu o plan gospodarki odpadami. Na terenie gminy prowadzona jest segregacja odpadów. Wśród surowców wtórnych zbierane są: stłuczka szklana, tworzywa sztuczne i makulatura. Pojemniki o pojemności 1,1 m³ rozstawione są na terenie miasta Skawiny w budownictwie wielorodzinnym. Tereny wiejskie i część terenów miejskich wyposażona jest w komplety worków do segregacji. Ten element systemu gospodarki odpadami jest wciąż rozwijany. Na terenie gminy planowana jest budowa punktu zbiórki odpadów elektrycznych i elektronicznych, jak również niebezpiecznych wydzielonych ze strumienia odpadów komunalnych. Na terenie gminy nie planuje się budowy składowiska odpadów. Odpady przeładunkowe są w punkcie przeładunkowym na terenie gminy i wywożone na składowisko poza jej teren [11 - 12].

4. Metodyka badań

Przy wykonywaniu badań posługiwano się normą BN-87/9103-04 „Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Metody oznaczania wskaźnika nagromadzenia.” [13].

Organizacja badań objęła [2-3]:

1. wybór potrzebnej liczby środowisk do badań,
2. wybór tras pomiarowych i obiektów,
3. informacje dotyczące badanych obiektów i tras pomiarowych,
4. badania terenowe obejmujące: badanie wskaźników nagromadzenia: masowych i objętościowych – kontynuacja badań prowadzonych w roku 2006,
5. obliczenia wskaźników nagromadzenia.

Ad. 1

Celem badań było określenie wskaźnika nagromadzenia odpadów komunalnych gromadzonych przez mieszkańców. Dokonano więc szczegółowej analizy struktury zabudowy, charakteru i specyfiki miasta i gminy Skawina. Wybór środowisk oraz obiektów do badań nie podlega normalizacji, lecz wynika z celów i dokładności wyznaczanych wskaźników. Wśród najbardziej charakterystycznych środowisk do badań wyznaczono:

Ad. 5

Wskaźnik nagromadzenia objętościowego oblicza się wg wzoru 4.1:

$$b_{obj} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{M \cdot d} \left[\frac{dm^3}{M \cdot db} \right] \left[\frac{m^3}{M \cdot rok} \right] \quad (4.1)$$

gdzie:

v_i – objętość odpadów w poszczególnych pojemnikach [dm^3]

M – liczba mieszkańców zamieszkujących na badanej trasie

d – liczba dni gromadzenia odpadów

Wskaźnik nagromadzenia masowego oblicza się wg wzoru 4.2:

$$b_m = \frac{m}{M \cdot d} \left[\frac{kg}{M \cdot db} \right] \left[\frac{kg}{M \cdot rok} \right] \quad (4.2)$$

gdzie:

m – masa odpadów zebrana z obiektu lub trasy pomiarowej [kg], obliczona jako różnica mas samochodu do przewożenia odpadów: pełnego i pustego

M – liczba mieszkańców zamieszkujących na badanej trasie

d – ilość liczba dni gromadzenia odpadów

Gęstość nasypowa (ciężar objętościowy) odpadów obliczono na podstawie wzoru 4.3:

$$G = \frac{b_m}{b_{obj}} \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad (4.3)$$

gdzie:

b_m – masowy wskaźnik nagromadzenia odpadów [$kg/M \cdot rok$]

b_{obj} – objętościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów [$m^3/M \cdot rok$]

5. Wyniki badań

Przykładowe wyniki obliczeń dla poszczególnych tras przedstawiono w tabelach 5.1, 5.2 i 5.3. Tabela 5.1 przedstawia wyniki z trasy z zabudową jednorodziną, tabela 5.2 – wyniki z trasy z zabudową wielorodzinną (z terenu miasta Skawiny), natomiast tabela 5.3 – to wyniki z trasy z zabudową jednorodziną rozproszoną.

Tabela 5.1 Wskaźniki nagromadzenia odpadów z jednorazowego pomiaru na trasie z zabudową jednorodzinną na terenie miasta Skawina [opracowanie własne]

	Masa odpadów z jednorazowego pomiaru	Wskaźnik masowego nagromadzenia odpadów obliczony wg wzoru 4.2		Wskaźnik objętościowego nagromadzenia odpadów obliczony wg wzoru 4.1		Gęstość nasypowa odpadów obliczona wg wzoru 4.3
	m [kg]	bm [kg/M·db]	bm [kg/M·rok]	bobj [dm ³ /M·db]	bobj [m ³ /M·rok]	G [kg/m ³]
Trasa środa: ul. Sadowa, Jodłowa, Kalinowa, Kopernika, Jaśminowa	4200	0,39	142,35	3,0	1,1	130

Tabela 5.2 Wskaźniki nagromadzenia odpadów z jednorazowego pomiaru na trasie z zabudową wielorodzinną na terenie miasta Skawina [opracowanie własne]

	Masa odpadów	Wskaźnik masowego nagromadzenia odpadów obliczony wg wzoru 4.2		Wskaźnik objętościowego nagromadzenia odpadów obliczony wg wzoru 4.1		Gęstość odpadów obliczona wg wzoru 4.3
	m [kg]	bm [kg/M db]	bm [kg/Mrok]	bobj [dm ³ /M db]	bobj [m ³ /M rok]	G [kg/m ³]
Trasa czwartek: ul. Głowackiego, 29.go Listopada, Wesoła, Kraszewskiego	5 160	0,41	149,65	3,13	1,14	131,34

Tabela 5.3 Wskaźniki nagromadzenia odpadów z jednorazowego pomiaru na trasie z zabudową jednorodzinną rozproszoną na terenie gminy Skawina [opracowanie własne]

	Masa odpadów	Wskaźnik masowego nagromadzenia odpadów obliczony wg wzoru 4.2		Wskaźnik objętościowego nagromadzenia odpadów obliczony wg wzoru 4.1		Gęstość odpadów obliczona wg wzoru 4.3
	m [kg]	bm [kg/M db]	bm [kg/Mrok]	bobj [dm ³ /M db]	bobj [m ³ /M rok]	G [kg/m ³]
Trasa piątek: Borek Szlachecki	5040	0,74	269,26	2,51	0,91	295,9

Średnie, ostatecznie obliczone wskaźniki nagromadzenia odpadów przedstawiono w tabelach poniżej. Ponieważ badania prowadzone były w dwóch turach: zimowej i letniej – tak też prezentowane są wyniki. Tabela 5.4 – przedstawia wyniki od października do stycznia, natomiast tabela 5.5 – wyniki od marca do czerwca. W tabeli 5.6 przedstawiono średnie wyniki z całego roku.

Tabela 5.4. Średnie wskaźniki nagromadzenia oraz średnia gęstość odpadów dla różnych typów zabudowy z badań wykonanych w okresie od października (2007) do stycznia (2008)[opracowanie własne]

Średni wskaźnik nagromadzenia	Masowy [kg/(M*rok)]	Objętościowy [m ³ /(M*rok)]	Gęstość nasypowa*) [kg/m ³]
Z zabudowy jednorodzinnej	274,12	1,02	264,5
Z zabudowy wielorodzinnej	203,60	2,62	90,06
Z zabudowy jednorodzinnej wiejskiej	146,36	1,63	73,13

*) tutaj wyliczona jako średnia z wszystkich pomiarów w poszczególnych typach zabudowy

Tabela 5.5. Średnie wskaźniki nagromadzenia oraz średnia gęstość odpadów dla różnych typów zabudowy z badań wykonanych w okresie od marca do czerwca (2008)[opracowanie własne]

Średni wskaźnik nagromadzenia	Masowy [kg/(M*rok)]	Objętościowy [m ³ /(M*rok)]	Gęstość nasypowa ^{*)} [kg/m ³]
Z zabudowy jednorodzinnej	207,885	1,15	180,99
Z zabudowy wielorodzinnej	180,38	1,44	126,02
Z zabudowy jednorodzinnej wiejskiej	253,05	1,16	226,37

^{*)} tutaj wyliczona jako średnia z wszystkich pomiarów w poszczególnych typach zabudowy

Porównując okres zimowy i letni można powiedzieć na podstawie wyników badań, że nagromadzenie odpadów w okresie zimowym jest większe (wskaźniki masowe są wyższe). W tabeli 5.6 przedstawiono natomiast wskaźniki nagromadzenia odpadów dla całej gminy i dla całego roku, obliczone jako średnie ważone uwzględniające liczbę i strukturę mieszkańców, w poszczególnych typach zabudowy.

Tabela 5.6. Średnie wskaźniki nagromadzenia oraz średnia gęstość nasypowa odpadów na terenie gminy Skawina z badań wykonanych od października 2007 do czerwca 2008[opracowanie własne]

Rodzaj wskaźnika	Wartość obliczona jako średnia ważona, przy uwzględnieniu liczby mieszkańców)
Średni masowy wskaźnik nagromadzenia odpadów dla gminy Skawina	205,47 [kg/M * rok]
Średni objętościowy wskaźnik odpadów nagromadzenia dla gminy Skawina	1,56 [m ³ /M * rok]
Średnia gęstość nasypowa odpadów w gminie Skawina	149,73 [kg/m ³]

Wg literatury niezagęszczone odpady komunalne mają gęstość nasypową 130 – 250 [kg/m³], a na terenach wiejskich do 300 [kg/m³] [14]. Natomiast wskaźniki nagromadzenia masowego kształtują się jak w tabeli 5.7.

Tabela 5.7 Literaturowe wskaźniki nagromadzenia odpadów [14]

Jednostka osadnicza	Zabudowa jednorodzinna [kg/M * rok]	Zabudowa wielorodzinna [kg/M * rok]
Duże miasta	150 – 220	150 – 320
Małe miasta	100 – 180	120 – 280
Tereny wiejskie	20 - 110	-

Analizując wskaźniki nagromadzenia odpadów dla całej gminy i porównując z danymi literaturowymi można zauważyć, że są to wyniki, porównywalne ze wskaźnikami nagromadzenia odpadów w dużych miastach.

6. Porównanie wyników badań z wynikami historycznymi i założeniami „planu gospodarki odpadami”

Gospodarka odpadami w gminie jest prowadzona w oparciu o „Plan Gospodarki Odpadami dla Miasta i Gminy Skawina na lata 2004 – 2011”. W założeniach „Planu ...” wprowadzono wskaźniki nagromadzenia odpadów jako założenia do projektowania systemu gospodarki odpadami w gminie. Wskaźniki te umieszczono w niniejszym artykule dla porównania ze wskaźnikami badanymi. Umieszczono je w tabeli 6.1, wraz ze wskaźnikami zbadanymi na terenie gminy w 2006 roku.

Tabela 6.1. Porównanie wyników badań historycznych z badań prowadzonych w 2006 roku i wskaźników założonych w planach gospodarki odpadami w Skawinie [11-12, 15]

Rodzaj wskaźnika	Wartości wskaźników badanych w gminie Skawina i założonych w planach gospodarki odpadami		
	badania w 2008 roku	badania w 2006 roku	założenia „Planu...”
Średni masowy wskaźnik nagromadzenia odpadów dla gminy Skawina	205,47 [kg/M * rok]	202,51 [kg/M * rok]	189,10 [kg/M * rok]
Średni objętościowy wskaźnik odpadów nagromadzenia dla gminy Skawina	1,56 [m ³ /M * rok]	1,23 [m ³ /M * rok]	1,17 [m ³ /M * rok]
Średnia gęstość nasypowa odpadów w gminie Skawina	149,73 [kg/m ³]	185,94 [kg/m ³]	161,01 [kg/m ³]

Z powyższego porównania wynika, że wskaźniki nagromadzenia odpadów na terenie gminy Skawina wykazują tendencję wzrostową. Dalsze prowadzenie badań pozwoli na obserwacje i monitoring nagromadzenia odpadów. To z kolei pozwoli na wprowadzenie do kolejnego „Planu Gospodarki Odpadami w gminie Skawina” rzeczywistych wartości nagromadzenia odpadów komunalnych.

7. Podsumowanie i wnioski

- Celem badań było określenie rzeczywistej ilości odbieranych od mieszkańców odpadów komunalnych na terenie gminy Skawina, liczącej ponad 40 tys. mieszkańców.
- Wynikiem badań jest zmierzone, realne nagromadzenie odpadów w gminie Skawina, wyrażone poprzez masowy wagowy i objętościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów. Pozwoli on zweryfikować rzeczywiste opłaty za wywóz i unieszkodliwianie odpadów.
- Badania stanowią wymierny efekt funkcjonowania „Planu Gospodarki Odpadami dla Miasta i Gminy Skawina” oraz monitoringu funkcjonowania systemu gospodarki odpadami [11-12].
- Otrzymane wskaźniki nagromadzenia odpadów mieszczą się w granicach danych literaturowych i mogą być wykorzystywane dla podobnych jednostek osadniczych.

Literatura

1. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives.
2. Skalmowski K., Wolska K., Pieniak U., Roszczyńska U., Badania właściwości technologicznych odpadów komunalnych – ćwiczenia laboratoryjne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004.
3. Skalmowski K., Wolska K - Właściwości technologiczne odpadów komunalnych Warszawy – Gaz, Woda i Technika Sanitarna 5/2006
4. Development of a Methodological Tool to Enhance the Precision & Comparability of Solid Waste Analysis Data. Final Report . Waste Analysis in Cracow. European Commission, February, 2004
5. EEA (European Environment Agency) Fischer C., M. Crowe: Household and municipal waste: Comparability of data in EEA member countries. 2000. Internet: www.eea.eu.int
6. Jędrzak, A., Szpadt R. Określenie metodyki badań składu sitowego, morfologicznego i chemicznego odpadów komunalnych, sfinansowane ze środków NFOŚiGW na zamówienie Ministra Środowiska, Kamieniec Wr. Zielona Góra, luty 2006,
7. Żygadło M., Gospodarka odpadami komunalnymi, wyd. III uaktualnione i uzupełnione, skrypt P.Śk, Kielce, 2002
8. Tchobanoglous, G., H. Theisen, S.A. Vigil, Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues, McGraw-Hill, 1993

9. Environmental Protection Agency EPA Ireland, Municipal Waste Characterisation, ISBN 1 899965 32 7, Ireland, 1996
 10. Development of a Methodological Tool to Enhance the Precision & Comparability of Solid Waste Analysis Data. Final Report. Waste Analysis in Cracow. European Commission, February, 2004
 11. Plan Gospodarki Odpadami Komunalnymi dla Miasta i Gminy Skawina na lata 2004 – 2011, Kraków czerwiec 2004.
 12. Aktualizacja planu gospodarki odpadami dla miasta i gminy Skawina na lata 2009-2012, z perspektywą na lata 2013 – 2016, Skawina 2009
 13. BN-87/9103-04 Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Metody oznaczania wskaźnika nagromadzenia.
 14. Poradnik – powiatowe i gminne plany gospodarki odpadami - http://www.mos.gov.pl/odpady/pgo/opracowanie_przewodnikow/poradnik_powiat_gmina/index.html
 15. Generowicz A., Grabowski Z. - Badanie wskaźników nagromadzenia odpadów komunalnych w małych miastach na przykładzie Skawiny – VII – Th International Waste Forum „Efficient Management in Waste Management”, Kalisz 2007.
-