



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

ANNALS OF THE POLISH ASSOCIATION OF AGRICULTURAL AND AGRIBUSINESS ECONOMISTS

ROCZNIKI NAUKOWE
STOWARZYSZENIA EKONOMISTÓW ROLNICTWA I AGROBIZNESU



Received: 02.01.2025
Acceptance: 08.03.2025
Published: 11.03.2025

Annals PAAAE • 2025 • Vol. XXVII • No. (1)

Scopus[®]

OPEN ACCESS



JEL codes: Q53, Q56, R11

DOI: 10.5604/01.3001.0055.0352

ALEKSANDRA PŁONKA¹, ANNA GRZYB, ANTONI SUCHANIK

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Polska

METODA BEZPOŚREDNIA SZACOWANIA BIOODPADÓW W PRZYDOMOWYCH KOMPOSTOWNIKACH NA PRZYKŁADZIE WYBRANEJ GMINY

Słowa kluczowe: gospodarka odpadami, odpady komunalne, bioodpady, kompostowanie, poziom recyklingu, szacowanie masy bioodpadów, metoda bezpośrednia

ABSTRAKT. W opracowaniu podjęto problematykę szacowania masy bioodpadów poddawanych recyklingowi „u źródła” w przydomowych kompostownikach, co ma istotne znaczenie dla osiągania przez gminy wymaganych poziomów odzysku i recyklingu odpadów komunalnych, zgodnie z regulacjami Unii Europejskiej. Celem badań była próba estymacji masy bioodpadów kompostowanych w gminie wiejskiej „X”, zlokalizowanej w powiecie krakowskim województwa małopolskiego. Badania przeprowadzono w 2024 roku. Wykorzystano podejście bezpośrednie z użyciem kwestionariusza ankiety, jako jedną z metod szacowania masy odpadów komunalnych trafiających do przydomowych kompostowników, opracowaną przez zespół naukowców z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. W ramach pilotażu badaniami objęto 28 gospodarstw domowych deklarujących posiadanie kompostownika w 2023 roku, które podzielono na sześć kategorii według liczby mieszkańców i powierzchni działki. Uzyskane wyniki potwierdziły istotną rolę bioodpadów w poprawie wskaźników recyklingu w badanej gminie. Uwzględnienie oszacowanej masy bioodpadów w łącznej masie odpadów komunalnych poddawanych odzyskowi i recyklingowi w gminie „X” zwiększyło rzeczywisty poziom odzysku i recyklingu z dotychczasowych 43% do blisko 55%. Pozwoliło to na spełnienie obligatoryjnych progów poziomu odzysku i recyklingu zarówno w 2023 roku, jak i w kolejnych latach. Można wnioskować, że intensyfikacja kompostowania w gospodarstwach domowych może znacząco wpłynąć na realizację celów środowiskowych i ograniczenie kar finansowych dla gmin. Wyniki stanowią podstawę do dalszych działań w zakresie wsparcia infrastruktury kompostowania i edukacji ekologicznej mieszkańców.

¹ Corresponding author: aleksandra.plonka@urk.edu.pl

WPROWADZENIE

Coraz wyższy standard życia, przekładający się na większą konsumpcję dóbr, to jeden z kluczowych czynników rosnącej od kilkudziesięciu lat masy wytwarzanych odpadów komunalnych. Produkcja odpadów stała się nieodłącznym elementem życia, którego nie da się całkowicie wyeliminować (Brząkała, 2023). Współczesne społeczeństwa, uzależnione od stałego wzrostu konsumpcji, coraz częściej doświadczają negatywnych skutków tego zjawiska, a nadmierna produkcja odpadów prowadzi do eskalacji problemów, które wykraczają poza granice pojedynczych państw, stając się wyzwaniem o charakterze globalnym (Olszowy, Krempa, 2024).

Systematycznie rośnie ilość odpadów komunalnych wytwarzanych na świecie (Kotlińska, Żukowska, 2023). Taką tendencję odnotowano także w Polsce, bowiem od początku XXI wieku ilość odpadów komunalnych produkowanych przez jednego mieszkańca powoli, lecz sukcesywnie wzrasta (Eko bez kantów, 2024). W 2022 roku przeciętny Polak wytworzył 364 kg odpadów komunalnych (GUS, 2023). Był to wzrost o 22 kg w stosunku do 2020 roku, w którym wytworzono średnio 342 kg odpadów na osobę (GUS, 2021). Polska ma więc jeden z najniższych wskaźników ilości odpadów komunalnych na mieszkańca w całej Unii Europejskiej (UE), w której wynosi 513 kg (EUROSTAT 2024). Zdecydowanie gorzej na tle tych danych wypadają Niemcy (593 kg/os.), Duńczycy (787 kg/os.) i Austriacy (835 kg/os.). Mniej odpadów od Polaka generował jedynie mieszkaniec Rumunii, który w 2022 roku wyprodukował ich zaledwie 301 kg. Rozbieżności w skali Europy odzwierciedlają różnice we wzorcach konsumpcji i zamożności społecznej, ale zależą również od sposobu zbierania i gospodarowania odpadami komunalnymi. Lokalne systemy gospodarowania odpadami konfrontują się więc już nie tylko z rosnącą masą produkowanych odpadów komunalnych, ale także z koniecznością skutecznego nimi zarządzania.

Segregowanie odpadów i osiągnięcie wymaganych poziomów recyklingu zgodnie z regulacjami UE jest ciągle problematyczne. Gminy, jako jednostki odpowiedzialne za organizację systemu gospodarowania odpadami komunalnymi poszukują rozwiązań pozwalających na poprawę osiąganych wyników. Podnoszenie świadomości ekologicznej wśród mieszkańców, przekładające się na większe zaangażowanie w selektywną zbiórkę odpadów oraz poszukiwanie finansów umożliwiających rozbudowę infrastruktury do selektywnej zbiórki odpadów, przynoszą rezultaty, ale w dłuższej perspektywie. Dlatego gminy upatrują szansy na poprawę osiągnięcia wymaganych poziomów recyklingu m.in. w ramach wskazywanej przez UE frakcji „biodpadów”, które mogłyby być segregowane i poddawane recyklingowi „u źródła”, tj. w przydomowych kompostownikach (Wojewodziec et al., 2023). Znacząca w skali gmin masa tych odpadów była dotąd często marginalizowana. W wielu gminach biodpady nie są odbierane od mieszkańców, a tym samym ich całkowita masa pozostaje poza pomiarem i gminną ewidencją (Dacko et al., 2024).

ODPADY KOMUNALNE W ŚWIETLE PRAWA VS PRAKTYKA

Prawodawstwo wspólnotowe zobowiązało państwa członkowskie UE do podejmowania środków sprzyjających rozwiązaniom w zakresie gospodarki odpadami komunalnymi, gwarantującym najlepszy wynik z punktu widzenia ochrony środowiska. Wprowadzona w życie w 2008 roku dyrektywa nr 98, wskazała kolejne priorytety postępowania z odpadami (Dz.U. L 312 z 22.11.2008). Za podstawowy priorytet uznano zapobieganie powstawaniu odpadów (Radecki, 2023). W sytuacji, w której odpady jednak powstały, wskazano konieczność przygotowania ich do ponownego użycia. Rekomendowano w tej kwestii kluczowe rozwiązanie w postaci recyklingu, a następnie w dalszej kolejności inne metody odzysku (Dacko et al., 2024). Jednak pomimo podejmowanych starań, działania UE wydają się w tym względzie niewystarczające. Szacuje się, że jedynie 40% odpadów pochodzących z gospodarstw domowych państw członkowskich jest poddane ponownemu zagospodarowaniu lub recyklingowi (Wojewodzic et al., 2024). Dlatego, prawodawstwo wspólnotowe zobowiązało państwa członkowskie do podjęcia działań w obrębie frakcji odpadów komunalnych, jakimi są bioodpady, w wyniku których miałyby być one segregowane i poddawane recyklingowi „u źródła” lub selektywnie zbierane i przetwarzane w kontrolowanych warunkach (Kotlińska, Żukowska, 2023). Za działanie ostateczne uznano unieszkodliwianie odpadów komunalnych (Fajfer, Kostrz-Sikora, 2022).

Wychodząc naprzeciw przyjętym przepisom wspólnotowym, w Polsce określono wymagane poziomy przygotowania do ponownego użycia i recyklingu odpadów komunalnych. Na podstawie ustawy z 13 września 1996 roku o utrzymaniu czystości i porządku w gminach wskazano poziom recyklingu odpadów komunalnych o progresywnym charakterze (Dz.U. 1996, nr 132, poz. 622). Polska, tak jak inne kraje członkowskie UE, zobowiązała się do osiągnięcia progu recyklingu na poziomie minimum: 35% masy odpadów w 2023 roku, 45% w 2024 roku i 55% w 2025 roku. W każdym kolejnym roku, poziom ten będzie zwiększany o 1%, przyjmując 60% w 2030 roku i 65% w 2035 roku i latach następnych. Dodatkowo, uwzględniono poziom nieprzekraczalności składowania odpadów komunalnych, który z roku na rok ulegnie zmniejszeniu o prawie 20 punktów procentowych (p.p.). Wynosić on będzie kolejno: 30% wagowo – za każdy rok w latach 2025-2029, 20% wagowo – za każdy rok w latach 2030-2034 i 10% wagowo od 2035 roku.

Tak przyjęte poziomy stały się problematyczne dla lokalnych samorządów już w 2020 roku (Wojewodzic et al., 2023). Z danych o odpadach zamieszczonych w sprawozdaniach urzędów marszałkowskich wynika, że prawie 34% gmin w Polsce nie osiągnęło w 2020 roku wymaganego poziomu recyklingu (Spiller, 2023). Dane GUS (2023) wskazują z kolei, że w 2022 roku wskaźnik recyklingu odpadów komunalnych w Polsce wyniósł 42% (poniżej średniej UE wynoszącej 49%), co stanowi znaczące odstępstwo od minimalnych progów wyznaczonych przez UE. Oznacza to, że na 364 kg odpadów wytwarzanych na

osobę, 153 kg zostało poddanych recyklingowi, tj. o 47 kg mniej niż wymagają tego limity przyjęte na 2025 rok. Takie opóźnienie w realizacji celów może mieć daleko idące konsekwencje, nie tylko środowiskowe, ale i finansowe, w postaci nałożenia na samorządy lokalne (a w konsekwencji na Polskę przez instytucje UE) kar pieniężnych za nieprzestrzeganie przepisów dotyczących przetworzenia odpadów komunalnych.

Już w 2019 roku w mediach pojawiły się pierwsze informacje o wielomilionowych karach, jakie gminy będą musiały zapłacić za nieosiągnięcie przewidzianego na 2020 rok poziomu recyklingu odpadów komunalnych (Ciechelska, 2020). Jak wynika z danych przekazanych przez wojewódzkie inspektoraty ochrony środowiska (WIOŚ), aż w 831 gminach z 11 województw nie osiągnięto w 2020 roku wymaganych poziomów przygotowania do ponownego użycia i recyklingu, a w 92 jednostkach nie wypełniono obowiązku ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania (Spiller, 2023). Dlatego, np. w latach 2020-2022 WIOŚ w Gdańsku ukarał odpowiednio: 79 gmin (2020 rok), 35 gmin (2021 rok) i 29 gmin (2022 rok), na łączną kwotę około 7 mln zł. Województwo podkarpackie również doświadczyło podobnych sankcji. WIOŚ w Rzeszowie nałożył kary na 62 gminy w 2022 roku i 26 gmin w 2023 roku, łącznie na kwotę prawie 8 mln zł. Z kolei na Lubelszczyźnie w latach 2020-2023 kary przekroczyły 2 mln zł (Bałękowski, 2024).

MATERIAŁ BADAWCZY I METODYKA BADAŃ

W pracy podjęto problematykę pomiaru masy bioodpadów zagospodarowywanych w przydomowych kompostownikach. Celem badań była próba oszacowania masy odpadów kuchennych i ogrodowych powstających w gospodarstwach domowych, podlegających przetworzeniu w drodze kompostowania oraz wskazanie znaczenia ich pomiaru w osiąganiu wymaganych wskaźników odzysku i recyklingu odpadów komunalnych przez jednostki samorządu terytorialnego. Badania prowadzono na przykładzie gminy wiejskiej „X”, zlokalizowanej w powiecie krakowskim województwa małopolskiego i dotyczyły one danych za 2023 rok.

W 2023 roku ilość wytworzonych odpadów komunalnych na terenie gminy „X” wyniosła około 4765 ton. Liczba mieszkańców zadeklarowanych do obsługi w gminnym systemie gospodarki odpadami komunalnymi wynosiła 14 109 osób. Średnio na 1 mieszkańca przypadało 340 kg odpadów komunalnych. Według danych Urzędu Gminy „X”, gmina za 2023 rok osiągnęła poziom recyklingu 43% (z masy 4765 ton segregacji poddawała 2049 ton odpadów komunalnych – resztę odpadów w postaci zmieszanej trafiało na wysypiska). Zgodnie z przyjętym na 2023 rok poziomem recyklingu wynoszącym 45%, gmina nie spełniła wymaganego progu odzysku i recyklingu odpadów komunalnych.

Do ustalenia masy bioodpadów umieszczanych w tzw. aktywnych jednostkach recyklingu (tj. przydomowych kompostownikach) w gminie „X” wykorzystano podejście bezpośrednie, będące jedną z metod szacowania masy bioodpadów poddawanych recyklingowi „u źródła” przez ich kompostowanie, opracowaną przez interdyscyplinarny zespół badawczy z Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie (Wojewodziec et al., 2023). W podejściu tym, główne narzędzie badawcze stanowił kwestionariusz ankiety, kierowany w 2024 roku do właścicieli gospodarstw domowych posiadających kompostowniki.

SZACOWANIE MASY BIOODPADÓW DO RECYKLINGU NA PRZYKŁADZIE GMINY „X”

W gminie „X” z populacji 4160 gospodarstw domowych, użytkowanie kompostownika w 2023 roku zgłosiło 8% podmiotów. Na potrzeby oszacowania wielkości próby niezbędnej do ustalenia średniej masy odpadów poddawanych recyklingowi „u źródła”, gospodarstwa domowe podzielono na sześć rozłącznych kategorii według ich wielkości oraz według powierzchni działki (bądź jej części), z której skoszona trawa podlega kompostowaniu:

- 23 gospodarstwa 1-2 osobowych, z działką o powierzchni mniejszej niż 5 arów (warstwa A),
- 35 gospodarstw 1-2 osobowych, z działką o powierzchni co najmniej 5 arów (warstwa B),
- 91 gospodarstw 3-4 osobowych z działką o powierzchni mniejszej niż 5 arów (warstwa C),
- 73 gospodarstwa 3-4 osobowych z działką o powierzchni co najmniej 5 arów (warstwa D),
- 24 gospodarstwa, co najmniej 5-osobowych z działką o powierzchni mniejszej niż 5 arów (warstwa E),
- 87 gospodarstw, co najmniej 5-osobowych z działką o powierzchni co najmniej 5 arów (warstwa F).

Założono, że próba pilotażowa będzie liczyć 10% zbiorowości gospodarstw kompostujących odpady, tj. 33 gospodarstwa. Po analizie uzyskanych danych, wyeliminowano obiekty „odstające” i do dalszych obliczeń przyjęto 28 obiektów o strukturze podobnej do struktury populacji gospodarstw (tabela 1). Próbę badawczą stanowiły jednostki wylosowane niezależnie z każdej warstwy.

Tabela 1. Rozkład gospodarstw domowych użytkujących kompostowniki w gminie „X”

Oznaczenie warstwy	Liczebność warstwy w populacji	Struktura populacji	Liczebność warstwy w próbie	Struktura próby
A	23	0,069	2	0,071
B	35	0,105	3	0,107
C	91	0,273	8	0,286
D	73	0,219	6	0,214
E	24	0,072	2	0,071
F	87	0,261	7	0,250
Razem	333	1,000	28	1,000

Źródło: opracowanie własne

W kolejnym kroku przygotowano tzw. operat losowania, czyli spis gospodarstw domowych potrzebny do wylosowania pilotażowej próby badawczej 28 gospodarstw domowych z całej populacji 333 gospodarstw domowych użytkujących kompostowniki. Po przeprowadzeniu w wylosowanych gospodarstwach domowych pilotażowego badania ankietowego, na podstawie jego wyników obliczono średnią z próby pilotażowej oraz wariancję. Następnie, aby wyznaczyć docelową liczebność próby z przyjętym arbitralnie typowym poziomem ufności $1 - \alpha = 0,95$ wykonano obliczenia według wzoru stosowanego dla próby pilotażowej liczącej mniej niż 30 elementów (Wojewodzic et al., 2023):

$$n \geq \frac{t_{(\alpha, n_0 - 1)}^2 \times s^2}{d^2} = \frac{2,05183^2 \times 2329117,962}{245^2} = 163 \text{ gospodarstwa}$$

gdzie:

t_{α} – wartość, którą należy odczytać z tablicy rozkładu t-Studenta dla $\alpha = 0,05$ (obszar krytyczny dwustronny) oraz liczby stopni swobody n_{0-1} ($28 - 1$),

s^2 – wariancja cechy,

d – maksymalny błąd szacunku (maksymalny błąd szacunku przyjęto na poziomie 245 kg, co daje błąd względny czyli stosunek dopuszczalnego błędu do średniej na poziomie około 10%).

Z powyższych obliczeń wynikało, że próba niezbędna do oszacowania masy odpadów poddawanych recyklingowi „u źródła” powinna liczyć 163 elementy. Dlatego zwiększono dotychczasową próbę 28 gospodarstw o kolejne 135 gospodarstw deklarujących użytkowanie kompostowników ($28 + 135 = 163$), pamiętając, że próba docelowa powinna być podzielona na warstwy w takich samych proporcjach, jak próba pilotażowa (tabela 2).

Tabela 2. Obliczenia liczebności warstw w próbie docelowej

Oznaczenie warstwy	Struktura populacji i próby	Elementy wylosowane w małej próbie	Liczebność warstw w dużej próbie	Elementy dodatkowo wylosowane w dużej próbie
A	0,069	2	11	9
B	0,105	3	17	14
C	0,273	8	44	36
D	0,219	6	36	30
E	0,072	2	12	10
F	0,261	7	43	36
Razem	1,000	28	163	135

Źródło: opracowanie własne

Po przeprowadzeniu badań ankietowych w wylosowanych dodatkowo gospodarstwach domowych, obliczono średnią wartość cechy w warstwie i jej wariancję w obrębie warstwy, traktując każdą warstwę jako osobną próbę. Obliczając średnią dla warstwy zsumowano wszystkie pomiary z tej warstwy, a następnie uzyskany wynik podzielono przez liczbę gospodarstw zakwalifikowanych do tej warstwy. Natomiast obliczając wariancję w obrębie danej warstwy, od każdego pomiaru z tej warstwy odejmowano średnią dla warstw, a otrzymany wynik podnoszono do potęgi drugiej. Następnie wartości te zsumowano i uśredniono (tabela 3).

Tabela 3. Podstawowe charakterystyki warstw w próbie docelowej

Oznaczenie warstwy	Struktura populacji i próby	Średnia	Wariancja	Liczebność warstwy w próbie	Liczebność warstwy w populacji
A	0,069	1 473	341 138	11	23
B	0,105	1 540	1 095 200	17	35
C	0,273	572	48 985	44	91
D	0,219	2 620	5 248 800	36	73
E	0,072	2 833	337 842	12	24
F	0,261	1 483	2 052 338	43	87
Razem	1,000	x	x	163	333

Źródło: opracowanie własne

Otrzymane wyniki stanowiły podstawę do estymacji średniej masy bioodpadów, które w ciągu roku zagospodarowano przez gospodarstwo domowe w gminie „X” w procesie kompostowania. Do uzyskania tej wartości skorzystano ze wzoru (Józwiak, Podgórski, 2001):

$$\bar{x}_p = \sum_{h=1}^3 \bar{x}_h \times W_h$$

gdzie:

\bar{x}_h – wartość średnia w danej warstwie,

W_h – struktura populacji i próby docelowej.

W ten sposób oszacowano, że w badanej gminie „X” gospodarstwo kompostujące bioodpady umieszcza w kompostowniku przeciętnie w skali roku 1584,17 kg odpadów. Dysponując wiedzą o strukturze gospodarstw domowych i wielkości użytkowanych ogrodów oraz o masie bioodpadów zagospodarowywanych w poszczególnych warstwach, oszacowano całkowitą roczną masę odpadów zagospodarowywanych „u źródła” przez kompostowanie w gminie „X”. Estymatorem sumy wartości tej cechy był (Wojewodzic et al., 2023):

$$T = \sum_{h=1}^3 \bar{x}_h \times N_h$$

gdzie:

T – całkowita roczna masa bioodpadów kompostowanych w badanej gminie,

\bar{x}_h – wartość średnia w danej warstwie,

N_h – liczebność warstwy w populacji ogólnej.

Na podstawie obliczeń stwierdzono z prawdopodobieństwem 95%, że całkowita roczna masa bioodpadów poddanych kompostowaniu w badanej gminie „X” w 2023 roku wyniosła 528 ton. Uwzględnienie tak oszacowanej masy bioodpadów w łącznej masie odpadów komunalnych poddawanych odzyskowi i recyklingowi w gminie „X” zwiększyło rzeczywisty poziom odzysku i recyklingu z dotychczasowych 43% do blisko 55%. Pozwoliło tym samym na spełnienie obligatoryjnych progów poziomu odzysku i recyklingu zarówno w 2023 roku, jak i w kolejnych dwóch latach (45% w 2024 roku i 55% w 2025 roku).

PODSUMOWANIE

Wzrastająca konsumpcja dóbr przyczynia się do rosnącej ilości odpadów komunalnych, co stanowi globalne wyzwanie, wymagające skutecznego zarządzania i wdrażania działań zgodnych z regulacjami UE. W Polsce, pomimo stosunkowo niskiej produkcji odpadów komunalnych *per capita* w porównaniu do średniej UE, poziom recyklingu wciąż odbiega od wspólnotowych wymagań. Nieosiągnięcie minimalnych progów recyklingu skutkuje nakładaniem kar finansowych na samorządy.

Badania przeprowadzone w gminie „X” wskazały, że poprawa poziomów recyklingu może być osiągnięta przez lepsze gospodarowanie bioodpadami. W 2023 roku gmina „X” osiągnęła 43% recyklingu, co nie spełniło wymaganego poziomu 45%. Analiza wykorzystania przydomowych kompostowników pokazała, że segregowanie i przetwarzanie bioodpadów „u źródła” może stanowić istotny wkład w poprawę wskaźników recyklingu. W badaniu zastosowano podejście bezpośrednie, które pozwoliło na oszacowanie masy bioodpadów przetwarzanych w kompostownikach, a wyniki wskazały na konieczność uwzględniania tej frakcji w gminnej ewidencji gospodarki odpadami. Ujęcie odpadów kuchennych i ogrodowych w polityce odzysku i recyklingu odpadów komunalnych może uchronić budżet gminy przed karą finansową, która byłaby dodatkowym kosztem do poniesienia nie tylko przez gminę, ale i całą społeczność lokalną. Daje również czas na wprowadzenie innych – czaso- i kosztochłonnych działań usprawnienia systemu selektywnej zbiórki odpadów w gminie. Bez kompleksowego podejścia do problemu, tj. inwestycji w infrastrukturę do selektywnej zbiórki i przetwarzania odpadów, respektowanie gminnych reguł gospodarki odpadami i edukacji mieszkańców, bioodpady w przydomowych kompostownikach byłyby tylko doraźnym lekarstwem dla budżetu gminy.

BIBLIOGRAFIA

- Bałękowski, K. (2024). *Gminy mogą zaoszczędzić miliony na złagodzeniu kar za recykling* (Municipalities could save millions by easing recycling fines). *Gazeta Prawna*, <https://serwisy.gazetaprawna.pl/samorzad/artykuly/9665583,gminy-moga-zaoszczedzic-miliony-na-zlagodzeniu-kar-za-recykling.html>, access: 18.12.2024.
- Brząkała, M. (2023). *Gospodarowanie odpadami poprzez wykorzystanie koncepcji zero odpadów na przykładzie japońskiego miasta Kamikatsu* (Waste management through the use of zero-waste concepts based on the example of Kamikatsu town in Japan). *Academy of Management*, 7 (4), 140-159.

- Ciechelska, A. (2020). Niespełnienie wymaganych poziomów recyklingu obciążą gminne budżety (Failure to meet required recycling levels will burden municipal budgets). *Przegląd Komunalny*, 4, 32-35.
- Dacko, M., Płonka, A., Wojewodzic, T., Badach, E., Chwastek, M., Kopeć, M., Szewczyk, W. (2024). Wykorzystanie podejścia bezpośredniego w szacowaniu masy bioodpadów poddawanych recyklingowi „u źródła” poprzez ich kompostowanie (The use of a direct approach in estimating the mass of bio-waste recycled „at source” through composting). *Samorząd Terytorialny*, 6, 29-41.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy. Dz.U. L 312 z 22.11.2008 (Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance). Official Journal, L 312, 22.11.2008.
- Ekobezkantów. (2024). *Ile śmieci wytwarza przeciętny Polak? Poznaj statystyki!* (How much waste does the average Pole produce? Check out the statistics!), <https://ekobezkantow.pl/blog/naszemiesci/>, access: 14.01.2024.
- EUROSTAT. (2024). *Municipal waste statistics*, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_generation, access: 24.01.2025 r.
- Fajfer, J., Kostrz-Sikora, P. (2022). Wstępna ocena opłacalności wydobycia odpadów nagromadzonych w zrehabilitowanych obiektach a koncepcja gospodarki o obiegu zamkniętym (Initial cost effectiveness of extracting waste accumulated on the rehabilitation of waste facilities and the concept of circular economy). *Przegląd Geologiczny*, 70 (3), 190-201.
- GUS (Statistics Poland). (2021). *Ochrona środowiska 2021* (Environmental protection 2021), <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/srodowisko/ochrona-srodowiska-2021,1,22.html>, access 19.12.2024.
- GUS (Statistics Poland). (2023). *Ochrona środowiska 2023* (Environmental protection 2023), <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/srodowisko/ochrona-srodowiska-2023,1,24.html>, access: 18.12.2024.
- Józwiak, J., Podgórski, J. (2001). *Statystyka od podstaw* (Statistics from scratch). Warszawa: PWE.
- Kotlińska, J., Żukowska, H. (2023). Zadania gmin z zakresu gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce i źródła ich finansowania (Tasks of municipalities in the field of municipal waste management in Poland and sources of their financing). *Przegląd Prawno-Ekonomiczny*, 4, 43-73. DOI: 10.31743/ppe.16562.

- Olszowy, J., Krempa, A. (2024). Analiza konsumpcjonizmu jako globalnej pandemii społecznej w XXI wieku oraz przegląd dostępnych metod jego ograniczania. W: J. Olszowy, ed., *Kognitywne i technologiczne przeobrażenia społeczeństwa* (Analysis of consumerism as a global social pandemic in the 21st century and a review of available methods to limit it. In: Cognitive and technological transformations of society), pp. 47-66. Łódź: Wydawnictwo Naukowe ArcgaeGraph.
- Radecki, W. (2023). Koncepcje prawa o odpadach w ustawodawstwie polskim, czeskim i słowackim (Concepts of waste law in Polish, Czech and Slovak legislation). *Przedsiębiorstwo i Prawo*, 16, 48-104.
- Spiller, J. (2023). *Samorządy vs. recykling. Gminy nie podolały, więc sypią się kary pieniężne* (Local governments vs. recycling. Municipalities failed to cope, so fines are pouring in), <https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/poziom-recykling-w-gminach-w-2020-r-dane-wios-kary-pieniezne-12969.html>, access: 12.12.2024.
- Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach*. Dz.U. 1996, nr 132, poz. 622 (Act of 13 September 1996 on maintaining cleanliness and order in municipalities). Official Journal, 1966.132.622.
- Wojewodziec, T., Badach, E., Chwastek, M., Dacko, M., Kopeć, M., Płonka, A., Szewczyk, W. (2023). *Metody szacowania (na poziomie gminy) masy odpadów biodegradowalnych poddanych recyklingowi „u źródła” w gospodarstwach domowych osób deklarujących ich kompostowanie* (Methods for estimating (at the municipal level) the mass of biodegradable waste recycled „at source” in households of people declaring their composting). Kraków: Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego.
- Wojewodziec, T., Barczyk-Ciuła, J., Dacko, M., Płonka, A., Kopeć, M., Badach, E., Szewczyk, W., Chwastek, M., Dulemba, K. (2024). Wykorzystanie podejścia pośredniego w szacowaniu masy bioodpadów jako narzędzia ograniczenia kosztów gospodarki komunalnej (Use of the Indirect approach for estimating the mass of bio-waste as a tool for reducing the costs of municipal management). *Finanse Komunalne*, 5, 64-76.

DIRECT METHOD FOR ESTIMATING BIO-WASTE IN HOME COMPOSTERS: A CASE STUDY OF A SELECTED MUNICIPALITY

Keywords: waste management, municipal waste, bio-waste, composting, recycling rate

ABSTRACT. This study examines the estimation of bio-waste mass recycled „at source” in home composters, a critical factor in enabling municipalities to achieve the required recovery and recycling rates for municipal waste, in compliance with European Union regulations. The primary objective was to assess the volume of bio-waste composted in a rural municipality “X,” located in the Kraków district of the Lesser Poland Voivodeship. The research, conducted in 2024, employed a direct survey method utilizing a structured questionnaire, developed as part of a methodological framework by a research team at the University of Agriculture in Kraków. The pilot study surveyed 28 households that reported owning a composter in 2023. The sample was categorized into six groups based on the number of residents and plot area to ensure a structured analysis. The findings highlight the significant role of bio-waste in improving municipal recycling rates. Incorporating the estimated bio-waste mass into the overall municipal waste recovery and recycling calculations resulted in an increase in the actual recycling rate from 43% to nearly 55%. This adjustment enabled the municipality to meet the mandatory recovery and recycling thresholds for 2023 and secure compliance in subsequent years. The study concludes that expanding household composting practices can substantially contribute to achieving environmental policy objectives while mitigating financial penalties for municipalities. These findings provide a basis for further research and policy initiatives aimed at strengthening composting infrastructure and promoting environmental education among residents.

AUTHORS

ALEKSANDRA PŁONKA, DR ING., PROF. UAK

ORCID: 0000-0001-5319-592X

University of Agriculture in Krakow, Poland
Department of Economics and Food Economy
e-mail: aleksandra.plonka@urk.edu.pl

ANNA GRZYB

Graduate of University of Agriculture in Krakow, Poland
Faculty of Agriculture and Economics
anna.grzyb2@student.urk.edu.pl

ANTONI SUCHANIK

Student of University of Agriculture in Krakow, Poland
Faculty of Agriculture and Economics
antoni.suchanik@student.urk.edu.pl

Proposed citation of the article:

Płonka, A., Grzyb, A., Suchanik, A. (2025). Metoda bezpośrednia szacowania bioodpadów w przydomowych kompostownikach na przykładzie wybranej gminy. *Annals PAAAE*, 27 (1), 193-204.