

WPŁYW RODZAJU OGRZEWANIA NA WSKAŹNIK NAGROMADZENIA ODPADÓW W WYBRANYM OSIEDLU BIAŁEGOSTOKU

Elżbieta Halina Grygorczuk-Petersons¹

¹ Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, Politechnika Białostocka ul. Wiejska 45, 15-351 Białystok, e-mail: e.petersons@pb.edu.pl

STRESZCZENIE

Stosowane w zabudowie jednorodzinnej, lokalne systemy ogrzewania na gaz, olej opałowy, energię elektryczną czy też systemy wykorzystujące energie odnawialne, mogą mieć istotny wpływ na zmiany ilościowe, w tym objętościowe, wytwarzanych odpadów bytowych. W artykule przedstawiono metodykę i wyniki badań objętościowych wskaźników nagromadzenia odpadów w peryferyjnym budownictwie jednorodzinnym Białegostoku wyposażonym w różne rodzaje ogrzewania w latach 2012 i 2013. Uzyskane w trakcie badań dane porównano z danymi z literaturowymi. Stwierdzono zależność wartości wskaźnika nagromadzenia objętościowego odpadów od rodzaju ogrzewania i stosowanego paliwa, przy czym najmniejsze wartości uzyskano przy stosowaniu drewna a najwyższe gazu ziemnego.

Słowa kluczowe: odpady komunalne, badanie odpadów, wskaźnik nagromadzenia objętościowego odpadów, zabudowa miejska niska, źródła ciepła.

INFLUENCE OF TYPE THE HEATING ON THE WASTE ACCUMULATIONS INDICATOR IN SELECTED ESTATE OF BIAŁYSTOK

ABSTRACT

Used in one-family housing, local heating systems on gas, fuel oils, electric energy, and renewable energies, can have influence on the quantitative changes in the volume produced household wastes. The paper presents the methodology and results of the volume of wastes accumulations in a single-family housing in Białystok in 2012 and 2013 in different seasons of the year. The obtained results were compared with literature data. It was found the relationship of the volumetric rate of accumulation of waste on the type of heating and fuel used, but the lowest values were obtained with the use of wood, and the highest with gas.

Keywords: municipal waste, waste research, indicator accumulation of waste, poor urban development, heat source.

WPROWADZENIE

W 2012 roku wprowadzona w życie znowelizowana ustawa o utrzymaniu porządku i czystości w gminach [Ustawa 1996] zmieniła od podstaw system zagospodarowania odpadów oraz wymusiła pośrednio na gminach wykonywanie badań ilościowych jak i morfologicznych powstających odpadów komunalnych. Z tego powodu ogłaszane były i są przetargi na wykonanie takich badań między innymi w Olsztynie, Białymstoku, Szczecinie i innych miastach oraz gminach. Wiedza na temat masy i objętości wytwarzanych odpadów komu-

nalnych stanowi podstawę planowania i zarządzania odpadami, w wyznaczonych w Wojewódzkich Planach Gospodarki Odpadami (WPGO), regionach [Directive 2008/98; Generowicz i Gaska 2014; Grygorczuk-Petersons, Wiater 2014]. Związane jest to z prognozowaniem rozwoju bazy technicznej przedsiębiorstw komunalnych, wyboru metod gromadzenia, wywozu, unieszkodliwiania i zagospodarowania odpadów [Grygorczuk-Petersons 2001], a także zdolności przerobowej RI-POK-ów [Grygorczuk-Petersons, Wiater 2014].

Ilość odpadów komunalnych przypadająca na jednego mieszkańca zależy od poziomu życia,

rodzaju i struktury zabudowy, istniejącej infrastruktury, wyposażenia technicznego i sanitarnego budynków (szczególnie sposobu ogrzewania) [Jędrzak i Szpadt 2006].

Obserwowane w ostatnim czasie tendencje w zmianach ilościowych odpadów komunalnych wskazują na znaczny wzrost objętościowy opakowań i zmniejszenie ilości pozostałości po spalaniu węgla oraz koksu spowodowane zwiększeniem zużycia gazu, oleju opałowego, prądu elektrycznego czy też energii odnawialnych do ogrzewania mieszkań.

Szczególny wpływ na ilość odpadów, w danym typie zabudowy, wywiera standard życia mieszkańców, którzy wytwarzają odpady, ich przyzwyczajenia i tradycje [Sieja 2006], rodzaj ogrzewania, stosowane paliwo oraz świadomość ekologiczna. Uzasadnione jest, zatem przeprowadzanie badań określających nie tylko objętości odpadów zbieranych w pojemnikach w poszczególnych typach zabudowy, ale także ustalenie ewentualnego wpływu poszczególnych czynników na objętość powstających odpadów. Z tego też względu podstawą racjonalnego planowania gospodarki odpadami jest tzw. jednostkowy wskaźnik nagromadzenia odpadów, którego prawidłowy dobór jest najważniejszym zadaniem etapu planistycznego w zakresie gospodarki odpadowej [Sidelko 2011; Chmielińska-Bernacka, Sidelko 2013].

Z uwagi na powyższe podjęto badania mające na celu określenie wpływu rodzaju ogrzewania i stosowanego paliwa na wskaźnik nagromadzenia objętościowego odpadów komunalnych w peryferyjnym osiedlu budownictwa jednorodzinne.

CHARAKTERYSTYKA TERENU I METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono na osiedlu mieszkaniowym o powierzchni 420,88 ha znajdującym się w północno-zachodniej części Białegostoku. Osiedle powstałe w wyniku przekształceń zabudowy wiejskiej [Tokajuk 2011] charakteryzuje zabudowa typowa dla terenów peryferyjnych, z ogrodami i sadami przydomowymi. Istniejące budynki mieszkalne to domy jednorodzinne wolnostojące, jedno- lub dwukondygnacyjne z ewentualnymi poddaszami, ogrzewane z wykorzystaniem kotłowni lokalnych lub osiedlowych na olej opałowy, gaz propan-butan, gaz ziemny, energię elektryczną, węgiel, drzewo lub inne źródła

ciepła. Na terenie osiedla znajdują się nieliczne jednostki usługowe i produkcyjno-usługowe występujące głównie w bezpośrednim sąsiedztwie drogi krajowej [Tokajuk 2011; Grygorczuk-Petersons, Wiater 2014].

System gospodarki odpadami na terenie osiedla oparty jest w o zasadę segregacji „u źródła”. Zebrane selektywnie odpady komunalne wywożone są przez wyspecjalizowane firmy prowadzące odbiór odpadów, do Zakładu Utylizacji Odpadów Komunalnych w Hryniewiczach (gm. Juchnowiec Kościelny) [Strembicka 2008; Ejdyś, Lulewicz-Sas, Rauba 2013; Grygorczuk-Petersons, Wiater 2014].

Badania na osiedlu w Białymstoku zostały wykonane celem określenia wpływu sposobu ogrzewania na wartość objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów komunalnych. Organizacja badań objęła: wybór środowiska do badań, wybór tras pomiarowych, zebranie informacji dotyczących badanych obiektów i tras pomiarowych, wykonanie badań terenowych oraz obliczenie objętościowych wskaźników nagromadzenia odpadów (2012 i 2013 rok).

Pomiarów dokonano dwa razy w miesiącu od października 2012 roku do lipca 2013 w zabudowie niskiej, peryferyjnej miejskiej (typ zabudowy III wg Jędrzaka i Szpadta 2006) z uwzględnieniem różnych sposobów ogrzewania budynków.

Po wyborze tras pomiarowych przeprowadzono dokładną inwentaryzację obejmującą zebranie następujących danych: adresów, liczby mieszkańców w poszczególnych gospodarstwach domowych, stanu istniejących miejsc gromadzenia odpadów, rodzaju ogrzewania, typów i ilości pojemników.

Badania dokonane zostały na wybranej trasie pomiarowej obejmującej 82 posesje zamieszkiwane przez 320 osób. Trasa wywozu obejmowała teren zabudowany domami jednorodzinnymi o zróżnicowanym standardzie wyposażenia z przewagą wyższego standardu. Zróżnicowany był system ogrzewania lokalnego: gazowy, olejowy, na stałe paliwa tradycyjne (węgiel, koks, drewno) oraz z wykorzystaniem energii odnawialnych (pompy ciepłe). Odpady gromadzone były przy 80 posesjach w pojemnikach o pojemności 120 dm³, oraz w dwóch o wielkości 700 dm³. Na omawianym terenie odpady wywożone były raz na dwa tygodnie.

W celu ułatwienia pracy oraz ograniczenia wszelkich pomyłek w pracach pomiarowych, sporządzono formularze pomiarowe, w których

przy każdym badanym obiekcie nanoszono: dzień, numer posesji i nazwę ulicy, szacunkową [Grygorczuk-Petersons, Wiater 2014] – zgodnie z obowiązującą w Polsce normą BN-87/9103-04, ilość (objętość) odpadów w dm^3 .

Pomiar wskaźnika objętościowego odbywał się przez wizualną ocenę napełnienia pojemników, określonego w [%]. Objętościowe nagromadzenie odpadów (b_{obj}) obliczano w [$\text{m}^3/(\text{M}\cdot\text{miesiąc})$] według wzoru:

$$b_{obj} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{M} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{M}\cdot\text{miesiąc}} \right]$$

gdzie: v_i – objętość odpadów w poszczególnych pojemnikach w ciągu miesiąca [m^3],
 M – liczba mieszkańców.

Uzyskane podczas badań wyniki przedstawiono w formie tabelarycznej, graficznej oraz opisowej. W tabeli 1 przedstawiono statystyki charakteryzujące badane wskaźniki nagromadzenia odpadów uzyskane za pomocą programu STATISTICA 12: średnia arytmetyczna, mediana, odchylenie standardowe, minimum, maksimum, skośność.

Graficzne przedstawiono wykresy typu „skrzynki z wąsami” (rys. 1) i histogramy (rys. 2) dla poszczególnych rodzajów ogrzewania okresu badawczego.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Średni roczny wskaźnik nagromadzenia odpadów dla wszystkich rodzajów ogrzewania wynosił $0,85 \text{ m}^3/(\text{M}\cdot\text{rok})$ (tab. 1) i jest mniejszy od tego, jaki podają dane literaturowe zgodnie, z którymi średni objętościowy wskaźnik nagromadzenia odpadów dla zabudowy jednorodzinnej

wynosi według:

- Rosik-Dulewskiej – $0,92 \text{ m}^3/(\text{M}\cdot\text{rok})$ [Rosik-Dulewska 2010],
- Jamróz i Generowicz – $1,33 \text{ m}^3/(\text{M}\cdot\text{rok})$, w przypadku zabudowy miejskiej oraz $1,00 \text{ m}^3/(\text{M}\cdot\text{rok})$ w przypadku zabudowy wiejskiej, dla miasta Skawiny z ogrzewaniem na paliwa stałe [Jamróz i Generowicz 2012],
- Grzelaka i Krzystek – $1,633 \text{ m}^3/(\text{M}\cdot\text{rok})$ w przypadku zabudowy miejskiej z ogrzewaniem lokalnym dla miasta Łódź [Grzelak i Krzystek, 2012],
- Generowicz i Gaska – $1,15 \text{ m}^3/(\text{M}\cdot\text{rok})$, w przypadku zabudowy miejskiej oraz $1,16 \text{ m}^3/(\text{M}\cdot\text{rok})$ w przypadku zabudowy wiejskiej dla miasta Skawiny z przewagą ogrzewania na paliwa stałe [Generowicz i Gaska 2014].

Wartości średnich miesięcznych wskaźników nagromadzenia odpadów na omawianym osiedlu w Białymstoku, dla analizowanych sposobów ogrzewania lokalnego, różnią się między sobą. Jednak, nie zaobserwowano zbyt dużych wahań wartości wskaźników w ciągu całego okresu badawczego (tab. 1, rys. 1).

Najmniejsze średnie wskaźniki nagromadzenia odpadów, w całym okresie badawczym, stwierdzono dla mieszkań opalanych drewnem – $0,048 \text{ m}^3/(\text{M}\cdot\text{miesiąc})$ i węglem – $0,053 \text{ m}^3/(\text{M}\cdot\text{miesiąc})$, co wynika w głównej mierze z faktu spalania przez mieszkańców wybranych grup odpadów w paleniskach domowych [Sieja 2006, Rosik-Dulewska 2010]. Uzyskane w badaniach wartości wskaźników dla zabudowy jednorodzinnej ogrzewanych paliwami stałymi są o około 40% niższe od wartości tego wskaźnika dla 40-tysięcznej miejscowości w gminie Skawina z takim samym rodzajem ogrzewania [Genero-

Tabela 1. Statystyki charakteryzujące wskaźnik nagromadzenia objętościowego odpadów bytowych [$\text{m}^3/(\text{M}\cdot\text{miesiąc})$] w zależności od rodzaju ogrzewania w całym okresie badawczym

Table 1. Statistics characterizing the coefficient of household waste volume accumulation [$\text{m}^3/(\text{M}\cdot\text{month})$] depending on the type of heat within the whole study

Zmienna	Rodzaj ogrzewania						Wszystkie rodzaje ogrzewania łącznie [Grygorczuk-Petersons, Wiater 2014]
	na węgiel	na koks	na drewno	na olej opałowy	na gaz ziemny	pompa ciepła	
Średnia	0,053	0,069	0,048	0,063	0,071	0,060	0,071 ($0,85 \text{ m}^3/(\text{M}\cdot\text{rok})$)
Mediana	0,05	0,057	0,045	0,063	0,063	0,059	0,070
Odchylenie standardowe	0,017	0,042	0,016	0,019	0,043	0,003	0,019
Minimum	0,024	0,018	0,022	0,03	0,026	0,057	0,024
Maksimum	0,086	0,175	0,096	0,108	0,280	0,064	0,128
Współczynnik skośności – A	0,24	1,426	0,649	0,107	3,442	-0,849	0,312

wicz i Gaska 2014], oraz o około 42% i 60% od ustalonych wartości w trakcie własnych badań dla dwóch dzielnic jednorodzinnych Białegostoku również z ogrzewaniem na paliwa stałe (Bacieczki i Pieczurki) odpowiednio w latach 1991 i 1999 [Grygorczuk-Petersons 2001].

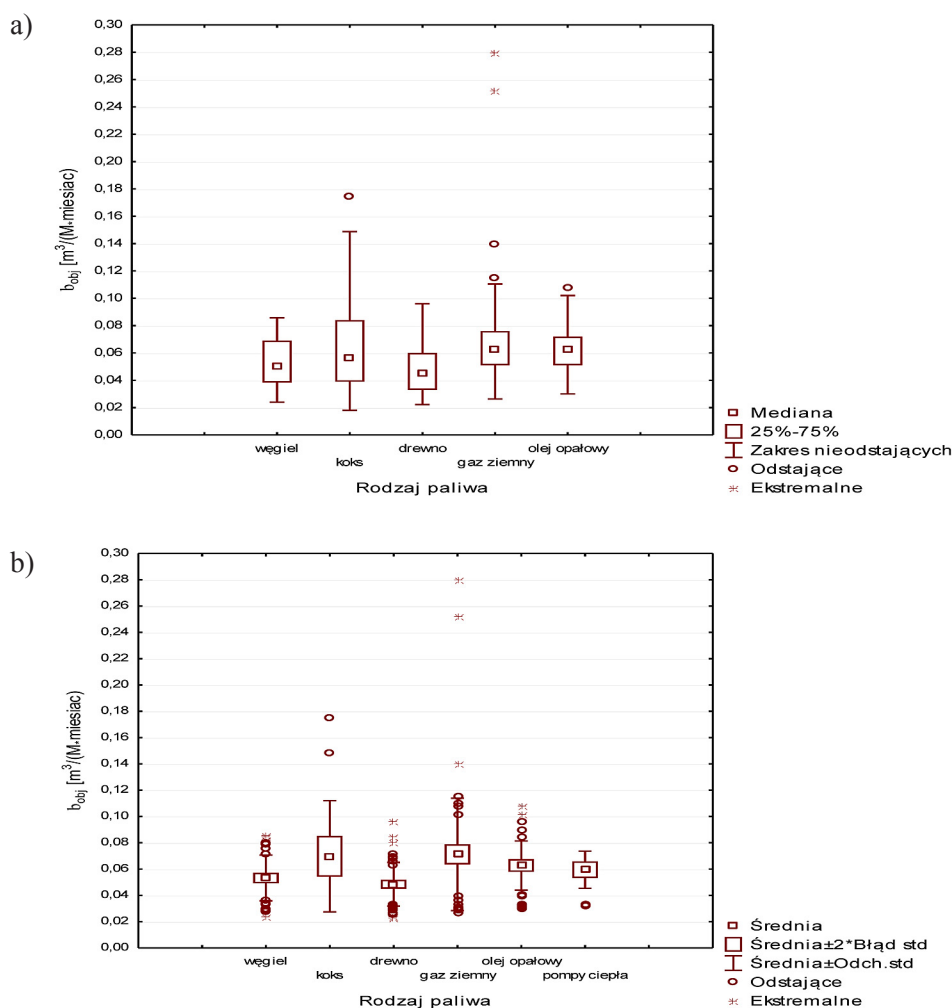
Najwyższy średni wskaźnik nagromadzenia odpadów wystąpił dla mieszkań opalanych gazem ziemnym – 0,071 m³/(M·miesiąc). Niższe wartości odnotowano w przypadku stosowania koks – 0,069 m³/(M·miesiąc), oleju opałowego – 0,061 m³/(M·miesiąc) i pomp ciepła 0,060 m³/(M·miesiąc). Wynika z tego, że stosowanie paliw ekologicznych do ogrzewania ogranicza możliwość spalania odpadów w paleniskach domowych. Może to jedynie następować, w kominach, co jest niewskazane.

Opracowanie statystyczne uzyskanych wyników badań wykazało istnienie małych dysproporcji między uzyskanymi wskaźnikami objętościowego nagromadzenia odpadów w budynkach jednorodzinnych z różnym źródłem ciepła, z uwagi

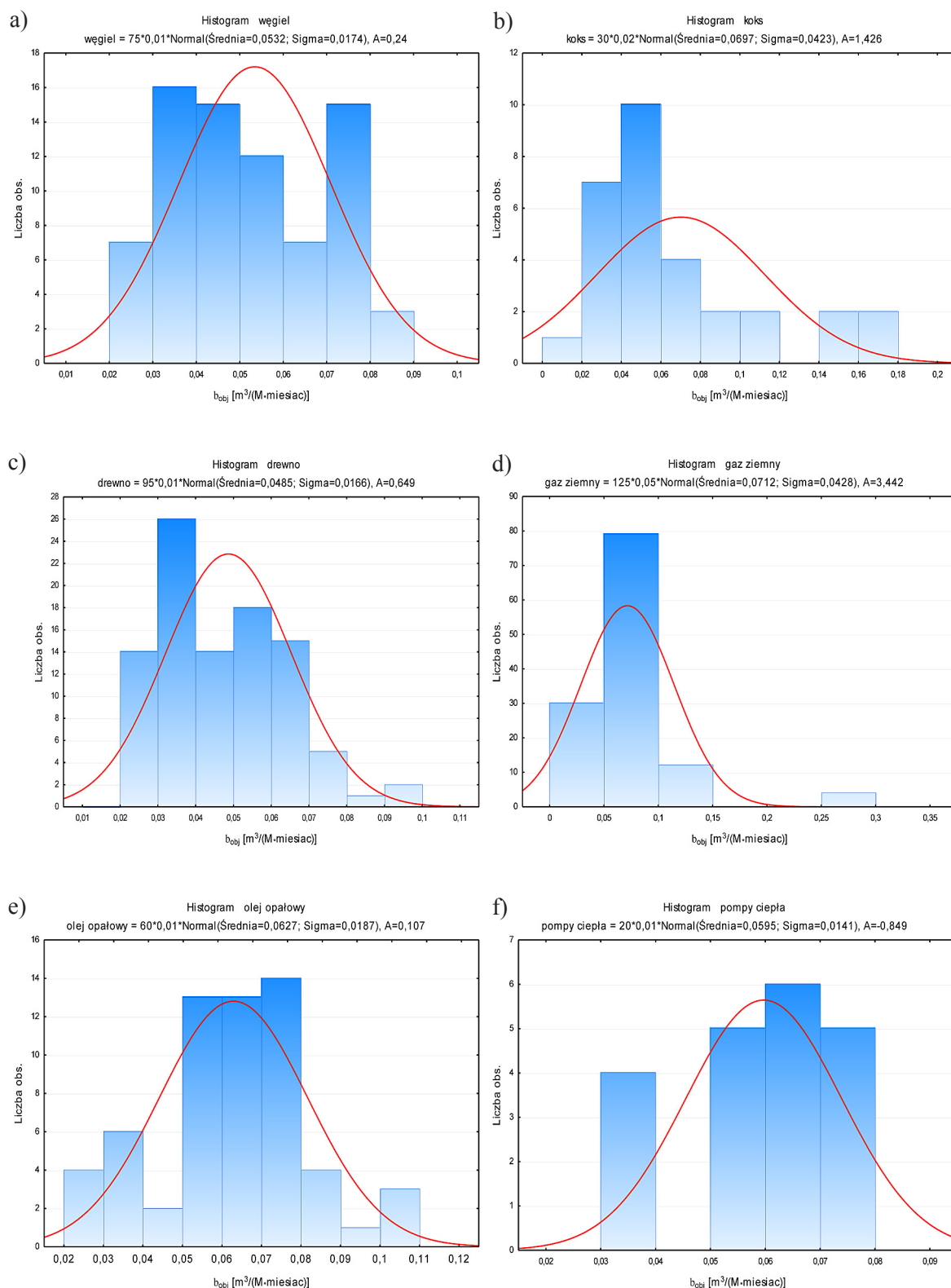
na bardzo małą różnicę między medianą a średnią wartością wskaźnika, natomiast na podstawie oglądu minimum i maksimum, stwierdzono nawet 11-krotną różnicę między tymi wartościami w przypadku stosowania gazu ziemnego (tab. 1). Najmniejsze rozproszenie wyników objętościowych wskaźników nagromadzenia odpadów uzyskano przy wykorzystaniu pomp ciepła (najniższa wartość odchylenia standardowego – 0,003), a największe rozproszenie przy stosowaniu ogrzewania na gaz ziemny (najwyższe wartości odchylenia standardowego – 0,043) oraz na koks (odchylenie standardowe – 0,042) (tab. 1).

Wykresy typu „skrzynek z wąsami” wykazują wahania wielkości wskaźnika nagromadzenia odpadów dla różnych rodzajów stosowanego ogrzewania (rys. 1).

Stwierdzono występowanie różnych rozrzutów wartości analizowanych wskaźników wokół średniej, przy czym w całym okresie badawczym dla poszczególnych rodzajów ogrzewania występowały znaczne ilości wartości odstających oraz



Rys. 1. Zakres wahań wskaźnika nagromadzenia objętościowego odpadów w zależności od rodzaju ogrzewania
 Fig. 1. Range of oscillations of the waste volume accumulation of the depending on the type of heat



Rys. 2. Częstość występowania wskaźnika nagromadzenia objętościowego odpadów
Fig. 2. Frequency of the waste volume accumulation occurrence

ekstremalnych w przypadku stosowania węgla, drewna, gazu i oleju opałowego (rys. 1b).

Analizując wykresy typu „skrzynkowego z wąsami” dla mediany stwierdzono, że wszystkie wartości wskaźników nagromadzenia objętościowego

odpadów mieściły się w zakresie od 25% do 75% wszystkich obserwacji oraz wartościach niedostających przy ogrzewaniu na węgiel i drewno (rys. 1b). Przy stosowaniu pomp ciepła i ogrzewania na koks oraz olej opałowy stwierdzono występowanie poje-

dynczych wartości odstających od zakresu 25% do 75% wszystkich obserwacji (rys. 1a). Wynikać to może również z różnego standardu życia czy też świadomości ekologicznej mieszkańców.

Histogramy przedstawiają ilość obserwacji oraz sposób rozkładu wielkość wskaźnika nagromadzenia objętościowego dla analizowanych rodzajów ogrzewania (rys. 2). Na ich podstawie określono, że wskaźniki objętościowego nagromadzenia odpadów przyjmowały wartości z przedziałów:

- 0,03–0,06 m³/(M·miesiąc) dla ogrzewania węglowego w 71% i na drewno w 61%,
- 0,04–0,08 m³/(M·miesiąc) dla ogrzewania na koksu w 47%,
- 0,05–0,1 m³/(M·miesiąc) dla ogrzewania gazowego w 63%,
- 0,05–0,08 m³/(M·miesiąc) dla ogrzewania olejowego w 67%,
- 0,05–0,08 m³/(M·miesiąc) z wykorzystaniem pompy ciepła w 80% (rys. 2).

Stwierdzono, że uzyskane wartości objętościowych wskaźników nagromadzenia odpadów nie wykazały zgodności z rozkładem normalnym ($A \neq 0$) (tab. 1, rys. 2). Przy ogrzewaniu wykorzystującym, jako źródło ciepła paliwa stałe (węgiel, koks, drewno), gaz ziemny i olej opałowy, stwierdzono asymetrię prawostronną rozkładu ($A > 0$), co oznacza, że w tych okresach występują pojedyncze wysokie i bardzo wysokie wartości wskaźników nagromadzenia odpadów (rys. 2a–2f), natomiast przy ogrzewaniu z wykorzystaniem pompy ciepła.

Histogram o rozkładzie najbardziej przybliżonym do symetrycznego, o współczynniku skośności 0,107, występował przy ogrzewaniu olejowym (rys. 2e).

WNIOSKI

Na podstawie analizy literatury, przeprowadzonych badań na terenie analizowanego osiedla oraz opracowania statystycznego uzyskanych wyników, wyciągnięto następujące wnioski końcowe:

1. Stwierdzono zależność wartości wskaźnika nagromadzenia objętościowego odpadów od rodzaju ogrzewania i stosowanego paliwa, przy czym najmniejsze wartości uzyskano przy stosowaniu drewna a najwyższe gazu ziemnego. Opracowanie statystyczne uzy-

skanych wyników wykazało istnienie małych dysproporcji między uzyskanymi wartościami tego wskaźnika w budynkach z różnym źródłem ciepła.

2. Uzyskana w badaniach średnia wartość objętościowego wskaźnika nagromadzenia odpadów dla budynków jednorodzinnych z ogrzewaniem na paliwa stałe (węgiel, drewno, koks) jest mniejsza od wartości określonych w trakcie badań innych autorów.
3. Najmniejsze rozproszenie wyników objętościowych wskaźników nagromadzenia odpadów uzyskano przy wykorzystaniu pomp ciepła (najniższa wartość odchylenia standardowego – 0,003), a największe rozproszenie przy stosowaniu ogrzewania na gaz ziemny (najwyższe wartości odchylenia standardowego – 0,043).
4. Uzyskane wartości objętościowych wskaźników nagromadzenia odpadów nie wykazały zgodności z rozkładem normalnym we wszystkich analizowanych przypadkach.
5. Wynikiem badań jest zmierzona, realne nagromadzenie odpadów w osiedlu peryferyjnym miasta Białegostoku, wyrażone poprzez objętościowe wskaźniki nagromadzenia odpadów dla różnych rodzajów ogrzewania. Pozwoli to zweryfikować rzeczywiste ilości powstających odpadów, które są między innymi niezbędne do: określenia pojemności i ilości pojemników na odpady na każdej posesji, planowania tras wywozowych, niezbędnego taboru obsługującego te trasy a także tendencji zmian ilości powstających odpadów przy zmianie stosowanego paliwa.

LITERATURA

1. BN-87/9103-04: Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Metody oznaczania wskaźnika nagromadzenia.
2. Chmielińska-Bernacka A., Sidelko R. 2013. Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do prognozy ilości odpadów bytowo-gospodarczych. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 15, 835–844.
3. Directive 2008/98/ of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives.
4. Ejdyś J., Lulewicz-Sas A., Rauba E. 2013. Program ochrony środowiska dla miasta Białegostoku na lata 2013–2016 z perspektywą na lata 2017–2020 (projekt), Białystok.

5. Generowicz A., Gąska K. 2014, Research on waste generation indicators for 40 thousand inhabitants community. *Arch. Gosp. Odpad. Ochr. Środ.* 16(2), 67–74.
6. Grygorczuk-Petersons E.H. 2001. Charakterystyka ilościowa odpadów z budownictwa jednorodzinnego na przykładzie miasta Białystok. *Zesz. Nauk. PB. IŚ.*, 15, 342–345.
7. Grygorczuk-Petersons E.H., Wiater J. 2014. Sezonowa zmienność wskaźnika nagromadzenia odpadów w wybranym osiedlu Białegostoku. *Inżynieria Ekologiczna*, 40, 82–91.
8. Grzelak J., Krzystek L. 2012. Zmiany składu morfologicznego stałych odpadów komunalnych w mieście Łodzi w latach 1995–2011, ze szczególnym uwzględnieniem frakcji organicznej. *Inż. Ap. Chem.*, 51(4), 128–130.
9. Jarmóz A., Generowicz A. 2012. Tendencja zmian nagromadzenia odpadów komunalnych na przykładzie małego miasta. *Środowisko. Czasopismo Techniczne*, 1Ś(4), 101–112.
10. Jędrzak A., Szpad R. 2006. Określenie metody badań składu sitowego, morfologicznego i chemicznego odpadów komunalnych. *Kamieniec Wrocławski – Zielona Góra*.
11. Rosik-Dulewska Cz. 2010. Podstawy gospodarki odpadami. Wyd. piąte uakt., Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
12. Sidelko R. 2011. Jednostkowy wskaźnik nagromadzenia odpadów komunalnych na przykładzie Koszalina. VII Konferencja Naukowo-Techniczna. Koszalin.
13. Sieja L. 2006. Charakterystyka odpadów komunalnych na podstawie badań w wybranych miastach Polski. *Ochr. Powietrza i Problemy Odpadów*. 40(1), 28–30.
14. Strembicka D. 2008. Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Białegostoku. Kierunki i polityka zagospodarowania przestrzennego.
15. Tokajuk J. 2011. Konflikty przestrzenne na styku istniejącej zabudowy zagrodowej i planowanej zabudowy mieszkaniowej na terenach wsi strefy podmiejskiej włączonych do obszaru miasta Białystok. *Przestrzeń i forma*, 15, 311–320.
16. Ustawa 1996: Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. 1996 Nr 132, poz. 622 z późn. zm.).