

Optymalizacja odbioru odpadów komunalnych

Optimization of municipal waste collection

MACIEJ MAZUR, MARCIN SALUK, BARTOSZ JAŻWIEC, BARTOSZ FRĄK, EMILIA DEN BOER, JAN DEN BOER

DOI 10.36119/15.2025.1.7

Obecnie jednym z najważniejszych wyzwań dla gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce jest osiągnięcie wymaganych poziomów przygotowania do ponownego użycia i recyklingu. Aby je osiągnąć konieczna jest dalsza intensyfikacja i poprawa efektów selektywnego zbierania, szczególnie w obszarach gęsto zaludnionych. Władze lokalne i przedsiębiorstwa branży komunalnej poszukują obecnie rozwiązań zwiększających efektywność zbiórki przy jednoczesnym obniżeniu kosztów tego systemu. Wraz z rozwojem i wdrażaniem technologii i platform inteligentnego miasta, wykorzystywane są nowe rozwiązania w zakresie inteligentnej zbiórki odpadów. W niniejszej publikacji przedstawiono wyniki projektu badawczego, którego przedmiotem było zaprojektowanie, budowa i przetestowanie w warunkach rzeczywistych nowych technologii w zintegrowanym systemie gromadzenia i odbioru odpadów komunalnych. W skład przedmiotowego systemu wchodzi: specjalistyczny pojazd z manipulatorem – dźwignikiem hakowym oraz praso-kontener wraz z pojemnikami do gromadzenia odpadów, zwanym dalej „Systemem PRESKO”. Celem innowacji było zaprojektowanie systemu tak, aby możliwa była jego obsługa przez jedną osobę, w sposób w pełni zautomatyzowany. System PRESKO wyróżnia się zastosowaniem innowacyjnych pojemników oraz bardzo krótkim czasem ich opróżniania. Przeprowadzony pilotaż, w warunkach rzeczywistej zbiórki odpadów pokazał, że system PRESKO spotkał się z akceptacją społeczną, co przełożyło się na poprawę efektów selektywnej zbiórki, obserwowaną już w krótkim czasie po jego wdrożeniu.

Słowa kluczowe: selektywne zbieranie odpadów, surowce, odpady komunalne

Currently, one of the most important challenges for municipal waste management in Poland is to achieve the required levels of preparation for reuse and recycling. To achieve them, it is necessary to further intensify and improve the effects of selective collection, especially in densely populated areas. Local authorities and municipal companies are currently looking for solutions that increase the efficiency of collection while reducing the costs of this system. Along with the development and implementation of smart city technologies and platforms, new solutions in the field of intelligent waste collection are used. This publication presents the results of a research project, the subject of which was to design, build and test new technologies in an integrated system for temporary storage and collecting municipal waste in real conditions. The system in question consists of: a specialist vehicle with a manipulator – a hook lift and a press-container with bins for collecting waste, hereinafter referred to as the “PRESKO System”. The aim of the innovation was to design the system so that it could be operated by one person, in a fully automated manner. The PRESKO System is distinguished by the use of innovative bins and a very short time of their emptying. The pilot carried out in real waste collection conditions showed that the PRESKO system met with social acceptance, which translated into improved selective collection effects, observed already shortly after its implementation.

Keywords: separate waste collection, recyclables, municipal waste

Wstęp

Podstawą racjonalnej gospodarki odpadami jest selektywne zbieranie surowców oraz bioodpadów [1,2]. Czyste, selektywnie zebrane frakcje mogą zostać poddane wysokiej jakości recyklingowi materiałowemu lub organicznemu. W ostatnich latach w Polsce istotnie poprawiono infrastrukturę zagospodarowania odpadów, powstało szereg nowoczesnych instalacji przetwarzania odpadów, takich jak stacje segregacji odpadów, instalacje recyklingu, w tym organicznego i odzysku energii z odpadów. Od 2013 r., kiedy to gminy na podstawie nowelizacji Ustawy o utrzymaniu

porządku czystości w gminach [3] przejęły obowiązki związane z organizacją systemu gospodarki odpadami komunalnymi poziom selektywnej zbiórki wzrósł istotnie z 1275 tys. Mg w 2013 roku do 5361 tys. Mg w 2022 roku [4]. To jednak wciąż zbyt mało by osiągnąć stale wzrastające wymagania w zakresie poziomów przygotowania do ponownego użycia (pdpu) i recyklingu, za które odpowiadają gminy. W 2021 roku wymagany poziom pdpu i recyklingu wynosił 20% masy wytworzonych odpadów komunalnych, podczas gdy już w 2025 wymagane będzie 55%, a w 2035 – 65% masy wytworzonych odpadów komunalnych [1,2,5].

Wzrost oczekiwań w stosunku do osiągniętych efektów, skutkujący m.in. koniecznością rozbudowy systemu zbierania oraz ograniczenie możliwości składowania odpadów zawierających frakcje palne [6] przyczyniły się do bardzo dotkliwego wzrostu cen zagospodarowania odpadów w ostatnich latach [7]. Rozbudowany system zbierania odpadów w podziale na minimum 5 frakcji odbieranych u źródła powoduje konieczność zaangażowania zarówno wyspecjalizowanych pojazdów do odbioru odpadów oraz ludzi obsługujących pojazdy. W efekcie oferty składane przez przedsiębiorców w ramach postępowań przetargowych na odbiór

dr inż. Maciej Mazur, mgr inż. Marcin Saluk; dr inż. Bartosz Jaźwiec, inż. Bartosz Frąk – Hewea Sp z o.o.

dr inż. Emilia den Boer <https://orcid.org/0000-0001-9718-5774> – Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wroclawska, Katedra Gospodarki Wodno-Ściekowej i Technologii Odpadów

dr inż. Jan den Boer <https://orcid.org/0000-0001-6182-6074> – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny, Katedra Biogospodarki Stosowanej. Adres do korespondencji/ Corresponding: emilia.denboer@pwr.edu.pl

i zagospodarowanie odpadów często znacząco przekraczały założenia gmin oraz budżet przewidziany na gospodarkę odpadami pozyskany z opłat wnoszonych przez mieszkańców i właścicieli nieruchomości niezamieszkałych objętych systemem gminnym. Oznacza to, że system nie finansuje się i gminy muszą dopłacać do niego z innych środków co nie powinno mieć miejsca [7].

Sama zbiórka odpadów jest ważnym elementem funkcjonalnym nowoczesnego systemu gospodarki odpadami i może stanowić aż do połowy całkowitych wydatków na gospodarkę odpadami w krajach uprzemysłowionych [8, 9, 10, 11]. Jednym z możliwych rozwiązań opisanych problemów efektywności i rentowności selektywnej zbiórki jest optymalizacja logistyki odbioru odpadów przez zastosowanie nowoczesnych pojazdów o wysokim stopniu automatyzacji. Według Popa i in. [12] wraz z rozwojem i wdrażaniem technologii i platform inteligentnego miasta, wykorzystywane są nowe rozwiązania w zakresie inteligentnej zbiórki odpadów. Obecnie władze lokalne i przedsiębiorstwa branży komunalnej poszukują nowatorskich rozwiązań zwiększających poziom zbiórki różnych rodzajów odpadów poprzez wykorzystanie nowych technologii i urządzeń, takich jak inteligentne czujniki, Internet Rzeczy (IoT), platformy chmurowe itp. [12, 13].

W niniejszej publikacji przedstawiono wyniki projektu badawczego współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), którego przedmiotem było zaprojektowanie, budowa i przetestowanie w warunkach rzeczywistych nowych technologii w zintegrowanym systemie gromadzenia i odbioru odpadów komunalnych. W skład przedmiotowego systemu wchodzi: specjalistyczny pojazd z manipulatorem – dźwignikiem hakowym oraz praso-kontener wraz z pojemnikami do gromadzenia odpadów, zwany dalej „Systemem PRESKO”.

Celem innowacji było zaprojektowanie systemu tak, aby możliwa była jego obsługa przez jedną osobę, w całości, bez wysiadania z pojazdu, w sposób w pełni zautomatyzowany. System PRESKO wyróżnia się zastosowaniem innowacyjnych pojemników oraz bardzo krótkim czasem ich opróżnienia. Ponadto, zamierzone efekty wdrożenia rozwiązań technicznych obejmują:

- poprawę bezpieczeństwa pracy dzięki rezygnacji z manualnego przemieszczania pojemników przez ładowaczy i obsługi przez nich opróżniania pojemników, w tym ograniczenie kosztów eksploatacji systemu dzięki jednoosobowej obsłudze,
- dynamiczny system ważenia,
- nowe wykorzystanie rejestracji obrazu do potwierdzania odbioru odpadów,

- możliwość opracowania trasy przejazdu w oparciu o lokalizację pojemników oraz stopień ich zapelnienia na podstawie odczytu danych z czujników zajętości umieszczonych w pojemnikach,
- bardzo krótki czas opróżniania pojemników – do 90 sek.,
- zastosowanie innowacyjnych pojemników.

Metodyka

Prace rozwojowe rozpoczęły się na VII poziomie gotowości technologicznej, co oznacza, że dokonano demonstracji prototypu technologii w warunkach operacyjnych. Innowacyjny zintegrowany system gromadzenia i odbioru odpadów komunalnych (system PRESKO) był wykorzystywany w ramach projektu badawczego przez operatorów świadczących usługi w zakresie odbierania odpadów komunalnych.

W pierwszym etapie realizacji projektu realizowane były następujące zadania związane z projektowaniem i optymalizacją pojazdu z systemem zautomatyzowanego opróżniania pojemników m.in.:

- Opracowanie i wybór nośnika hakowego kontenerów oraz manipulatora, zapewniających jednoosobowe opróżnianie specjalistycznych pojemników operując z kabiny kierowcy, pozwalających na wyeliminowanie konieczności dwu-trzy osobowej obsługi, z możliwością odbioru odpadów z pojemników podziemnych i pół-podziemnych.
- Zaprojektowanie zasilającego układu hydraulicznego.
- Zaprojektowanie optymalnego stosunku pojemności śmieciarki do jej masy własnej, co w konsekwencji ma zminimalizować częstotliwość opróżniania komory praso-kontenera, co jest jednym z warunków zapewnienia ergonomii.
- Zaprojektowanie układu bezpieczeństwa – kamer, czujników, które zapewnią wszystkim poziom bezpieczeństwa operatora oraz osób postronnych oraz możliwość jednoosobowej obsługi z kabiny kierowcy.
- Możliwość używania niezależnych praso-kontenerów w zależności od odbieranej frakcji.

Kamieniem milowym pierwszego etapu był model cyfrowy pojazdu do odbioru odpadów komunalnych. Zgodnie z założeniami prace dotyczyły pojazdu o długości max. 9200 mm, szerokości max. 2550 mm, oraz o dopuszczalnej masie całkowitej 26 ton i ładowności min. 7 ton.

W drugim etapie wykonano prototyp pojazdu do odbioru odpadów komunalnych wraz z pojemnikami do gromadzenia opa-

dów. Wykonano montaż elementów składowych systemu na podwoziu pojazdu ciężarowego oraz przeprowadzono badania rzeczywiste projektowanych w pierwszym etapie układów, sprawdzając m.in. czas opróżniania pojemników, wysięg maksymalny manipulatora oraz stateczność pojazdu i działanie systemów identyfikacji.

W trzecim etapie projektu przeprowadzono pilotaż, podczas którego zweryfikowano funkcjonalność opracowanego systemu zbiórki (pojazdu z układem automatycznego opróżniania kontenerów z zestawem kontenerów).

Aby ocenić efekty selektywnej zbiórki w Systemie PRESKO, zgromadzono dane na temat mas poszczególnych frakcji odpadów zebranych w dotychczasowym systemie i po wprowadzeniu nowych pojemników.

Badania efektów dotychczasowego systemu zbiórki przeprowadzono w okresie 3-16.01.2022 r., a po wprowadzeniu Systemu PRESKO wyniki uzyskano dla okresu 17.01.-15.04.2022 r.

Wyniki

W efekcie prowadzonych prac opracowany został cyfrowy model pojazdu, zgodny ze specyfikacją, wyposażony w elementy konstrukcji umożliwiające zautomatyzowany odbiór odpadów: dźwignik hakowy oraz manipulator (rysunek 1). Pojazd posiada kompaktor (praso-kontener) o pojemności 18 000 dm³ – oraz prototypową rolę podporową zapewniającą stateczność pojazdu podczas załadunku i rozładunku kompaktora (zdjęcie 1).



Rysunek 1.
Model komputerowy śmieciarki PRESKO

Na zdjęciu 1 pokazano pojazd podczas odbierania odpadów.



Zdjęcie 1.
Sposób opróżniania pojemników w systemie PRESKO

Funkcjonalność pojazdu zweryfikowano podczas pilotażu w warunkach rzeczywistych. Pilotażem objęto zbiórkę odpadów z 12 lokalizacji w mieście Oleśnicy przez okres 3 miesięcy. Jednym z założonych celów realizacji projektu była poprawa efektów zbiórki odpadów.

W wybranych lokalizacjach standardowe pojemniki na odpady zmieszane 1100 l i pojemniki na selektywnie zbierane surowce i bioodpady ustawione do tej pory w wiatach i altanach śmietnikowych zostały zastąpione odpowiednio pojemnikami PRESKO o objętościach od 2250 l do 3750 l (tabela 1).

Tabela 1. Pojemności pojemników PRESKO testowanych w ramach akcji pilotażowej

Frakcja	Objętość
Odpady zmieszane	3750 dm ³
Tworzywa i metale	3000 dm ³
Papier	3000 dm ³
Odpady BIO	2250 dm ³
Szkło	2250 dm ³

Na zdjęciu 2 przedstawiono porównanie konwencjonalnych pojemników w wytypowanych lokalizacjach oraz pojemników testowanych w ramach akcji pilotażowej.

Do projektu wybrane zostały pojemniki, które mogą być opróżniane przez pojazd z manipulatorem i jednoosobową obsadą. Dzięki zautomatyzowanemu systemowi naprowadzania przez manipulator, kierowca posiada możliwość opróżnienia pojemników bez wychodzenia z kabiny śmieciarki. Testowane pojemniki mają też szereg innych zalet związanych z ich ergonomią i estetyką. Charakteryzuje je łatwy i ergonomiczny system otwierania – ręcznie lub przy pomocy dźwigni uruchamianej nogą. Wrzutnia jest następnie automatycznie zamykana, co zapewnia ograniczenie uciążliwych zapachów. Szczelność pojemników poprawia bezpieczeństwo sanitarne przez wyeliminowanie przenikania odcieków do gruntu oraz dostępu do odpadów ptactwa, gryzoni i innych zwierząt,

a ponadto zmniejsza zagrożenie pożarowe. Odcięcie dopływu powietrza do pojemnika powoduje samogaszenie ognia, a metalowa budowa zapobiega jego rozprzestrzenieniu na sąsiednie pojemniki i otoczenie.

Innym, równie istotnym celem wdrożenia Systemu PRESKO była poprawa estetyki na podwórkach. Porównując zdjęcia przed i po wdrożeniu systemu poprawa estetyki jest oczywista. Nowe pojemniki są ustawione w jednej linii, co zapewnia komfortowy dostęp do każdego z nich, zarówno dla mieszkańców jak też dla pojazdów je opróżniających. Dzięki takiemu rozwiązaniu można zlikwidować wiaty śmietnikowe oraz zsypy, które najczęściej nie stanowią wizualnie atrakcyjnych miejsc na osiedlach. Są one bardzo często zabrudzone, stanowią siedliska gryzoni oraz źródło odorów, co dla wielu mieszkańców jest niekomfortowe.

Ponadto ważnym aspektem jest mniejsza powierzchnia terenu, dzięki ich ciasnemu ustawieniu, co zapewnia możliwość wykorzystania dodatkowej powierzchni jako tere-

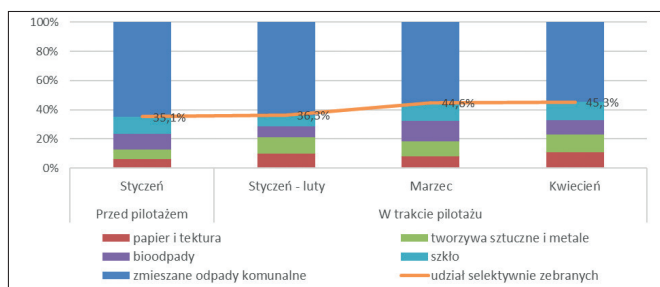
nu zielonego. Pojemniki w systemie PRESKO są cięższe od stosowanych konwencjonalnie kontenerów z tworzywa sztucznego, a ponadto są one unieruchomione na metalowej prowadnicy (szynie), co zapobiega ich przemieszczaniu pod wpływem silnego wiatru lub przez nieupoważnione osoby. Do innych zalet zastosowanych pojemników należy możliwość zastosowania nowoczesnych rozwiązań mechatronicznych, np. otwierania przy pomocy kart dostępowych, chipów czy aplikacji na smartfony.

W kontekście obecnych wyzwań gmin jednym ze spodziewanych efektów była poprawa uzyskiwanych efektów selektywnej zbiórki odpadów w zaproponowanym systemie PRESKO. Aby zweryfikować to założenie, ocenie poddano ilości odpadów zbieranych selektywnie w porównaniu do okresu przed wprowadzeniem systemu. Akcja prowadzona była w ścisłej współpracy z przedsiębiorstwem odbierającym odpady na terenie miasta (MGK Oleśnica) oraz spółki HEWEA, która dostarczyła system do

Tabela 3. Efekty selektywnej zbiórki uzyskane przed i w trakcie badania [kg]

	Jedn.	Dotychczasowy system zbiórki 3-16 stycznia	W trakcie wdrożenia Systemu PRESKO			
			17 stycznia – 28 lutego	1-31 marca	1-15 kwietnia	łącznie
Zmieszane odpady komunalne [kg]	[kg]	14 060	49 448	32 990	18 330	100 768
Papier i tektura [kg]	[kg]	1 300	7 616	4 860	3 630	16 106
Tworzywa sztuczne i metale [kg]	[kg]	1 470	8 846	6 050	4 080	18 976
Bioodpady [kg]	[kg]	2 280	5 840	8 400	3 240	17 480
Szkło [kg]	[kg]	2 560	5 830	7 240	4 260	17 330
Razem	[kg]	21 670	77 580	59 540	33 540	170 660
Udział selektywnej zbiórki w stosunku do całej masy OK [% masy]	[%]	35,1%	36,3%	44,6%	45,4%	41,0%

Rysunek 2. Udziały procentowe zbieranych frakcji przed i w trakcie pilotażu



Zdjęcie 2. Pojemniki konwencjonalne (zdjęcia górne) oraz testowane w ramach akcji pilotażowej (zdjęcia dolne)

ich odbioru. Wyniki zestawiono w tabeli 3 oraz na rysunku 2.

Udziały procentowe zebranych frakcji odpadów w odpowiednich okresach przedstawia rysunek 2. Udział odpadów zebranych selektywnie w stosunku do łącznej masy odpadów zebranych w okresie poprzedzającym wdrożenie Systemu PRESKO wyniósł 35,1%. Natomiast w czasie realizacji badania z wykorzystaniem Systemu PRESKO udział selektywnej zbiórki wyniósł łącznie 41,0%, czyli był o 5,9 punktu procentowego wyższy niż przed wdrożeniem systemu, co się przekłada na wzrost o 16,5% w stosunku do wartości sprzed pilotażu. Jest to istotna poprawa efektów w dość krótkim, trwającym niespełna 3 miesiące okresie prowadzenia badania. Ponadto warto zwrócić uwagę, że wyniki dla kolejnych miesięcy wskazują na

stopniową poprawę efektów selektywnej zbiórki – od 36,3% w I okresie (17 stycznia do 28 lutego), 44,6% w II okresie (w lutym) do 45,4% w III okresie – pierwszej połowie kwietnia 2022 (rysunek 2).

Dla porównania w podobnej akcji pilotażowej prowadzonej we Wrocławiu w okresie 25.11.-24.01.2020 roku, czyli przez okres 2 miesiące, osiągnięto poprawę efektów selektywnej zbiórki o 2,2 punktu procentowe (z poziomu 28,1% przed pilotażem, do 30,3% w czasie jego trwania). W tym zakresie mieszkańcy Oleśnicy wykazali większe zaangażowanie i akceptację systemu, co zostało zademonstrowane przez bardziej znaczącą poprawę efektów już w pierwszych dwóch miesiącach od jej rozpoczęcia. Ponadto, podobnie jak we Wrocławiu bardzo istotny jest fakt, że poprawę zbiórki obserwowano w całym okresie. W kolejnych miesiącach zbiórki osiągano lepsze wyniki niż w poprzednim miesiącu, co pozwala przypuszczać, że z czasem wyniki ulegną dalszej poprawie. Niestety nie prowadzono badań jakościowych selektywnie zbieranych odpadów, a więc efekt jakościowy nie może zostać oceniony.

Testowany system ma również istotny wpływ na warunki pracy załogi obsługującej pojazd. Przede wszystkim zapewnia on rezygnację z manualnego przemieszczania pojemników przez ładowaczy i obsługi opróżniania pojemników. Pozwala to wyeliminować większość uciążliwej pracy fizycznej. Poprawie ulega też bezpieczeństwo pracy dzięki eliminacji wypadków, jakim ulegają ładowacze stojący na tylnych podestach podczas jazdy śmieciarki. Dzięki systemowi ciągłego nadzoru z kabiny kierowcy-operatora nad procesem opróżniania pojemników i ich odstawiania dzięki zespołowi kamer i czujników zmniejsza się też prawdopodobieństwo wypadku z uczestnictwem przechodniów. Wspomaga to również system ostrzegania przechodniów i osób postronnych sygnałami dźwiękowymi i świetlnymi podczas opróżniania i odstawiania pojemników,

Ponadto system PRESKO, pomimo wyższych kosztów inwestycyjnych przekłada się na niższy koszt eksploatacyjny. Redukcja kosztów wynika głównie z ograniczenia kosztów pracy, dzięki jednoosobowej obsłudze systemu. W tym kontekście istotna jest również trwałość zaproponowanego rozwiązania. Metalowe pojemniki charakteryzuje wielokrotnie dłuższy czas zużycia niż wykonanych z tworzyw sztucznych, a w przypadku uszkodzeń mogą one być naprawione, nawet jeśli powodem było ich zapalenie.

Podsumowanie

Rozwój zintegrowanej infrastruktury gospodarki odpadami poprzez tworzenie sieci odzysku i recyklingu, inteligentną logistykę

zbierania, segregacji i transportu odpadów stanowi ważny krok w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym. Jednym z najbardziej pożądaných efektów zmiany systemu zbiórki jest wzrost ilości odpadów zbieranych selektywnie. W okresie objętym analizą osiągnięto wzrost poziomu selektywnej zbiórki o 5,9 punktu procentowego. Jest to bardzo pozytywny efekt. Dzięki zastosowanym nowym pojemnikom, poprawie uległy również warunki sanitarne i higieniczne wokół miejsc zbierania odpadów. Nowe pojemniki są cały czas zamknięte, w przeciwieństwie do pojemników 1100 l. Jest to zapewnione dzięki systemowi otwierania za pomocą dźwigni nożnej. Jest to bardzo ważne dla ograniczenia emisji z pojemników i związanej z tym uciążliwości zapachowej, która występuje szczególnie intensywnie w okresach wysokich temperatur. Ponadto zamknięcie pojemników zapewnia ochronę przed gryzoniami i przeciwdziała zapyłonowi odpadów. Ochronę przeciwpożarową zapewnia też wykonanie pojemników z materiałów niepalnych. Nowe pojemniki, w przeciwieństwie do starych posiadają stałe miejsca. Dzięki dużej stabilności nie ulegają one przesuwaniu ani przewracaniu podczas silnych wiatrów, co zapobiega rozsypywaniu się odpadów i niszczeniu mienia (np. zaparkowanych w pobliżu samochodów) przez dość ciężkie pojemniki w ruchu. Kolejną zaletą systemu PRESKO jest ograniczenie czasu blokowania jezdni przez pojazdy je opróżniające. Jest to efektem pełnej automatyzacji systemu ich opróżniania i mniejszej liczby pojemników w danej lokalizacji.

Podsumowując, dotychczasowe wyniki badania nowego systemu, w porównaniu do dotychczasowej zbiórki odpadów komunalnych, można ocenić jako bardzo pozytywne. Zaproponowany system zbierania odpadów jest dużo bardziej funkcjonalny od dotychczasowego, a ponadto tańszy w obsłudze i znacznie bardziej estetyczny. Ponadto, obiecujące są osiągnięte dotąd wyniki selektywnej zbiórki, które jednak należy poddać dalszej weryfikacji ilościowej i jakościowej.

LITERATURA

- [1] Uchwała nr 96 Rady Ministrów z dnia 12 czerwca 2023 r. w sprawie Krajowego planu gospodarki odpadami 2028, M.P. 2023 poz. 702.
- [2] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 1587 z późn. zm.).
- [3] Ustawa o utrzymaniu porządku czystości w gminach (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 399 z późn. zm.).
- [4] Główny Urząd Statystyczny (GUS) Ochrona Środowiska 2016.
- [5] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 3 sierpnia 2021 r. w sprawie sposobu obliczania poziomów przygotowania do ponownego użycia i recyklingu odpadów komunalnych (Dz.U. 2021 poz. 1530).
- [6] Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach (Dz.U. 2015 poz. 1277).
- [7] Jędrzak, A., den Boer, E., Kamińska-Borak, J., Szpadt, R. Krzyśków, A., Wielgoskiński, G. Gospodarka odpadami komunalnymi w Polsce Analiza kosztów gospodarki odpadami komunalnymi, IOŚ PIB, Warszawa 2021.
- [8] Doğan, K., Süleyman, S., 2003. Report: Cost and financing of municipal solid waste collection services in Istanbul. Waste Manag. Res. 21, s: 480–485. <https://doi.org/10.1177/0734242X0302100511>.
- [9] Richter, A., Ng, K.T.W., Karimi, N., 2019. A data driven technique applying GIS, and remote sensing, to rank locations for waste disposal site expansion. Resour. Conserv. Recycl. 149, s: 352–362. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.06.013>.
- [10] Sanjeevi, V., Shahabudeen, P., 2015. Optimal routing for efficient municipal solid waste transportation by using ArcGIS application in Chennai, India. Waste Manag. Res. 34, s: 11–21. <https://doi.org/10.1177/0734242X15607430>.
- [11] Vu, H.L., Ng, K.T.W., Fallah, B., Richter, A., Kabir, G., 2020. Interactions of residential waste composition and collection truck compartment design on GIS route optimization. Waste Manag. 102, s: 613–623. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.11.028>.
- [12] Popa, C., G. Carutasu, C. Cotet, N. Carutasu, T. Dobrescu. Smart City Platform Development for an Automated Waste Collection System. Sustainability 2017, 9, s: 2064. doi:10.3390/su9112064.
- [13] Kowalski, S., Opoka, K., Ciula, J. Analysis of the end-of-life front suspension beam of a vehicle. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2022, 24(3), s. 446-454.



**Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju**

Nazwa programu:	Program Operacyjny Inteligentny Rozwój
Nazwa projektu:	Zintegrowany system gromadzenia i odbioru odpadów komunalnych – System PRESKO
Nazwa Beneficjenta:	„HEWEA” Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością
Wartość projektu:	3 507 040,59 PLN
Wartość dofinansowania:	1 976 252,53 PLN
Okres realizacji projektu:	01.11.2020-30.04.2022

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Inteligentny Rozwój. Projekt realizowany w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju: Szybka Ścieżka.

