



ANALIZA KOSZTÓW ZBIERANIA I TRANSPORTU ZMIESZANYCH ODPADÓW KOMUNALNYCH

Mateusz Malinowski
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

TRANSPORT AND COLLECTION COSTS ANALYSIS OF MIXED MUNICIPAL SOLID WASTE

Streszczenie

Największy udział w strukturze kosztów gospodarowania odpadami komunalnymi, obok ich zagospodarowania, mają gromadzenie i transport odpadów. W artykule przedstawiono wielkość i strukturę kosztów transportu zmieszanych odpadów komunalnych odbieranych z terenu miasta Krakowa oraz 20 gmin sąsiadujących z głównym miastem Małopolski. Do analiz wybrano 6 pojazdów bezpylnych (tzw. śmieciarek) o zbliżonej charakterystyce pracy, należących do prywatnego przedsiębiorstwa zajmującego się zbieraniem i transportem odpadów. Dane pozyskane do analiz dotyczyły okresu od czerwca 2010 do czerwca 2013.

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, iż w strukturze kosztów zbierania i transportu odpadów dla wszystkich analizowanych pojazdów, dominują koszty zużycia paliwa oraz koszty wynagrodzenia, stanowiące odpowiednio 37 % i 40 %. Pozostałe koszty oraz zysk przedsiębiorstwa stanowią 23 % całkowitych kosztów zbierania i transportu odpadów. Na terenach wiejskich największy udział w strukturze kosztów mają koszty wynagrodzenia (44%), zaś na terenach miejskich koszty zużycia paliwa (47 %). Jednostkowe koszty transportu odpadów z terenów wiejskich wynoszą średnio 187 złMg⁻¹ (44 €Mg⁻¹) i są wyższe o około 50 złMg⁻¹ (12 €Mg⁻¹) w stosunku do kosztów transportu odpadów z terenów miejskich. Wpływ na wyższe jednostkowe koszty transportu odpadów na terenach wiejskich ma przede wszystkim specyfika tych obszarów tj. urozmaicona rzeźba terenu, rozproszenie zabudowy i zwią-

zana z tym konieczność dojeżdżania do posesji oddalonych od głównej drogi, stan nawierzchni drogowej, a także niskie wartości wskaźników masowego i objętościowego nagromadzenia zmieszanych odpadów komunalnych. Na wysoki jednostkowy koszt zbierania transportu odpadów na terenach wiejskich wpływają także większe koszty wynagrodzenia, związane z dłuższym czasem pracy załóg operacyjnych. W wyniku badań stwierdzono, iż istnieje statystycznie istotna zależność pomiędzy kosztami jednostkowymi transportu odpadów a średnią masą odpadów przewożonych w jednym kursie ($R = -0,85$) oraz średnim zużyciem paliwa ($R = 0,78$). Średnie zużycie paliwa (ON) w przeliczeniu na 1 Mg zmieszanych odpadów komunalnych na terenach wiejskich wynosi około $12,1 \text{ dm}^3 \text{ Mg}^{-1}$ i jest ono wyższe niż na terenach miejskich średnio o $3 \text{ dm}^3 \text{ Mg}^{-1}$. Różnice w zużyciu paliwa, jak i kosztach jednostkowych zbiórki i transportu odpadów z terenów wiejskich i miejskich są statystycznie istotne.

Słowa kluczowe: odpady komunalne, transport odpadów, koszty transportu

Summary

Transport and collection costs of mixed municipal solid waste (MSW), have the largest share in the costs structure of municipal waste management. This paper reports the transport costs analysis of MSW collected from the Krakow city and the 20 municipalities bordering the main town of Malopolska Region. There were 6 selected vehicles (garbage trucks) analyzed with similar work characteristics. These vehicles belong to private enterprises dealing with the waste transport. Analyzed data are from the period from June 2010 to June 2013.

The largest share in the structure of the waste transport and collection have fuel costs (37 %) and salaries (40 %). Other costs and enterprises profit represent 23 % of the total transport costs. At the rural areas, the largest share in the costs structure have the salary (44 %), while at the urban area the cost of fuel (47 %). The average unit cost of waste transport and collection from rural areas amount is 187 złMg^{-1} (44 €Mg^{-1}) and is higher by 50 złMg^{-1} (12 €Mg^{-1}) in relation to the cost of waste transport from the urban areas. The impact on the higher unit costs of waste transport in the rural areas have varied topographic features, scattered housing (need to commute to the property remoted from the main road), road surface condition and the low values of mass and volume accumulation of MSW. High unit cost of waste transport and collection in the rural areas is also associated with the higher salaries (longer operating time of vehicles' crews). Furthermore there is a statistically significant dependence between the unit costs of waste transport and the average weight of transported waste in one course ($R = -0.85$) and average fuel consumption ($R = 0.78$).

Average fuel consumption (Diesel) per 1 Mg of MSW in rural areas is about 12.1 dm³Mg⁻¹ and it is higher than in urban areas by an average of 3 dm³Mg⁻¹. Differences in fuel consumption and unit costs of waste transport and collection from urban and rural areas are statistically significant.

Keywords: *municipal solid waste, waste transport, transport cost*

WSTĘP

Nowy system gospodarki odpadami komunalnymi, wprowadzony w Polsce 1 lipca 2013 roku ustawą o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach z dnia 13 grudnia 1996 roku (Dz. U. 2011 nr 152. poz. 897 z późn. zm.), miał na celu uporządkowanie i uszczelnienie systemu odbierania odpadów komunalnych. Ponadto ustawodawca zakładał, iż wprowadzenie nowych przepisów prawnych pozwoli na osiągnięcie wymaganych Dyrektywami Parlamentu Europejskiego poziomów odzysku odpadów ulegających biodegradacji (ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania) oraz poziomów recyklingu odpadów opakowaniowych, a w szczególności odpadów metali, papieru, tworzyw sztucznych i szkła. Ustawa objęła obowiązkiem oddawania odpadów wszystkich mieszkańców kraju. Władze gmin przekazały obowiązek odbierania, transportu i zagospodarowania odpadów komunalnych przedsiębiorstwom, które wygrały postępowania przetargowe. W postępowaniach przetargowych prowadzonych przez gminy, główne kryterium wyboru wykonawcy zadania stanowiła najniższa cena oferowana za realizację usługi. Podejście to spowodowało, iż środowiskowy aspekt ustawy, a więc zmniejszenie liczby tzw. „dzikich wysypisk”, zagospodarowywanie odpadów w regionalnych instalacjach przetwarzania odpadów komunalnych (RIPOK) i budowa punktów selektywnego zbierania odpadów komunalnych (PSZOK) w każdej gminie, ustąpił miejsca aspektom ekonomicznym. Ustalenie wysokości opłat za odbiór i zagospodarowanie odpadów stał się priorytetem dla władz gminnych. W niektórych gminach ze względu na błędnie oszacowane stawki opłat za odbiór odpadów (najniższa oferowana cena za wykonanie usługi przekraczała budżet gminy na jej realizację) nastąpiła konieczność powtórzenia postępowań przetargowych (m. in. miasto Jelenia Góra, gmina Bielany, gmina Krzeszowice, gmina Lichowy). Niskie stawki za odbiór i zagospodarowanie odpadów ustalane przez gminy wiązały się przede wszystkim ze spodziewanym oporem społecznym dla obowiązkowego odprowadzania odpadów i płacenia tzw. „podatku śmieciowego”.

W obowiązującym do 30 czerwca 2013 roku systemie gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce, wytworzone odpady odbierano i zagospodarowywano na podstawie indywidualnie podpisywanych umów pomiędzy właścicielami

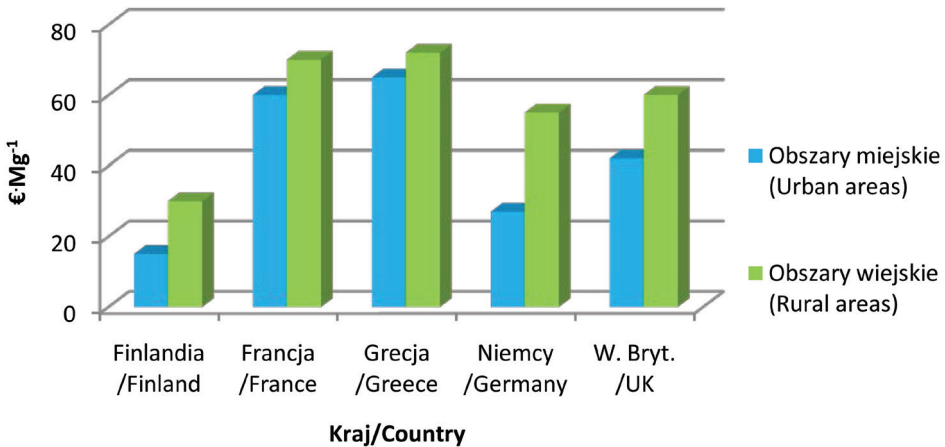
nieruchomości a firmami komunalnymi. Firmy te działały na wolnym rynku, posiadały stosowne decyzje administracyjne i zdobywały nowych klientów oferując atrakcyjne ceny za wykonanie usług. Wprowadzenie nowego systemu gospodarki odpadami komunalnymi spowodowało, że do gminnych przetargów musiała stanąć każda firma planująca kontynuowanie swojej działalności. Błędnie obliczone (najczęściej zaniżone) koszty prowadzenia działalności oraz ceny oferowane przez firmy komunalne za transport, zbieranie i zagospodarowanie odpadów w gminnych przetargach, spowodowały bankructwa niektórych z tych firm.

Zgodnie z Ustawą o odpadach (Dz. U. 2013. poz. 21 z późn. zm.), zbieranie odpadów to gromadzenie odpadów przed ich transportem do miejsc przetwarzania, w tym wstępne sortowanie nieprowadzące do zasadniczej zmiany charakteru i składu odpadów i niepowodujące zmiany klasyfikacji odpadów oraz tymczasowe magazynowanie odpadów. Natomiast poprzez transport odpadów rozumie się odbiór i przemieszczanie odpadów z wykorzystaniem specjalnego środka transportu. Malinowski i Woźniak (2011) stwierdzają, że transport jest elementem, który łączy wszystkie pozostałe elementy gospodarki odpadami.

Do kosztów prowadzenia działalności związanej z gospodarką odpadami komunalnymi należy zaliczyć: koszty odbierania, magazynowania i transportu zmieszanych odpadów komunalnych, koszty zbierania odpadów gromadzonych selektywnie (odpady opakowaniowe, ulegające biodegradacji, wielkogabarytowe, zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny), koszty zagospodarowania odpadów (koszty odzysku lub koszty zdeponowania odpadów na składowisku) oraz koszty administracyjne i inne ogólnozakładowe. W artykule przedstawiono próbę oszacowania kosztów transportu zmieszanych odpadów komunalnych (ze szczególnym uwzględnieniem transportu odpadów na obszarach wiejskich), na podstawie danych, pozyskanych z prywatnego przedsiębiorstwa komunalnego z siedzibą w Krakowie.

W ogólnych kosztach systemu gospodarowania odpadami komunalnymi, transport odpadów ma znaczący udział. Najwyższe koszty występują na terenach o małym wskaźniku gęstości zaludnienia i terenów o urozmaiconej rzeźbie. Czyżyk i in. (2012) stwierdzają, że na obszarach wiejskich gospodarowanie odpadami jest zdecydowanie trudniejsze niż w miastach. Wynika to między innymi z odmiennych warunków i czynników mających wpływ na gromadzenie, transport i zbieranie odpadów (duże rozproszenie zabudowy, przewaga zabudowy jednorodzinnej, utrudnienia lub brak możliwości dojazdu do wielu posesji ze względu na gruntową lub gruntowo – żwirową nawierzchnię dróg). Tyc – Szmil (2003) oraz Sołtysik (2000) stwierdzają, że koszt transportu odpadów może sięgać nawet 70% całkowitych kosztów przedsiębiorstwa zajmującego się gospodarką odpadami w niektórych polskich miastach o liczbie ludności przekraczającej 100 tys. Jak stwierdzają Bilitewski, Hardtle i Marek (2006), zbiórka

i transport zmieszanych odpadów komunalnych może stanowić nawet 80% całkowitych kosztów gospodarowania tymi odpadami. W Chinach koszty odbierania i transportu odpadów z terenów wiejskich stanowią 80%, natomiast z terenów miejskich 50 – 60% całkowitych kosztów działania systemu (Pin-Jing He, 2012). Hogg (2005) stwierdza, iż wyższe koszty zbierania i transportu odpadów na terenach wiejskich w Europie (rys. 1) wynikają głównie z niskiej gęstości zaludnienia tych obszarów i podaje, że w niektórych europejskich krajach (Niemcy, Finlandia), koszt zbiórki i transportu odpadów z obszarów wiejskich jest 2-krotnie wyższy niż z terenów miejskich. D’Obyrn i Szalińska (2005) wskazują na potrzebę ciągłego optymalizowania organizacji transportu odpadów, konieczną ze względu na wysokie koszty tej działalności. Wpływ na organizację transportu odpadów mają: liczba i objętość pojemników (kontenerów) na odpady, lokalizacja miejsc ustawienia pojemników oraz ładowność samochodu transportowego, czas i organizacja pracy załogi operacyjnej samochodu i jego kierowcy, częstotliwość wywozu oraz liczba dostępnych w przedsiębiorstwie środków transportu, przeciętna odległość zakładu unieszkodliwiania i rejonu zbiórki odpadów od bazy samochodowej firmy, czas przejazdu samochodu zbierającego odpady oraz czas jego rozładunku, naprawy, remonty i przeglądy samochodu transportowego. Do czynników, które mogą również oddziaływać na koszty zbierania i transportu odpadów należą aktualna cena paliwa, wykorzystanie ładowności samochodu i jego stan techniczny.



Źródło: Hogg, 2005 / Source: Hogg, 2005

Rysunek 1. Porównanie kosztów zbierania i transportu odpadów z obszarów miejskich i wiejskich w wybranych krajach UE

Figure 1. Comparison of collection costs between urban and rural areas in some EU countries

CEL I ZAKRES PRACY

Głównym celem przeprowadzonych analiz było obliczenie i przeanalizowanie kosztów transportu zmieszanych odpadów komunalnych wytworzonych na obszarze 20 gmin wiejskich (w tym czterech gmin miejsko-wiejskich) położonych na terenie aglomeracji krakowskiej i na terenie miasta Krakowa (18 tras objazdowych). Ponadto w ramach analiz określono strukturę kosztów transportu i zbierania (magazynowania na terenie zakładu) odpadów oraz przeanalizowano wpływ wybranych czynników (między innymi: moc silnika, wiek pojazdu, wykorzystanie ładowności przebieg, liczba kursów, itp.) na te koszty.

MATERIAŁ I METODY

Do analizy wytypowano 6 śmieciarek (specjalnych samochodów bezpylnych), należących do przedsiębiorstwa zajmującego się odbiorem i transportem odpadów, a także ich zbieraniem i magazynowaniem. Dane do analizy dotyczyły okresu od 1 czerwca 2010 roku do 30 czerwca 2013 roku. W tym czasie firma odbierała odpady z obszaru miasta Krakowa (14 tras objazdowych) oraz 16 gmin wiejskich i 4 gmin miejsko – wiejskich położonych na terenie aglomeracji krakowskiej. Dwa z wybranych pojazdów odbierały odpady głównie z gospodarstw domowych i firm zlokalizowanych na terenie miasta Krakowa (71 i 77 % kursów realizowanych na terenie miasta), kolejne dwa samochody obsługiwały tylko obszary wiejskie (100% kursów), zaś dwa ostatnie wykonywały kursy na terenie Krakowa oraz gmin wiejskich i miejsko – wiejskich (62 i 71 % kursów realizowanych na terenach miejsko – wiejskich). W analizowanym czasie przedsiębiorstwo obsługiwało ponad 13 000 gospodarstw domowych oraz 5 000 firm, biur i innych obiektów infrastruktury społecznej i ekonomicznej. Każda ze śmieciarek obsługiwała w czasie jednego kursu około 200 posesji. Pozyskane dane pozwoliły na obliczenie rocznego zużycia oleju napędowego (ON), długości przebytych kilometrów, liczby kursów, masy przetransportowanych odpadów, spalania ON w $\text{dm}^3 \cdot 100\text{km}^{-1}$ i spalania w $\text{dm}^3 \cdot \text{Mg}^{-1}$, itp. Obliczenie jednostkowych kosztów transportu odpadów oraz spalania w przeliczeniu na 1 Mg odpadów, należy traktować w sposób umowny pamiętając, iż część trasy śmieciarka przejeżdża bez odpadów, następnie jest sukcesywnie załadowywana i tylko w końcowym etapie, przejazd wykonywany jest z załadunkiem. Obliczenia kosztów transportu wykonano zgodnie z metodyką opracowaną przez Bentkowską–Senator i in. (2011). Wyniki zaprezentowano w kwotach brutto tj. z uwzględnieniem podatku VAT. Całkowite bezpośrednie koszty pracy środka transportowego K składają się z K_n – kosztów obsługi technicznej i napraw [zł], K_s – kosztów olejów i innych materiałów eksploatacyjnych [zł], K_c – kosztów paliwa [zł], K_m – kosztów ogumienia [zł], K_r – kosztów wynagrodzeń [zł], K_u –

kosztów ubezpieczeń [zł], K_v – kosztów opłat środowiskowych i podatków [zł] i K_p – kosztów pośrednich [zł]. Wysokość kosztów pośrednich obliczono jako 20 % narzut do kosztów bezpośrednich, w których zawarto również 5% zysk przedsiębiorstwa z prowadzonej działalności oraz koszty magazynowania i zbierania odpadów na terenie zakładu. W obliczeniach nie uwzględniono kosztów amortyzacji, ponieważ firma nie wykonywała w latach 2010 – 2013 odpisów amortyzacyjnych dla żadnego z analizowanych pojazdów. Roczny koszt odpisu amortyzacyjnego dla śmieciarki może wynosić 20 – 40 tys. złotych. Do obliczenia kosztów wynagrodzeń wykorzystano wzór:

$$K_r = \frac{W_w + W_k + W_l + W_d + W_s + W_o}{l_s} [\text{zł}] \quad (1)$$

który uwzględnia: W_w – wynagrodzenia pracowników warsztatu (1 osoba) [zł], W_k – wynagrodzenia kierowców [zł], W_l – wynagrodzenia ładowaczy [zł] (do każdej śmieciarki zatrudnionych jest dwóch ładowaczy), W_d – wynagrodzenia pracownika dyspozytorni [zł], W_s – wynagrodzenia właściciela i księgowej [zł] i W_o – wynagrodzenie obsługi biura (2 osoby) [zł] oraz l_s – liczba samochodów (śmieciarek) w firmie. Koszty opłat środowiskowych (firma nie ponosiła tych opłat, ponieważ były niższe niż 400 zł) i podatków, ubezpieczeń, a także koszty obsługi technicznej i napraw oraz koszty olejów i innych materiałów eksploatacyjnych zostały przyjęte do analiz w kwotach poniesionych przez przedsiębiorstwo w tym czasie.

Wyniki analiz dotyczące zarówno charakterystyki pojazdów, jak i struktury kosztów przedstawiono jako średnią z 3 lat, z podaniem odchyłeń standardowych (\pm SD). Analizy statystyczne (macierze korelacji oraz jednoczynnikowe analizy wariancji wraz z testowaniem istotności różnic testem Tukey'a) wykonano w pakiecie Statistica 10.

WYNIKI

Pojazdy wybrane do analizy, zbierające odpady z obszarów typowo miejskich i obszarów mieszanych (miejskich i wiejskich) charakteryzują się podobnymi parametrami pracy tj. mocą, pojemnością silnika i dopuszczalną ładownością (tab. 1). Pojazdy zbierające odpady z terenów wiejskich różnią się mocą i pojemnością silnika.

Średnia masa odpadów przewożonych w jednym kursie przez śmieciarkę wynosi 3708 ± 885 kg. Masa ta nie zależy od typu obsługiwanego obszaru (brak statystycznie istotnych różnic), ale jest ona silnie skorelowana ($R=0,92$) ze zużyciem paliwa na 100 km przebiegu. Zużycie ON przez śmieciarki analizowanego przedsiębiorstwa zawiera się w zakresie od 29 do $62 \text{ dm}^3 \cdot 100 \text{ km}^{-1}$. Średnie zużycie paliwa w przeliczeniu na 1 Mg zmieszanych odpadów komunalnych na terenach wiejskich wynosi $12,1 \pm 0,9 \text{ dm}^3 \cdot \text{Mg}^{-1}$ i jest ono wyższe o około 3 dm^3 .

Mg⁻¹ od zużycia paliwa jakim charakteryzują się śmieciarki odbierające odpady z terenu Krakowa ($9 \pm 0,5 \text{ dm}^3 \text{ Mg}^{-1}$). Pojazdy, które zbierały odpady zarówno na terenie miasta, jaki na obszarze wiejskim charakteryzują się średnim zużyciem paliwa na poziomie $10,1 \pm 0,8 \text{ dm}^3 \text{ Mg}^{-1}$. Różnice w zużyciu paliwa (w przeliczeniu na 1 Mg zmieszanych odpadów komunalnych) przez śmieciarki zbierające odpady na terenach wiejskich i Krakowie są statystycznie istotne.

Na wartość jednostkowego zużycia paliwa ($\text{dm}^3 \text{ Mg}^{-1}$) przez śmieciarki wpływa przede wszystkim suma przebiegu (im większa odległość tym większa wartość wskaźnika), wynikająca między innymi z liczby wykonanych w analizowanym okresie kursów. Natomiast liczba kursów zależna jest od masy i gęstości zbieranych odpadów. Im większa gęstość odpadów, tym mniej wykonywanych kursów. Na jednostkowe zużycie paliwa oddziałują także masa zebranych odpadów komunalnych ogółem oraz średnia liczba kilometrów pokonywanych przez śmieciarkę w jednym kursie ($R=0,91$). Śmieciarki, odbierające odpady z terenu miasta Krakowa, w jednym kursie pokonywały średnio 79 km, zaś na terenach wiejskich w czasie jednego kursu przejeżdżały średnio 105 km. Większe odległości pokonywane przez śmieciarki poruszające się po terenach wiejskich wynikały z potrzeby dojeżdżania do pojemników z odpadami (obiektów) oddalonych od głównej drogi nawet o kilkaset metrów. Sytuacja taka na terenie Krakowa nie występowała.

Malinowski (2013) stwierdza, iż przeciętny mieszkaniec Krakowa generuje ponad $550 \text{ kg}(\text{osrok})^{-1}$ odpadów, zaś mieszkańcy gmin wiejskich sąsiadujących z Krakowem ponad 3-krotnie mniej ($145 \text{ kg}(\text{osrok})^{-1}$). Większa masa odpadów ogółem do odebrania z obszaru Krakowa, spowodowała potrzebę wykonania zwiększonej liczby kursów. Średnia liczba kursów realizowanych dziennie (w odniesieniu do dni przepracowanych w analizowanym okresie) przez śmieciarki na obszarze Krakowa wynosiła 1,8 a na obszarach wiejskich 1,24. Mała liczba kursów wykonywanych ogółem na terenach wiejskich wynika również z wysokiej gęstości odpadów odbieranych z tychże terenów, która wg Malinowskiego (2013) wynosi $210 \pm 43,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Gęstość odpadów z obszaru Krakowa jest niższa i wynosi $145 \pm 20,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Na gęstość odpadów oraz stopień ich zagęszczenia w śmieciarce oddziałuje skład morfologiczny (grupowy) i frakcyjny tych odpadów. Na terenach wiejskich największy udział w strukturze odpadów stanowią frakcja drobna o uziarnieniu poniżej 10mm i szkło, zaś na obszarach miejskich tworzywa sztuczne, papier i karton oraz odpady organiczne.

W strukturze kosztów zbierania i transportu odpadów (dla pojazdów wybranych do analizy), największy udział stanowią koszty wynagrodzenia kierowców, ładowaczy, obsługi biura i innych pracowników. Udział ten wynosi średnio 40 % wszystkich kosztów. Koszty zużycia paliwa stanowią 37 %, zaś koszty pozostałe (w tym opłaty administracyjne oraz zysk przedsiębiorstwa) 23 % (rys. 2). W strukturze kosztów zbierania i transportu odpadów z terenów wiejskich największym udziałem cechują się koszty wynagrodzenia (44 %), zaś na terenach miejskich największy udział stanowią koszty paliwa (47 %). Wynagrodzenie

pracowników, którzy pracują przy odbiorze odpadów z miasta Krakowa stanowi średnio 31 % kosztów, pomimo dużej liczby wykonanych kursów i znacznie większej liczby godzin spędzonych w śmieciarce. Koszty paliwa zużywanego przez pojazdy obsługujące obszary wiejskie stanowią 33 %. Koszty wynagrodzenia brutto podane w tabeli 2 dotyczą pracy wykonywanej przez pracowników tylko w zakresie transportu. Przez część czasu pracy załogi operacyjne śmieciarek wykonywały prace niezwiązane z transportem odpadów zmieszanych (np. pomoc przy ręcznym sortowaniu odpadów). Koszty pośrednie stanowią 17 %, zaś pozostałe analizowane koszty transportu wynoszą (dla śmieciarek analizowanej firmy) odpowiednio: 5 % na obszarze miejskim, 6 % na obszarze wiejskim oraz 10 % na obszarach wiejskich.

Jednostkowe koszty transportu zmieszanych odpadów komunalnych z terenów wiejskich wynoszą średnio 187 złkm^{-1} (44 €Mg^{-1}) i są wyższe o około 50 złkm^{-1} czyli 36,5% (12 €Mg^{-1}) od kosztów transportu odpadów z terenów miejskich. Koszty transportu odpadów na odległości 1 km wynoszą odpowiednio na terenach wiejskich $7,06 \pm 0,73 \text{ złkm}^{-1}$, na terenach miejskich $5,13 \pm 0,28 \text{ złkm}^{-1}$, zaś na terenach miejsko-wiejskich $5,72 \pm 0,83 \text{ złkm}^{-1}$. Na wyższe koszty transportu odpadów na terenach wiejskich, podobnie jak na wyższe jednostkowe zużycie paliwa, wpływają urozmaicona rzeźba terenu, rozproszenie zabudowy i związana z tym konieczność dojeżdżania do posesji oddalonych od głównej drogi, stan nawierzchni drogowej oraz niższe masowe nagromadzenie zmieszanych odpadów komunalnych. Ponadto stwierdzono, iż istnieje statystycznie istotna zależność pomiędzy kosztami jednostkowymi transportu odpadów (zł Mg^{-1}) a średnią masą odpadów przewożonych w jednym kursie ($R=-0,85$) oraz średnim zużyciem paliwa w przeliczeniu na 1 Mg zmieszanych odpadów komunalnych ($R=0,78$). Różnice pomiędzy jednostkowymi kosztami transportu odpadów z obszarów miejskich i wiejskich są statystycznie istotne.

Wyniki analiz wykonane dla przedsiębiorstwa, które transportuje i zbiera odpady komunalne z podobnych terenów mogą się znacząco różnić. Wykorzystując śmieciarki zasilane np. gazem, koszty transportu będą niższe, zaś w przedsiębiorstwach w których pracują nowe śmieciarki koszty jednostkowe będą wyższe ze względu na odpisy amortyzacyjne.

Przyjmując minimalny zysk przedsiębiorstwa odbierającego odpady na poziomie 5% oraz cenę zagospodarowania odpadów w instalacji RIPOK w analizowanym okresie na poziomie 239 złMg^{-1} (cena ustalona dla Regionu Zachodniego gospodarki odpadami komunalnymi w woj. małopolskim, na podstawie dokumentu: Informacja ... (2013)), stawka za odbiór i zagospodarowanie 1 Mg zmieszanych odpadów z terenów wiejskich zapewniająca płynność finansową przedsiębiorstwa realizującego zadanie polegające na odbiorze i zagospodarowaniu odpadów komunalnych od właścicieli nieruchomości w gminie powinna wynosić około 425 zł, zaś z terenów miejskich około 375 zł. Stawki mogą zostać znacząco obniżone np. w przypadku wynegocjowania niższych cen za przyjęcie odpadów do instalacji RIPOK.

Tabela 1. Charakterystyka analizowanych pojazdów (śmieciarek)
Table 1. Characteristic of analyzed garbage trucks

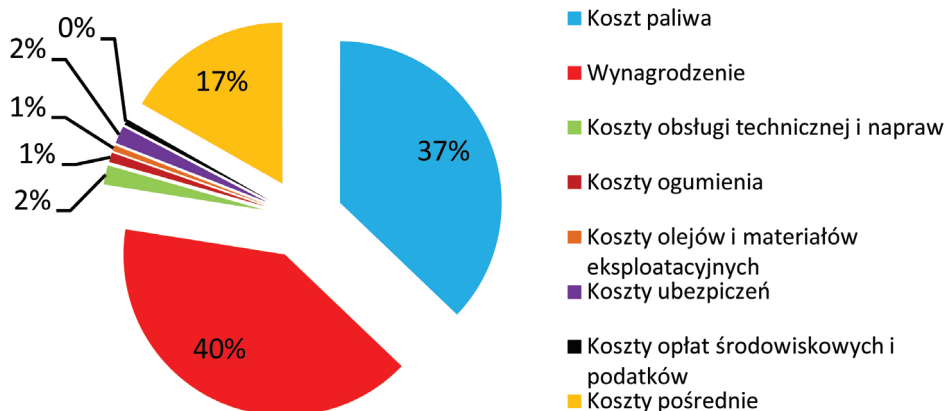
| L.p. | Oznaczenie pojazdu / Garbage truck symbol | Obszar zbierania odpadów / Area of waste collection | Rok produkcji / Year | Moc silnika / Motor rating | Pojemność silnika / Capacity of the motor | Dopuszczalna ładowność / Max load | Mg / kurs / course | Spalanie / Fuel consumption | Spalanie / Fuel consumption |
|------|---|---|----------------------|----------------------------|---|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| | | | | kW | dm ³ | kg | kg | dm ³ /100km | dm ³ Mg ⁻¹ |
| 1. | A | Miejskie / Urban (U) | 1995 | 184 | 8480 | 6000 | 4741 ± 638 | 59,7 ± 2,5 | 9,8 ± 0,4 |
| 2. | B | Miejskie / Urban (U) | 2000 | 162 | 6871 | 5900 | 3087 ± 179 | 29,9 ± 1,1 | 8,3 ± 0,5 |
| 3. | C | Wiejskie / Rural (R) | 1999 | 177 | 11334 | 5000 | 3879 ± 144 | 59,5 ± 2,0 | 11,8 ± 1,3 |
| 4. | D | Wiejskie / Rural (R) | 1998 | 117 | 5883 | 4480 | 2347 ± 374 | 31,4 ± 3,7 | 12,5 ± 0,7 |
| 5. | E | Miejsko – wiejskie (U-R) | 2001 | 125 | 6180 | 7020 | 4142 ± 50 | 61,5 ± 3,3 | 10,5 ± 1,0 |
| 6. | F | Miejsko – wiejskie (U-R) | 2002 | 138 | 4249 | 4775 | 3131 ± 85 | 34,1 ± 4,6 | 9,9 ± 0,6 |

Źródło / Source: Opracowanie własne / Own study, 2014

Tabela 2. Analiza kosztów zbierania i transportu zmieszanych odpadów komunalnych
Table 2. Transport and collection costs analysis of mixed MSW

| L.p. | Oznaczenie pojazdu / Garbage truck symbol | Paliwo ON / Fuel | | Wynagrodzenie / Salary | | Ogumienie / Tires | | Opłaty i podatki / Taxes | | Ubezpieczenia / Insurances | | Obsługa techniczna / Technical Staff | | Oleje i filtry / Oils & filters | | Zysk + Koszty pośrednie / Other | | Koszty / Costs | |
|------|---|------------------|---------------|------------------------|---------------|-------------------|---------------|--------------------------|---------------|----------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|----------------|--------------------|
| | | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | tys. zł / rok | zł/Mg ¹ |
| 1. | A | 65,5,3 ± 8 | 43,7 ± 16 | 1,08 | 0,6 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 0,6 | 23,9 ± 2 | 134 ± 10 | 32 | | | | | | | |
| 2. | B | 53,1 ± 5 | 73,5 ± 3 | 1,04 | 0,6 | 2,3 | 2,3 | 2,2 | 0,6 | 27,3 ± 1 | 139 ± 5 | 33 | | | | | | | |
| 3. | C | 36,1 ± 3 | 47,5 ± 15 | 1,03 | 0,6 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 0,6 | 18,7 ± 8 | 189 ± 18 | 45 | | | | | | | |
| 4. | D | 42,3 ± 2 | 66,5 ± 3 | 1,11 | 0,6 | 2,0 | 2,0 | 2,2 | 0,6 | 23,7 ± 2 | 181 ± 7 | 43 | | | | | | | |
| 5. | E | 26,3 ± 2 | 19,2 ± 3 | 1,01 | 0,6 | 2,7 | 2,7 | 2,2 | 0,6 | 11,1 ± 1 | 161 ± 8 | 38 | | | | | | | |
| 6. | F | 33,9 ± 5 | 29,0 ± 4 | 1,13 | 0,6 | 2,0 | 2,0 | 2,2 | 0,6 | 14,5 ± 2 | 185 ± 9 | 44 | | | | | | | |

Źródło / Source: Opracowanie własne / Own study, 2014



Rysunek 2. Struktura kosztów zbierania i transportu odpadów – ogółem dla wszystkich śmieciarek

Figure 2. Collection and transport cost structure of mixed MSW – total

WNIOSKI

Z przeprowadzonej analizy zbierania i transportu zmieszanych odpadów komunalnych w przedsiębiorstwie komunalnym z Krakowa wynika, iż średnie zużycie paliwa (ON) w przeliczeniu na 1 Mg zmieszanych odpadów komunalnych na terenach wiejskich wynosi około $12,1 \text{ dm}^3 \text{ Mg}^{-1}$ i jest ono wyższe niż na terenach miejskich średnio o $3 \text{ dm}^3 \text{ Mg}^{-1}$ (dla analizowanych pojazdów). Największy udział w kosztach mają: koszty paliwa (na terenach miejskich) i koszty wynagrodzeń (na obszarach wiejskich). Średnie jednostkowe koszty wynoszą na terenach miejskich $137 \text{ zł} \text{ Mg}^{-1}$, zaś terenach wiejskich są o 36,5 % wyższe, podobnie jak w niektórych krajach UE (rys. 1). Koszty te są jednak niższe niż we Francji, w Grecji, lub Wielkiej Brytanii. Na wysoki koszt zbierania i transportu odpadów na terenach wiejskich oddziałują wysokie koszty wynagrodzenia, związane z dłuższym czasem pracy załóg operacyjnych. W wyniku badań stwierdzono, iż istnieje statystycznie istotna zależność pomiędzy jednostkowymi kosztami transportu odpadów a średnią masą odpadów przewożonych w jednym kursie oraz średnim zużyciem paliwa.

LITERATURA

Bentkowska-Senator, K., Kordel, Z., Waśkiewicz, J. (2011) Koszty w transporcie samochodowym. ITS. Warszawa

- Bilitewski, B., Hardtle, G., Marek, K. (2006) Podręcznik gospodarki odpadami. Teoria i praktyka. Wydanie 2. Wyd. Seidel-Przywecki. Warszawa
- Czyżyk, F., Strzelczyk, M., Steinhoff-Wrześniewska, A., Rajmund, A., Godzwon, J., Majewska, P. (2012) System i zasady gospodarowania odpadami komunalnymi w gminie w świetle nowych regulacji prawnych. ITP. Wrocław
- D'Obyrn, K., Szalińska, E. (2005) Odpady komunalne – zbiórka, recykling, unieszkodliwianie. Wyd. PK. Kraków
- Hogg, D. (2005) Costs for Municipal Waste Management in the EU. Eunomia Research & Consulting, Brussels
- Informacja na posiedzenie Zarządu Województwa Małopolskiego w sprawie cen za przyjmowanie odpadów komunalnych przez instalacje regionalne i zastępcze funkcjonujące na terenie województwa małopolskiego w latach 2009-2013. (2013) Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego
- Malinowski, M., Wozniak, A. (2011). *Problem optymalizacji logistycznych parametrów transportu odpadów komunalnych w aspekcie strategii ekofirmy*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 10/2011:107-119
- Malinowski, M. (2013) Określenie wybranych właściwości odpadów z gmin podmiejskich. Dysertacja doktorska. AGH. Kraków
- Pin-Jing, H. (2012) Municipal solid waste in rural areas of developing country: Do we need special treatment mode? Waste management (32) 1289–1290
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.03.023>
- Sołtysik, M. (2000) Zarządzanie logistyczne. Wyd. AE w Katowicach.
- Tyc-Szmił, K. (2003) Rola i miejsce transportu w logistyce odpadów komunalnych. Transport w logistyce. Łańcuch logistyczny. Wyd. Akademia Morska w Gdyni.
- Ustawa o odpadach (Dz. U. 2013. poz. 21 z późn. zm.)
- Ustawa o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. 2011 nr 152, poz. 897 z późn. zm.)

Dr inż. Mateusz Malinowski
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Ul. Balicka 116 b, 30-149 Kraków
Tel: +48 12 662 46 60
E-mail: Mateusz.Malinowski@ur.krakow.pl