

Katarzyna Cheba

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

PROGNOZOWANIE ZMIAN WYTWARZANIA ODPADÓW KOMUNALNYCH

Streszczenie: Gospodarowanie odpadami to obecnie jeden z istotniejszych problemów funkcjonowania skupisk ludzkich. Prognozowanie ilości wytwarzanych odpadów na podstawie dotychczas stosowanych metod w sytuacji znacznych zmian w otoczeniu społeczno-gospodarczym okazuje się podejściem mało dokładnym. W literaturze przedmiotu proponuje się uwzględnienie w tym celu wielu różnych czynników zróżnicowanych geograficznie. Celem pracy jest prognozowanie zmian wytwarzania odpadów uwzględniające wpływ różnych czynników o charakterze społeczno-ekonomicznym w układzie województw w Polsce. W pracy porównano wyniki uzyskane na podstawie dotychczas stosowanych w tym celu metod polegających na ekstrapolacji danych historycznych za pomocą modeli trendu z wynikami uzyskanymi na podstawie modeli regresji wielorakiej uwzględniających wpływ wielu różnych czynników.

Słowa kluczowe: przestrzenne zróżnicowanie, poziom życia, prognozowanie.

1. Wstęp

Gospodarka odpadami to obszar, który charakteryzuje się dość znacznymi różnicami dotyczącymi zarówno ilości i składu wytwarzanych odpadów, jak i stopnia wdrożenia technologii odzysku i przekształcenia odpadów przed składowaniem [Beigl i in. 2005]. Różnice te są obserwowane na różnych poziomach agregacji danych, począwszy od wyraźnych różnic pomiędzy państwami Unii Europejskiej, przez różnice dotyczące poszczególnych regionów aż po mniejsze obszarowo jednostki: województwa i miasta.

Głównym problemem w gospodarce odpadami jest zerwanie prostej korelacji pomiędzy wzrostem gospodarczym a wzrostem ilości wytwarzanych odpadów. Problem ten dotyczy głównie krajów wysoko rozwiniętych, o wysokim poziomie rozwoju gospodarczego [Berkbecka 2005, s. 68].

Jak wynika z wielu europejskich badań prowadzonych m.in. w Holandii [Hekker, Joosten, Worrell 2000, s. 29-48], Danii [Christiansen, Fischer 1999] czy Teheranie [Jalili Ghazi Zade, Noori 2008, s. 13-22], stosowane dotychczas podejście w prognozowaniu brakujących danych polegające na prostej ekstrapolacji trendów na podstawie danych historycznych zdewałoowało się w sytuacji bardzo szybko

zmieniających się uwarunkowań społeczno-gospodarczych. W związku z tym zaproponowano odejście od dotychczas stosowanych metod prognozowania ilości wytwarzanych odpadów i wykorzystanie w tym celu czynników o charakterze społeczno-gospodarczym. W przytaczanych pracach wskazuje się jednak, że lista potencjalnych zmiennych mogących mieć wpływ na ilość wytwarzanych odpadów może być bardzo zróżnicowana w zależności np. od obszaru badania. Jednocześnie właściwe przewidywanie zmian wytwarzania i selektywnego zbierania odpadów wymaga wiedzy o czynnikach istotnie powodujących te zmiany.

Celem pracy jest prognozowanie zmian w zakresie gospodarowania odpadami uwzględniające wpływ różnych czynników o charakterze społeczno-ekonomicznym na zmiany ilości wytwarzania odpadów komunalnych w układzie województw w Polsce.

W celu weryfikacji tak postawionego celu badania przyjęto następujące hipotezy badawcze:

1. Wraz ze zmianą uwarunkowań społeczno-gospodarczych konieczne są zmiany w dotychczasowym podejściu do prognozowania wytwarzania odpadów komunalnych.

2. Istnieje wiele czynników społeczno-gospodarczych istotnie wpływających na zmiany ilości wytwarzanych odpadów, których zakres jest zróżnicowany w zależności od obszaru badania.

Do prognozowania zmian wytwarzania odpadów komunalnych wykorzystano dotychczas stosowane w tym celu metody polegające na ekstrapolacji danych historycznych za pomocą modeli trendu oraz modele regresji wielorakiej uwzględniające wpływ na ilość wytwarzanych odpadów czynników o charakterze społeczno-gospodarczym.

2. Materiał i metody

Badania prowadzone w licznych krajach europejskich, a także prognozy opracowywane przez organizacje międzynarodowe pokazują wyraźnie, że ilość wytwarzanych odpadów jest silnie skorelowana z zamożnością społeczeństwa i pomimo wielu podjętych prób minimalizacji wytwarzania odpadów nie udało się trwale oddzielić wzrostu gospodarczego od ilości wytwarzanych odpadów [*Zalecane kierunki...* 2000]. Z drugiej strony zmieniające się w szybkim tempie uwarunkowania społeczno-gospodarcze są przyczyną dewaluacji przyjętych dotychczas sposobów prognozowania zarówno ilości, jak i składu wytwarzanych odpadów. Dobrym przykładem jest np. obserwowany w Polsce od początku lat 90. coraz słabszy związek pomiędzy produktem krajowym brutto a ilością wytwarzanych odpadów [Tałałaj 2011]. Opracowywane dotychczas prognozy nie uwzględniały w zasadzie wpływu czynników o charakterze społeczno-ekonomicznym, co w wielu przypadkach było przyczyną, powodującego znaczne koszty, przewymiarowania instalacji przetwarzania odpadów [den Boer i in. 2003].

W pracach dotyczących prognozowania ilości i składu wytwarzanych odpadów proponuje się odejście od dotychczas stosowanego sposobu prognozowania polegającego na prostej ekstrapolacji w czasie zarówno ilości wytwarzanych odpadów, jak i liczby ludności i wykorzystanie w tym celu dodatkowo wielu różnych czynników o charakterze społeczno-ekonomicznym [den Boer, den Boer, Jager 2005, s. 25]. Zaproponowane podejście w znacznym stopniu wpływa na niwelowanie różnic związanych z przewidywaną za pomocą dotychczasowych metod ilością wytwarzanych odpadów komunalnych a ich faktyczną ilością, przy czym należy zwrócić uwagę, że zakres typowanych do badania czynników jest znacznie zróżnicowany w zależności zarówno od obszaru badania, jak i rodzaju odpadu.

W pracy pt.: *Planowanie i optymalizacja gospodarki odpadami* pod redakcją E. den Boer, J. den Boera i J. Jagera, poświęconej m.in. prognozowaniu ilości i składu wytwarzanych odpadów na poziomie krajów i miast europejskich, z listy wstępnie wyselekcjonowanych 35 czynników potencjalnie wpływających na wytwarzanie odpadów wybrano, głównie ze względu na dostępność danych, 6 wskaźników, które poddano dalszej analizie. Lista ustalonych czynników, które zostały użyte jako parametry szacowanych modeli, przedstawia się następująco:

- x_1 – produkt krajowy brutto (PKB) – określany jako wskaźnik siły ekonomicznej regionu, który został wykorzystany do szacowania zarówno ilościowych, jak i jakościowych zmian wytwarzanych odpadów; przyjęto, że wskaźnik ten będzie miał dodatni wpływ na ilość wytwarzanych odpadów.

Wskaźniki społeczne, które w istotny sposób wpływają na zmiany strumienia odpadów, szczególnie w szybko rozwijających się państwach Europy Wschodniej, są następujące:

- x_2 – śmiertelność niemowląt na 1000 urodzeń żywych, dla której przyjęto ujemny wpływ na ilość wytwarzanych odpadów;
- x_3 – przeciętne (oczekiwane) dalsze trwanie życia dodatnio wpływające na ilość wytwarzanych odpadów;
- x_4 – zatrudnienie w rolnictwie mierzone jako odsetek całkowitej siły roboczej o ujemnym wpływie na ilość wytwarzanych odpadów;
- x_5 – liczba ludności w wieku produkcyjnym (kobiety 15-59 oraz mężczyźni 15-64) przypadająca na całkowitą liczbę ludności; istotny dodatni wpływ tej zmiennej na ilość wytwarzanych odpadów potwierdzony został w wielu pracach [Sircar, Ewert, Bohn 2003];
- x_6 – przeciętna wielkość gospodarstwa domowego, przy czym przyjęto, że mniejsze gospodarstwa domowe wytwarzają więcej odpadów na mieszkańca [Dennison, Dodd, Whelan 1996].

Zebrane dane zostały wykorzystane w cytowanej pracy do opracowania dwóch odrębnych modeli dla prognozowania zmian wskaźnika wytwarzania odpadów komunalnych w miastach i w krajach europejskich. W ramach oszacowanych modeli ewolucji miast (krajów) przyjęto, że wzrost dobrobytu miast i krajów, wyrażony w postaci czynników o charakterze społecznym, ekonomicznym lub środowiskowym, ma wpływ na ilość wytwarzanych odpadów [Beigl i in. 2005].

Przyjęte założenia wykorzystane zostały do modelowania i prognozowania ilości odpadów wytwarzanych w Polsce w ujęciu województw. W badaniach wykorzystano dane dotyczące wybranych wskaźników w ujęciu województw zgromadzone w Banku Danych Lokalnych GUS. Przedział czasowy próby objął dane z lat 2003-2010.

3. Prezentacja i ocena wyników badań

W ramach pierwszego etapu badań potwierdzono spodziewany wpływ poszczególnych czynników na ilość wytwarzanych odpadów.

Udział poszczególnych województw w ilości wytwarzanych odpadów w Polsce w kg na 1 mieszkańca jest znacznie zróżnicowany i waha się w granicach od 3,89% dla województwa lubelskiego do 8,56% dla województwa dolnośląskiego. Dość duże różnice pomiędzy poszczególnymi województwami wynikają przede wszystkim z gęstości zaludnienia oraz stopnia uprzemysłowienia poszczególnych województw. Pomędzy poszczególnymi województwami widoczne są różnice zarówno udziału w sumie wytwarzanych odpadów, jak i poziomu zmienności w czasie ilości wytwarzanych odpadów dla poszczególnych województw (tab. 1).

Tabela 1. Charakterystyki opisowe ilości wytwarzanych odpadów (w kg/mieszkańca) w województwach w Polsce w latach 2003-2010

Województwo	Udział w ilości wytwarzanych odpadów (% , 2010)	Charakterystyki opisowe (2003-2010)		
		średnia	odchylenie standardowe	współczynnik zmienności (%)
Łódzkie	6,54	261,54	17,80	6,81
Mazowieckie	7,44	305,68	11,97	3,91
Małopolskie	5,74	210,53	19,26	9,15
Śląskie	7,38	290,95	8,92	3,07
Lubelskie	3,89	160,73	10,31	6,41
Podkarpackie	4,24	174,93	11,13	6,36
Podlaskie	5,07	225,75	21,82	9,67
Świętokrzyskie	3,91	153,19	10,13	6,61
Lubuskie	7,28	291,34	16,93	5,81
Wielkopolskie	6,63	272,53	21,19	7,78
Zachodniopomorskie	7,65	311,55	11,14	3,57
Dolnośląskie	8,56	327,71	13,38	4,08
Opolskie	6,27	251,70	8,47	3,37
Kujawsko-pomorskie	6,16	235,25	16,49	7,01
Pomorskie	7,56	288,27	21,18	7,35
Warmińsko-mazurskie	5,70	231,31	6,47	2,80

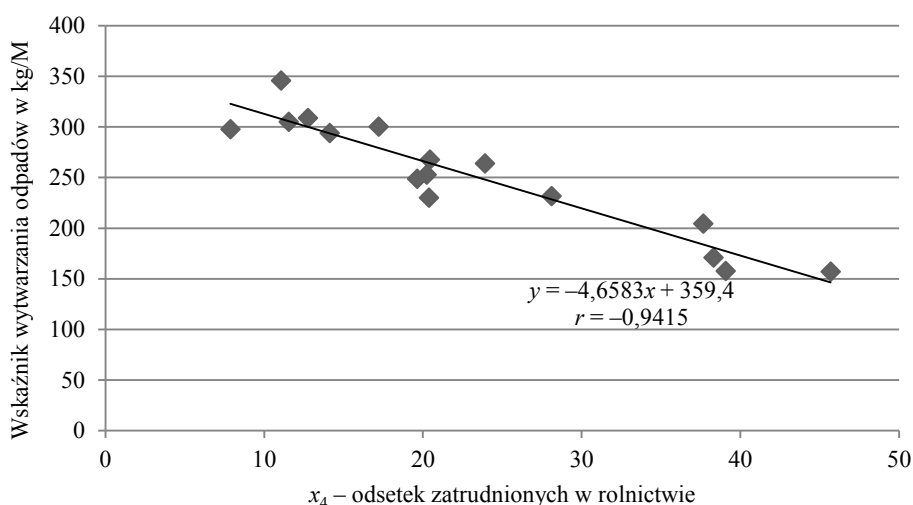
Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS.

Największe zróżnicowanie ilości wytwarzanych odpadów dotyczy województw podlaskiego i małopolskiego, najmniejsze zaś województwa śląskiego oraz warmińsko-mazurskiego. W sumie zakres zmienności dla danych z lat 2003-2010 w układzie województw nie jest duży i waha się w granicach od 2,80 do 9,67%. Nie pozwala to na wyodrębnienie wyraźnej tendencji rozwojowej i prognozowanie przez zwykłą ekstrapolację trendu nawet przy uwzględnieniu zmian liczby ludności w poszczególnych województwach. Natomiast dotychczas praktykowany sposób prognozowania w gospodarce odpadami zakłada prostą ekstrapolację w czasie, zarówno liczby ludności, jak i długoterminowych zmian jednostkowych wskaźników wytwarzania odpadów.

W planach gospodarowania odpadami zakłada się zwykle stały wzrost ilości wytwarzanych odpadów na poziomie krajowym, a następnie podobne tempo uwzględnia się na niższych poziomach agregacji danych, np. na poziomie województw.

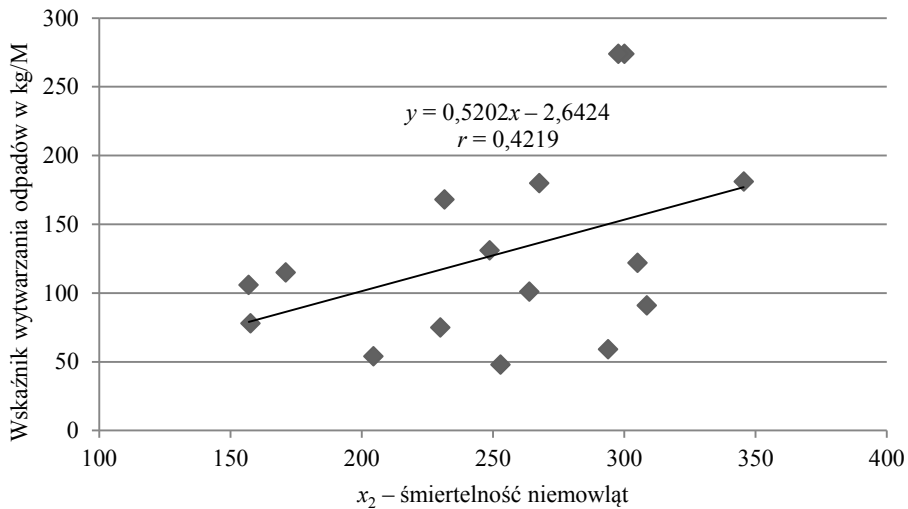
W Krajowym Planie Gospodarowania Odpadami 2010 przyjęto na przykład, że wskaźnik wytwarzania odpadów komunalnych będzie wzrastał w tempie 1% w skali roku. Wskaźniki społeczno-ekonomiczne, które również mogą wpływać na ilość wytwarzanych odpadów, są zwykle pomijane [Karavezyris 2001].

W ramach przeprowadzonych badań w pierwszej kolejności w celu ustalenia kierunku i siły oddziaływania poszczególnych zmiennych na ilość wytwarzanych odpadów przeprowadzono analizę korelacji. Potwierdzono wpływ pięciu z sześciu analizowanych czynników na ilość wytwarzanych odpadów. Na rysunkach 1-2 przedstawiono wykresy opisujące zależności pomiędzy wskaźnikiem wytwarzania odpadów a wybranymi czynnikami o charakterze społeczno-ekonomicznym.



Rys. 1. Zależność pomiędzy wytwarzaniem odpadów komunalnych a odsetkiem zatrudnionych w rolnictwie (dane za rok 2010)

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 2. Zależność pomiędzy wytwarzaniem odpadów komunalnych a śmiertelnością niemowląt (dane za rok 2010)

Źródło: opracowanie własne.

Pierwszy z przedstawionych wykresów potwierdza istnienie bardzo silnej ujemnej zależności pomiędzy ilością wytwarzanych odpadów w przeliczeniu na 1 mieszkańca a odsetkiem zatrudnionych w rolnictwie. Otrzymana ocena współczynnika korelacji potwierdza przyjęte założenia co do kierunku tej zależności. Natomiast ocena współczynnika korelacji dla kolejnej pary zmiennych wskazuje na znacznie słabszą zależność pomiędzy rozpatrywanymi zmiennymi oraz inny niż zakładany kierunek zależności pomiędzy rozpatrywanymi zmiennymi.

Obok badania wpływu poszczególnych czynników na ilość wytwarzanych odpadów ważniejsze jest jednak ustalenie:

- jak łącznie badane czynniki wpływają na ilość wytwarzanych odpadów w poszczególnych województwach;
- czy wpływ tych czynników na wytwarzanie odpadów jest różny na różnych poziomach rozwoju badanych obiektów (województw) [Beigl i in. 2005].

W związku z tym, że w wielu dostępnych źródłach [Zeliaś 2000] wskazuje się na występowanie wyraźnych różnic pomiędzy poziomem rozwoju społeczno-gospodarczego poszczególnych województw, do potwierdzenia występowania zróżnicowania przestrzennego województw wykorzystano metodę k -średnich. Jako kryteria klasyfikacji przyjęto wszystkie wytypowane do badania czynniki (zmiennne x_1 - x_5). Przed przystąpieniem do analizy należy określić m.in. liczbę skupień, na które podzielone zostaną analizowane obiekty. W tym celu można skorzystać z oceny sprawdzianu krzyżowego dostępnego w programie STATISTICA. Zastosowanie tego sposobu pozwala na uniknięcie przyjęcia założeń *a priori* o liczbie skupień [Harańczuk 2005].

W wyniku zastosowanego algorytmu otrzymano podział na 3 skupienia. Do skupienia pierwszego trafiły 2 województwa. Skupienie drugie tworzy 9 województw. Natomiast do skupienia trzeciego zaklasyfikowano 5 województw. Poniżej przedstawiono skład poszczególnych grup:

- grupa 1 – województwa mazowieckie, śląskie,
- grupa 2 – województwa łódzkie, lubuskie, wielkopolskie, zachodniopomorskie, dolnośląskie, opolskie, kujawsko-pomorskie, pomorskie, warmińsko-mazurskie,
- grupa 3 – województwa małopolskie, lubelskie, podkarpackie, podlaskie, świętokrzyskie.

Skupienie pierwsze tworzą województwa o wyższym niż w przypadku innych województw poziomie PKB przypadającym na 1 mieszkańca (zmienna x_1) oraz o wyższych wartościach czynnika opisującego śmiertelność niemowląt na 1000 urodzeń żywych (zmienna x_2). Jednocześnie w województwach tych zaobserwowano najniższe średnie wartości czynników opisujących odsetek zatrudnionych w rolnictwie (zmienna x_4) oraz przeciętną wielkość gospodarstwa domowego (zmienna x_6). Zaobserwowane wartości czynników wpływają na wzrost ilości wytwarzanych odpadów. Wyjątkiem jest czynnik opisujący śmiertelność niemowląt, dla którego przyjęto spadek ilości wytwarzanych odpadów przy jego wzroście, natomiast najwyższa w grupie wartość średnia tego czynnika będzie raczej obniżać ilość wytwarzanych odpadów.

Do skupienia drugiego, najliczniejszego spośród wszystkich wyodrębnionych skupień, zaklasyfikowano województwa charakteryzujące się przeciętnym poziomem większości analizowanych czynników. Natomiast w skupieniu trzecim znalazły się województwa o najniższych średnich wartościach następujących wskaźników:

- x_1 – PKB przypadający na 1 mieszkańca;
- x_2 – śmiertelność niemowląt na 1000 urodzeń żywych;
- x_5 – liczba ludności w wieku produkcyjnym (kobiety 15-59 oraz mężczyźni 15-64) przypadająca na całkowitą liczbę ludności.

Jednocześnie województwa te charakteryzowały się najwyższymi wartościami średnimi takich czynników, jak:

- x_3 – przeciętne (oczekiwane) dalsze trwanie życia;
- x_4 – zatrudnienie w rolnictwie mierzone jako odsetek całkowitej siły roboczej;
- x_6 – przeciętna wielkość gospodarstwa domowego.

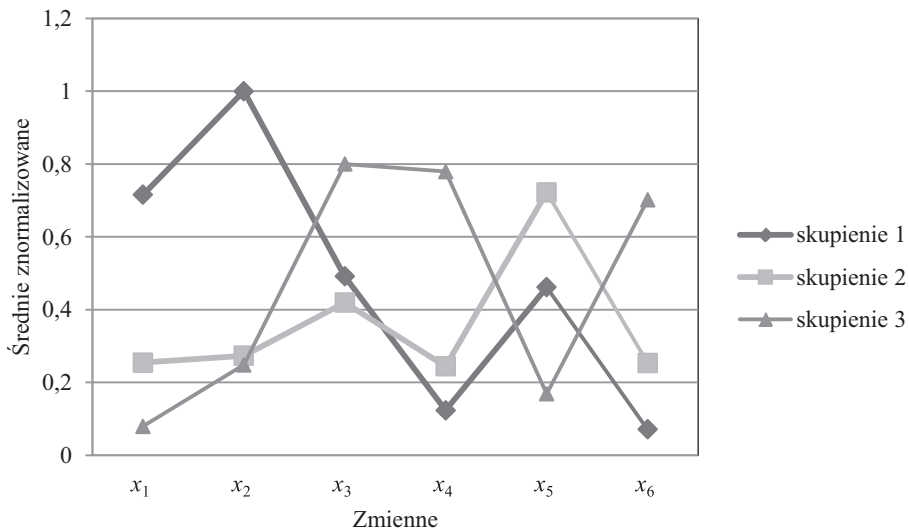
Analiza średnich wartości wyróżnionych czynników dla tych województw wskazuje, że w tej grupie województw wskaźnik wytwarzania odpadów powinien być najniższy.

W tabeli 2 przedstawiono średnie wartości wskaźników wytwarzania odpadów oraz średnie wartości poszczególnych czynników wpływających na ilość wytwarzanych odpadów. Dodatkowo wyniki tego etapu badania przedstawiono również na rys. 3.

Tabela 2. Wyniki klasyfikacji metodą k -średnich (na podstawie danych z roku 2010)

Zmienna	Skupienie		
	1	2	3
y^*	298,88	279,58	184,32
x_1	48 860,74	33 195,24	27 254,97
x_2	274,00	109,77	104,20
x_3	75,93	75,72	76,82
x_4	12,55	17,13	37,77
x_5	64,40	65,08	63,64
x_6	2,74	2,85	3,13
Liczba przypadków	2	9	5
Procent (%)	12,5	56,25	31,25

Źródło: obliczenia własne, gdzie: y^* – wskaźnik wytwarzania odpadów.

**Rys. 3.** Średnie zmiennych ilościowych dla poszczególnych skupień

Źródło: opracowanie własne.

Analiza zależności pomiędzy jednostkowym wskaźnikiem wytwarzania odpadów a czynnikami społeczno-ekonomicznymi w ramach wyróżnionych segmentów potwierdziła istnienie różnic we wpływie poszczególnych zmiennych na ilość wytwarzanych odpadów w rozpatrywanych skupieniach [den Boer, den Boer, Jager 2005].

W skupieniu nr 1, o najwyższych wartościach PKB na 1 mieszkańca, zależność pomiędzy większością rozpatrywanych zmiennych (z wyjątkiem zmiennej x_2 – śmiertelność niemowląt) a jednostkowym wskaźnikiem wytwarzania odpadów jest bardzo silna.

Natomiast w skupieniu nr 2 o przeciętnych wartościach PKB na 1 mieszkańca potwierdzono wpływ jedynie dwóch zmiennych na ilość wytwarzanych odpadów, są to: x_1 – PKB przypadający na 1 mieszkańca; x_4 – zatrudnienie w rolnictwie mierzone jako odsetek całkowitej siły roboczej.

W skupieniu nr 3 najsilniejszy wpływ na ilość wytwarzanych odpadów mają następujące czynniki: x_1 – PKB przypadający na 1 mieszkańca; x_3 – przeciętne (oczekiwane) dalsze trwanie życia; x_4 – zatrudnienie w rolnictwie mierzone jako odsetek całkowitej siły roboczej.

Otrzymane wyniki wykorzystano do opracowania modeli do prognozowania zmian wskaźnika wytwarzania odpadów komunalnych na podstawie danych z 2010 r. Ze względu na małą liczbę rozpatrywanych województw w poszczególnych skupieniach oszacowano modele regresji wielorakiej dla wszystkich analizowanych województw oraz osobno dla skupienia drugiego, do którego zaklasyfikowano 9 województw. Szacując model regresji dla ogółu województw, przyjęto, że zostaną w nim uwzględnione te czynniki, dla których zidentyfikowano wysoki wpływ na ilość wytwarzanych odpadów w ramach wszystkich wyróżnionych skupień. W modelu tym uwzględniono w związku z tym jedynie 2 zmienne, są to: x_1 – PKB przypadający na 1 mieszkańca; x_4 – zatrudnienie w rolnictwie mierzone jako odsetek całkowitej siły roboczej. Podobne czynniki uwzględniono w modelu szacowanym dla województw znajdujących się w skupieniu drugim. Wyniki tego etapu badania przedstawiają się następująco:

1) równanie modelowe dla ogółu województw:

$$\hat{y}_t = 306,0746 + 0,0013x_{1t} - 4,1587x_{4t} \quad R^2 = 0,9536; \quad (1)$$

2) równanie modelowe dla województw zaliczonych do skupienia nr 2:

$$\hat{y}_t = 250,3415 + 0,0037x_{1t} - 5,3718x_{4t} \quad R^2 = 0,8876. \quad (2)$$

Dopasowanie oszacowanych modeli do danych empirycznych jest dobre. Pierwszy z oszacowanych modeli wyjaśnia ponad 95% zmienności jednostkowego wskaźnika wytwarzania odpadów. Natomiast ocena współczynnika determinacji w przypadku drugiego modelu jest o ponad 6% niższa i wyniosła 88,76%. Pierwszy model opisuje zmienność jednostkowego wskaźnika wytwarzania odpadów wszystkich województw, również tych zaliczonych do trzeciego skupienia. Natomiast w przypadku drugiego modelu oszacowanego dla województw zaliczonych do drugiego skupienia otrzymano gorsze dopasowanie do danych empirycznych.

4. Podsumowanie

Efektom przeprowadzonych w pracy badań było porównanie prognoz założonych w Krajowym Planie Gospodarowania Odpadami (KPGO) z wynikami otrzymanymi na podstawie oszacowanych modeli. Porównania prognoz dokonano na podstawie danych dotyczących województwa mazowieckiego. Porównano prognozy założone w KPGO 2014 z prognozą oszacowaną na podstawie pierwszego modelu wyznaczonego dla wszystkich badanych województw.

W Krajowym Planie Gospodarowania Odpadami 2014 założono wzrost ilości wytwarzanych odpadów w przeliczeniu na 1 mieszkańca do poziomu 329 kg/M w 2013 r. i 377 kg/M w 2020 r. oraz ilości wytwarzanych odpadów z tempem 1,2% w 2013 r. do 1,6% w 2020 r. [Krajowy Plan... 2010].

Przyjęto w związku z tym, że zgodnie z KPGO ilość odpadów w przeliczeniu na 1 mieszkańca wzrośnie w województwie mazowieckim o ok. 1%. Natomiast w przypadku prognozy szacowanej na podstawie wyznaczonego modelu przyczynowo-opisowego przyjęto dla zmiennej x_1 skorygowaną prognozę wzrostu PKB do poziomu ok. 2,1% w 2013 r., natomiast prognozę dla zmiennej x_4 wyznaczono przez liniową ekstrapolację istniejących danych. Oszacowana w ten sposób prognoza wskaźnika wytwarzania odpadów w przeliczeniu na 1 mieszkańca wskazuje na wzrost ilości wytwarzanych odpadów o ok. 0,7%.

Prognoza wyznaczona na podstawie modelu przyczynowo-opisowego zakłada niższe tempo wzrostu wytwarzanych odpadów komunalnych w przeliczeniu na 1 mieszkańca, niż to przyjęto w KPGO, a następnie w planach wojewódzkich.

Zaproponowany sposób prognozowania ilości wytwarzanych odpadów komunalnych jest alternatywą dla zwykle praktykowanego, często krytykowanego sposobu prognozowania w gospodarce odpadami, polegającego na prostej ekstrapolacji w czasie zarówno liczby ludności, jak i długoterminowych zmian jednostkowych wskaźników wytwarzania odpadów. Uwzględnianie w szacowanych modelach dodatkowo wskaźników społeczno-ekonomicznych, których wpływ na ilość wytwarzanych odpadów komunalnych jest znaczny, może prowadzić do istotnego ograniczenia pojawiających się błędów. Spostrzeżenia te potwierdzają również inni autorzy cytowanych w pracy publikacji.

Poszukiwanie sposobów bardziej dokładnego prognozowania zmian w ilości wytwarzanych odpadów jest szczególnie ważne w przypadku krajów, takich jak Polska, o niższych niż w innych, bardziej rozwiniętych krajach ilościach wytwarzanych i zbieranych odpadów. W krajach Europy Zachodniej zbiera się średnio dwa razy więcej odpadów komunalnych niż w Polsce, a w porównaniu ze Stanami Zjednoczonymi jest to nawet ok. 3-krotnie mniej. Poszukiwanie czynników wpływających na ilość wytwarzanych odpadów powinno się również prowadzić na niższych niż województwa poziomach agregacji danych. Istotne wydaje się przeprowadzenie podobnych badań na poziomie miast, w których wytwarza się największe ilości odpadów. Konieczne jest również poszukiwanie czynników wpływających na ilość wytwarzanych odpadów.

Przeprowadzone w pracy analizy wskazują na przestrzenne zróżnicowanie ilości wytwarzanych odpadów w układzie województw. Otrzymane wyniki potwierdzają, że poszczególne czynniki mają różny wpływ na wytwarzanie odpadów w zależności od badanego obiektu (województwa).

Zebrane informacje mogą mieć praktyczne zastosowanie m.in. w prognozowaniu ilości wytwarzanych odpadów, mogą również stanowić podstawę badań nad prognozowaniem składu odpadów, szczególnie istotnym z punktu widzenia zakładów zajmujących się zbieraniem i utylizacją odpadów.

Literatura

- Al-Salem S.M., Lettieri P., *Life Cycle Assessment (LCA) of municipal solid waste management in the State of Kuwait*, "European Journal of Scientific Research" 2009, no 3.
- Beigl P., Salhofer S., Wassermann G., Maćków I., Sebastian M., Szpadt R., *Prognozowanie zmian ilości i składu odpadów komunalnych*, VI Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami, Poznań 2005.
- Berbeka K., *Konsekwencje wdrażania dyrektyw ekologicznych Unii Europejskiej dla konsumpcji gospodarstw domowych w Polsce*, UE, Kraków 2005.
- Boer den E., Boer den J., Jager J., *Planowanie i optymalizacja gospodarki odpadami*, Wydaw. PZiTS, Wrocław 2005.
- Boer den J., Jager J., Szpadt E., Maćków I., Mrowinski P., Sebastian M., Szpadt R., *Zastosowanie analizy cyklu życia do modelowania rozwoju zintegrowanych strategii gospodarki odpadami dla szybko rozwijających się miast i regionów*, V Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami, Poznań 2003.
- Christiansen K.M., Fischer C., *Baseline projections of selected waste streams: Development of Methodology*. European Environmental Agency, Technical Report no. 28", Copenhagen 1999.
- Dennison G.J., Dodd U.A., Whelan B., *A socio-economic based survey of household waste characteristics in the city of Dublin, Ireland, waste quantities*, "Resources, Conservation and Recycling" 1996, no 17.
- Harańczuk G., *Analiza skupień na przykładzie segmentacji nowotworów*, StatSoft Polska, 2005.
- Hekkert M.P., Joosten L.A.J., Worrell E., *Analysis of the paper and wood flow in the Netherlands*, "Resources, Conservation and Recycling" 2000, vol. 30.
- Hunt R., Franklin W., *LCA – How it Came About. Personal Reflections on the Origin and the Development of LCA in the USA*, Int J LCA 1:4-7, 1996.
- Jalili Ghazi Zade M., Noori R., *Prediction of municipal solid waste generation by use of artificial neural network: a case study of Mashhad*, "International Journal of Environmental Research" 2008, vol. 2, no 1.
- Karavezyris V., *Prognose von Siedlungsabfällen. Untersuchung zu determinierenden Faktoren und Methodischen Ansätzen*, TK Verlag, Nieruppin 2001.
- Krajowy Plan Gospodarowania Odpadami 2014, Ministerstwo Ochrony Środowiska, 2010.
- Sircar R., Ewert F., Bohn U., *Gahzeitliche Prognose von Siedlungsabfällen*, "Mull und Abfall" 1, 7-11, 2003.
- Tałałaj I.A., *Wpływ wybranych czynników społeczno-ekonomicznych na zmiany ilości odpadów komunalnych w województwie podlaskim*, „Inżynieria Ekologiczna” 2011, nr 25.
- Zalecane kierunki zmian wzorców konsumpcji i modeli produkcji sprzyjające strategii trwałego, zrównoważonego rozwoju*, Ekspertyza przygotowana dla Departamentu Strategii Gospodarczej Ministerstwa Gospodarki, UE, Kraków 2000.
- Zeliaś A. (red.), *Taksonomiczna analiza przestrzennego zróżnicowania poziomu życia w Polsce w ujęciu dynamicznym*, AE, Kraków 2000.

FORECASTING CHANGES OF MUNICIPAL WASTE PRODUCTION

Summary: Waste management is currently one of the most important problems of the functioning of densely populated areas. Forecasting of quantity of municipal waste production on the basis of previously applied methods in the situation of large changes in socio-economic environment turns to be not an accurate approach. In the literature a wide variety of geographically diverse factors are proposed for this purpose. The aim of this study is to forecast changes in the municipal waste generation taking into account the impact of the socio-economic various factors, by voivodships in Poland. In the study the obtained results, which were based on existing methods for this purpose, involving the extrapolation of historical data on the basis of trends models, were compared to the results developed on multiple regression models, taking into account the influence of many different factors.

Keywords: spatial differentiation, standard of living, forecasting.