

Agata MESJASZ-LECH
Politechnika Częstochowska
Wydział Zarządzania
e-mail: agata.mesjasz@poczta.fm

CZYNNIKI DETERMINUJĄCE POZIOM ODZYSKU POJAZDÓW WYCOFANYCH Z EKSPLOATACJI W KONTEKŚCIE LOGISTYKI ZWROTNEJ – UJĘCIE MODELOWE

Streszczenie. W artykule skoncentrowano się na analizie liczby pojazdów wycofanych z eksploatacji oraz poziomie ich odzysku. Rozważania prowadzono w kontekście logistyki zwrotnej, dla której podstawowym procesem jest odzysk, w tym recykling. Za cel przyjęto identyfikację czynników wpływających na liczbę pojazdów wycofanych z eksploatacji i ich odzysk. Do określenia istotności i kierunku tego wpływu zastosowano model danych panelowych. Analizie poddano dane z lat 2006-2012 dla 12 państw Europy.

Słowa kluczowe: logistyka zwrotna, odzysk, pojazdy wycofane z eksploatacji, dane panelowe

FACTORS DETERMINING THE RECOVERY RATES OF END-OF-LIFE VEHICLES IN THE CONTEXT OF REVERSE LOGISTICS – A MODEL PRESENTATION

Summary. In the article we analyze the number of end-of-life vehicles and their recovery rate. The discussion is carried out in the context of reverse logistics where recovery, which includes recycling, is the central process. The goal is to identify the factors influencing the number of end-of-life vehicles and their recovery rate. The significance and direction of this influence, is determined through a panel data modelling. The data for 12 European countries from the years 2006-2012 are analyzed.

Keywords: reverse logistics, recovery, end-of-life vehicles, panel data

1. Wprowadzenie

Rozwój koncepcji zarządzania ukierunkowanych na problemy środowiskowe przyczynił się do zwiększenia odpowiedzialności za produkt na każdym etapie jego cyklu życia. Dążenie do tworzenia zamkniętych obiegów gospodarczych pozwoliło na traktowanie zużytych produktów nie jako odpadów, ale użytecznych surowców, mogących znaleźć powtórne zastosowanie. Sprawne i efektywne kształtowanie przepływów zasobów w kierunku odwrotnym do tradycyjnego jest zadaniem logistyki zwrotnej. Zużyte pojazdy są jednym z podstawowych obiektów logistyki zwrotnej ze względu na możliwości w zakresie ich ponownego wprowadzenia do systemu gospodarczego. Wielkość strumienia pojazdów wycofanych z eksploatacji determinowana jest wieloma czynnikami, ilościowymi i jakościowymi. Z tego względu za podstawowy problem badawczy przyjęto identyfikację czynników kształtujących poziom odzysku pojazdów wycofanych z eksploatacji oraz możliwość ich kwantyfikacji, a także określenia siły i kierunku wpływu tych czynników na poziom odzysku.

Celem artykułu jest ilościowa ocena wpływu grupy czynników związanych z rozwojem gospodarczym, wzrostem zamożności społeczeństwa oraz stopniem zmotoryzowania na liczbę pojazdów wycofanych z eksploatacji oraz poziom ich odzysku. Cel ten rozważano w kontekście logistyki zwrotnej, której jednym z podstawowych działań jest proces odzysku. Do zadań realizowanych w ramach logistyki zwrotnej zalicza się wyrównywanie intensywności przepływów materiałów odpadowych w cyklu gospodarczym. Tym samym badanie zależności między wielkością tych strumieni a czynnikami na oddziałującymi jest ważnym elementem właściwego planowania i koordynowania działań w systemie logistyki zwrotnej.

2. Problem pojazdów wycofanych z eksploatacji w kontekście środowiska naturalnego

Pojazdy wycofane z eksploatacji, ze względu na zawartość niebezpiecznych materiałów odpadowych, stają się problemem dla ochrony środowiska naturalnego, który wymaga rozwiązań systemowych. Pojazdy oddziałują negatywnie na środowisko naturalne na każdym etapie cyklu życia: w fazie produkcji poprzez zużycie surowców, emisję zanieczyszczeń do atmosfery, generowanie odpadów; w fazie użytkowania poprzez zużycie paliwa, emisję gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczenie, wytwarzanie odpadów; a w fazie po zużyciu poprzez wytwarzanie i uwalnianie substancji niebezpiecznych.¹ Wysiłki w zakresie

¹ Vermeulen I., Van Caneghem J., Block C., Baeyens J., Vandecasteele C.: Automotive shredder residue (ASR): Reviewing its production from end-of-life vehicles (ELVs) and its recycling, energy or chemicals' valorisation. „Journal of Hazardous Materials”, Vol. 190, 2011, s. 9.

zmniejszenia negatywnego oddziaływania pojazdów na środowisko naturalne podejmować należy zatem nie tylko w fazie projektowania i eksploatacji, ale również po zużyciu², kiedy nie mogą one spełniać dalej swojej pierwotnej funkcji.³ Problem pojazdów wycofanych z eksploatacji jest powszechny i globalny. Przyrost liczby samochodów na świecie jest większy niż przyrost populacji.⁴ Skutkiem wzrostu produkcji i sprzedaży samochodów jest ciągle zwiększanie się liczby pojazdów wycofanych z eksploatacji.⁵ Jednym ze sposobów zmniejszenia negatywnego oddziaływania zużytych samochodów na środowisko naturalne jest odzyskanie z nich produktów i materiałów, które mogą zostać powtórnie wprowadzone do obiegu gospodarczego. Współczesne strategie rynkowe nastawione są na skracanie cyklu życia produktów, co skutkuje zwiększeniem ilości odpadów przeznaczonych do składowania.⁶ Pojazdy silnikowe są produktami złożonymi z części, które zawierają nie tylko materiały nadające się do odzysku, takie jak np. stal, miedź, guma, ale również substancje toksyczne, np. smary, roztwory kwasów i chłodziwa.⁷ Wdrożenie właściwych działań do obsługi zużytych pojazdów jest jak najbardziej uzasadnione zarówno ze środowiskowego, jak i ekonomicznego punktu widzenia. W uprzemysłowionych państwach Europy organizowane są systemy powtórnego zagospodarowania w zakresie zużytych pojazdów⁸, głównie recyklingu materiałów metalowych⁹, stanowiących około 75% ich masy¹⁰. Kraje charakteryzujące się najwyższą produkcją i sprzedażą pojazdów (Stany Zjednoczone Ameryki, Unia Europejska, Japonia, Korea i Chiny), wprowadzają stopniowo odpowiednie przepisy ustawowe i wykonawcze w zakresie pojazdów wycofanych z eksploatacji oraz

² Passarini F., Ciacci L., Santini A., Vassura I., Morselli L.: Aluminium flows in vehicles: enhancing the recovery at end-of-life. „Journal of Material Cycles and Waste Management”, Vol. 16, 2014, 40.

³ Fonseca A.S., Nunes M.I., Matos M.A., Gomes A.P.: Environmental impacts of end-of-life vehicles' management: recovery versus elimination. „Journal of Material Cycles and Waste Management”, Vol. 18, 2013, 1374.

⁴ Sakai S., Yoshida H., Hiratsuka J., Vandecasteele C., Kohlmeyer R., Rotter V.S., Passarini F., Santini A., Peeler M., Li J., Oh G.-J., Chi N.K., Bastian L., Moore S., Kajiwara N., Takigami H., Itai T., Takahashi S., Tanabe S., Tomoda K., Hirakawa T., Hirai Y., Asari M., Yano J.: An international comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems. „Journal of Material Cycles and Waste Management”, Vol. 16, 2014, 2.

⁵ Tian J., Chen M.: Sustainable design for automotive products: Dismantling and recycling of end-of-life vehicles. „Waste Management”, Vol. 34, 2014, s. 458; Kängsepp P., Mathiasson L., Mårtensson L.: Filter-based treatment of leachate from an industrial landfill containing shredder residues of end-of-life vehicles and white goods. „Waste Management”, Vol. 30, 2010, s. 236.

⁶ Zorpas A.A., Inglezakis V.J.: Automotive industry challenges in meeting EU 2015 environmental standard. „Technology in Society”, Vol. 34, 2012, s. 55.

⁷ Hu S., Wen Z.: Why does the informal sector of end-of-life vehicle treatment thrive? A case study of China and lessons for developing countries in motorization process. „Resources, Conservation and Recycling”, Vol. 95, 2015, s. 91.

⁸ Wang J., Chen M.: Recycling of Electronic Control Units from End-of-Life Vehicles in China. „JOM”, Vol. 63, No. 8, 2011, s. 44.

⁹ Wang L., Chen M.: End-of-Life Vehicle Dismantling and Recycling Enterprises: Developing Directions in China. „JOM”, Vol. 65, No. 8, 2013, s. 1016; Santini A., Morselli L., Passarini F., Vassura I., Carlo S.D., Bonino F.: End-of-Life Vehicles management: Italian material and energy recovery efficiency. „Waste Management”, Vol. 31, 2011, s. 489.

¹⁰ Park J.W., Yi H.-C., Park M.W., Sohn Y.T.: A Monitoring System Architecture and Calculation of Practical Recycling Rate for End-of-Life Vehicle Recycling in Korea. „International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology”, Vol. 1, No. 1, 2014, s. 49.

ustanawiają szereg wymagań dotyczących recyklingu pojazdów.¹¹ Powtórne zagospodarowanie i odzysk mają na celu nie tylko ochronę zasobów naturalnych dzięki stosowaniu surowców wtórnych, ale również zapobieganie zanieczyszczeniu odpadami stałymi¹², a odpowiednie regulowanie i zarządzanie tymi procesami przyczyni się również do zwiększenia ich efektywności.¹³ Ponadto w kontekście wyczerpywania się zasobów naturalnych odzysk, a w tym recykling pojazdów wycofanych z eksploatacji, jest uważany za jedną z najważniejszych metod promujących ideę zrównoważonego rozwoju.¹⁴ Rozwój przedsiębiorczości w XXI wieku musi uwzględniać zachowania zmierzające w kierunku podejmowania działań przyjaznych środowisku naturalnemu.¹⁵ Na poziomie przedsiębiorstw rośnie zainteresowanie koncepcją społecznej odpowiedzialności biznesu¹⁶, której podstawowym celem jest podejmowanie działań mogących przyczynić się zarówno do osiągnięcia zysku, jak również społecznych i środowiskowych korzyści dla otoczenia.¹⁷ Niezbędne wydają się zatem rozwiązania zwiększające nie tylko skuteczność procesów przywracających wartość użytkową produktom, ale również ich sprawność i efektywność.

3. Znaczenie logistyki zwrotnej w zagospodarowaniu pojazdów wycofanych z eksploatacji

Podstawowym celem logistyki zwrotnej jest redukcja ilości odpadów dzięki ponownemu wprowadzaniu pozostałości do systemów gospodarczych. Z tego względu logistyka zwrotna rozważana jest z punktu widzenia takich procesów, jak: recykling, ponowne wykorzystanie,

¹¹ Zhang H., Chen M.: Current recycling regulations and technologies for the typical plastic components of end-of-life passenger vehicles: a meaningful lesson for China. „Journal of Material Cycles and Waste Management”, Vol. 16, 2014, s. 188; Hiratsuka J., Sato N., Yoshida H.: Current status and future perspectives in end-of-life vehicle recycling in Japan. „Journal of Material Cycles and Waste Management”, Vol. 16, 2014, s. 21-22; Mathieux F., Brissaud D.: End-of-life product-specific material flow analysis. Application to aluminium coming from end-of-life commercial vehicles in Europe. „Resources, Conservation and Recycling”, Vol. 55, 2010, s. 92; Berzi L., Delogu M., Giorgetti A., Pierini M.: On-field investigation and process modelling of End-of-Life Vehicles treatment in the context of Italian craft-type Authorized Treatment Facilities. „Waste Management”, Vol. 33, 2013, s. 892.

¹² Altay M.C., Sivri N., Onat B., Şahin Ü., Zorağa M., Altay H.F.: Recycle of metals for end-of-life vehicles (ELVs) and relation to Kyoto protocol. „Renewable and Sustainable Energy Reviews”, Vol. 15, 2011, 2448.

¹³ Chen K., Huang S., Lian I.: The development and prospects of the end-of-life vehicle recycling system in Taiwan. „Waste Management”, Vol. 30, 2010, s. 1661.

¹⁴ Simic V.: Fuzzy risk explicit interval linear programming model for end-of-life vehicle recycling planning in the EU. „Waste Management”, Vol. 35, 2015, s. 265.

¹⁵ Pachura P., Ociepa-Kubicka A.: Eco-management and audit scheme (EMAS) functioning on the example of the water supply and sewerage joint stock company of the Częstochowa district. „Polish Journal of Management Studies”, Vol. 10, No 2, 2014, s. 143.

¹⁶ Społeczna odpowiedzialność biznesu w znacznej mierze determinuje sukces rynkowy przedsiębiorstw. Z tego względu powstają liczne wytyczne na różnych szczeblach zarządzania w tym zakresie. Szerzej w Kopeć K.D.: Instrumentarium społecznej odpowiedzialności biznesu. Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, s. Zarządzanie, nr 14, Częstochowa 2014, s. 101-114.

¹⁷ Kadłubek M.: The essence of corporate social responsibility and the performance of selected company. „Procedia – Social and Behavioral Sciences”, Vol. 213, 2015, s. 509-510.

unieszkodliwianie odpadów, zarządzanie odpadami niebezpiecznymi.¹⁸ Rozwój koncepcji logistyki zwrotnej uwarunkowany jest przede wszystkim przez:¹⁹

- ustawodawstwo nakładające na producentów obowiązek przyjmowania i ponownego wykorzystania zużytych produktów;
- konsumentów poszukujących coraz częściej produktów niezanieczyszczających środowiska naturalnego na żadnym etapie ich cyklu życia oraz dokonujących zakupów u producentów wdrażających prośrodowiskowe praktyki;
- koszty związane z wyposażeniem w dodatkowy sprzęt i inne instalacje do odzysku, przetworzenia, zatrudnieniem wykwalifikowanej kadry do obsługi procesów logistyki zwrotnej;²⁰
- zakres ochrony środowiska określany w celu zwiększenia konkurencyjności podmiotów gospodarczych stosujących praktyki prośrodowiskowe;²¹
- ilość i jakość narzucające określone wymagania co do standardów, jakim mają podlegać przetworzone produkty;
- zachęty skłaniające producentów do zachowań prośrodowiskowych;
- integrację i koordynację pozwalające na osiągnięcie korzyści z realizacji procesów logistyki zwrotnej.

Można zatem wskazać wiele barier wdrażania rozwiązań logistyki zwrotnej w przedsiębiorstwie, natury ekonomicznej, organizacyjnej, rynkowej i politycznej.²² Promowanie podstawowych procesów logistyki zwrotnej jest jednak zasadne ze względu na pozytywne oddziaływanie na środowisko naturalne i redukcję zużycia zasobów naturalnych. Wycofane z eksploatacji pojazdy, ze względu na możliwość poddania ich procesom odzysku lub powtórnego użycia, stanowią szczególnie obiekt zainteresowania logistyki zwrotnej. Producenci pojazdów lub części do pojazdów mogą zastosować dwa rodzaje działań w tym zakresie: zwalczające i zapobiegające. Działania zwalczające obejmują promowanie rozwoju i doskonalenie procesów odzysku pod kątem technicznym i ekonomicznym, działania

¹⁸ Ene S., Öztürk N.: Network modeling for reverse flows of end-of-life vehicles. „Waste Management”, Vol. 38, 2015, s. 284.

¹⁹ Rahman S., Subramanian N.: Factors for implementing end-of-life computer recycling operations in reverse supply chains. „International Journal of Production Economics”, Vol. 140, 2012, s. 241-243.

²⁰ Analiza koszty-korzyści jest narzędziem stosowanym w celu ustalenia efektywności ekonomicznej danego przedsięwzięcia. Powinna być ona stosowana również w odniesieniu do wdrożenia procesów recyklingu, w tym dla pojazdów wycofanych z eksploatacji. Szerzej na ten temat w: Farel R., Yannou B., Ghaffari A., Leroy Y.: A cost and benefit analysis of future end-of-life vehicle glazing recycling in France: A systematic approach. „Resources, Conservation and Recycling”, Vol. 74, 2013, p. 54-65.

²¹ W celu osiągnięcia pełnych korzyści z zaangażowania się przedsiębiorstw w działania pro środowiskowe muszą one racjonalnie wybierać ich rodzaj, zakres wdrożenia oraz oczekiwane efekty (patrz Nitkiewicz T.: Ekologiczna ocena cyklu życia produktu w procesach decyzyjnych przedsiębiorstw produkcyjnych, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2013, s. 8).

²² Starostka-Patyk M.: Przegląd barier dla skutecznego wdrażania procesów logistyki odwrotnej w przedsiębiorstwach, „Logistyka”, nr 6, 2012, s. 282-283.

zapobiegające z kolei polegają na ulepszeniu produktów pod kątem ich odzysku po zużyciu, dzięki odpowiedniemu projektowaniu.²³

Identyfikacja czynników wpływających na liczbę i odzysk pojazdów wycofanych z eksploatacji jest istotna z punktu widzenia losowego charakteru ich podaży.²⁴ Trudno jest przewidzieć bowiem, jaka ostatecznie liczba pojazdów wycofanych z eksploatacji trafi do systemu „legalnie”. Ponadto proces odzysku powinien być realizowany nie tylko z punktu widzenia korzyści środowiskowych, ale również ekonomicznych. Odzysk powinien być opłacalny dla wszystkich uczestniczących w nim podmiotów, a przede wszystkim dostosowany do popytu na rynku surowców wtórnych. Należy pamiętać bowiem, że działania logistyki zwrotnej z ekonomicznego punktu widzenia koncentrują się na odzyskiwaniu utraconych korzyści oraz redukcji kosztów operacyjnych.²⁵ Znajomość czynników tworzących podaż pojazdów wycofanych z eksploatacji oraz siły i kierunku ich oddziaływania jest potrzebna do prawidłowego planowania działań logistyki zwrotnej w odniesieniu do jej podstawowych procesów.

4. Modelowanie zużycia pojazdów wycofanych z eksploatacji dla wybranych państw Europy

Odzysk pojazdów jest procesem złożonym, zależnym od wielu elementów. Poszczególne państwa z różnym natężeniem i skutkiem realizują procesy odzysku pojazdów wycofanych z eksploatacji, przy czym za decydujące o poziomie odzysku uznać należy uwarunkowania gospodarcze, prawne i kulturowe. Wśród mierzalnych czynników wpływających na poziom odzysku pojazdów wycofanych z eksploatacji wymienić można te związane z:²⁶

1. rozwojem gospodarki i stopniem zamożności społeczeństwa,
2. wymianą starych samochodów na nowe,
3. liczbą zebranych zużytych pojazdów.

W związku z powyższym zaproponowano dwa modele jednorównaniowe, w których za zmienną zależną przyjęto poziom odzysku oraz liczbę zebranych zużytych pojazdów.

²³ Go T.F., Wahab D.A., Rahman M.N.Ab., Ramli R., Azhari C.H.: Disassemblability of end-of-life vehicle: a critical review of evaluation methods. „Journal of Cleaner Production”, Vol. 19, 2011, s. 1536.

²⁴ Simic V.: A two-stage interval-stochastic programming model for planning end-of-life vehicles allocation under uncertainty. „Resources, Conservation and Recycling”, Vol. 98, 2015, s. 19; Mahmoudzadeh M., Mansour S., Karimi B.: To develop a third-party reverse logistics network for end-of-life vehicles in Iran. „Resources, Conservation and Recycling”, Vol. 78, 2013, s. 20.

²⁵ Seroka-Stolka O.: The development of green logistics for implementation sustainable development strategy in companies. „Procedia - Social and Behavioral Sciences”, Vol. 151, 2014, s. 304.

²⁶ Mesjasz-Lech A.: Odzyskiwanie wartości z pojazdów wycofanych z eksploatacji jako element zrównoważonego wykorzystania zasobów, [w:] Francik A., Lesakova L., Szczepańska-Woszczyna K. (red.): Innowacje – Przedsiębiorczość – Rozwój. Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej, Dąbrowa Górnicza 2015, s. 251.

$$ENV_{it} = u_{1i} + \alpha_1 GDP_{it} + \alpha_2 INCOM_{it} + \alpha_3 HDI_{it} + \alpha_4 MR_{it} + \alpha_5 REG_PC_{it} + \varepsilon_{1it}, \quad (1)$$

$$ENV_WG_{it} = u_{2i} + \beta_1 GDP_{it} + \beta_2 INCOM_{it} + \beta_3 HDI_{it} + \beta_4 MR_{it} + \beta_5 REG_PC_{it} + \varepsilon_{2it}, \quad (2)$$

gdzie:

α, β , – parametry modelu,

u_{1i}, u_{2i} , – wyrazy wolne dekomponowane dla uwzględnionych w modelu państw,

$\varepsilon_{1it}, \varepsilon_{2it}$ – czyste błędy losowe. Oceny parametrów modelu pokazują udział poszczególnych czynników w łącznej ocenie kształtowania się poziomu odzysku pojazdów wycofanych z eksploatacji, oceny efektów indywidualnych z kolei pozwalają na określenie stopnia oddziaływania czynników specyficznych na poziom odzysku w poszczególnych państwach.

Zgodnie z wyróżnionymi zmiennymi zmiennymi tworzą:

1. jako zmienne zależne:

- ENV_{it} – poziom odzysku pojazdów wycofanych z eksploatacji dla i -tego kraju w okresie t (tony);
- ENV_WG_{it} – zebrane pojazdy wycofane z eksploatacji dla i -tego kraju w okresie t (liczba pojazdów);

2. jako zmienne niezależne:

- GDP_{it} – PKB dla i -tego kraju w okresie t (na osobę);
- $INCOM_{it}$ – średnie dochody społeczeństwa pozwalające na zaspokojenie potrzeb bytowo-konsumpcyjnych na niskim poziomie dla i -tego kraju w okresie t (euro);
- HDI_{it} – wskaźnik rozwoju społeczeństwa (*Human Development Index*) dla i -tego kraju w okresie t ;
- MR_{it} – wskaźnik motoryzacji dla i -tego kraju w okresie t (liczba samochodów na 1000 mieszkańców);
- REG_PC_{it} – nowe samochody pasażerskie zarejestrowane w ciągu roku dla i -tego kraju w okresie t (liczba samochodów).

Liczba zebranych pojazdów wycofanych z eksploatacji wpływa bezpośrednio na poziom odzysku. Z tego względu zbadano, czy na obie zmienne działa ten sam zestaw czynników. Rozwój gospodarki oraz stopień zamożności społeczeństwa mierzyć można: produktem krajowym brutto (PKB), wskaźnikiem rozwoju społeczeństwa (HDI), dochodem społeczeństwa zapewniającym minimum socjalne. PKB jest najpowszechniejszym wskaźnikiem określającym poziom rozwoju gospodarczego, HDI z kolei obrazuje nie tylko dobrobyt gospodarczy, ale również jakość życia społeczeństwa. Średnie dochody społeczeństwa pozwalające na zaspokojenie potrzeb bytowo-konsumpcyjnych na niskim poziomie uwzględniają potrzeby komunikacyjne, w tym związane np. z dojazdem do pracy. Wskaźnik motoryzacji oraz liczbę zarejestrowanych nowych samochodów w określonym zakresie odnieść można do tendencji wymiany samochodów starych na nowe. W analizie uwzględniono jedynie państwa Europy, które charakteryzują podobne uwarunkowania

kulturowe, historyczne i prawne, stanowiące główne przyczyny oddziałujące na poziom odzysku. Tym samym uzyskano jednorodną zbiorowość, którą poddano badaniu. Przeanalizowano dane dla 12 państw (Austria, Bułgaria, Czechy, Estonia, Finlandia, Francja, Niemcy, Węgry, Norwegia, Polska, Rumunia, Hiszpania) z lat 2006-2012. Dane zaczerpnięto z bazy Europejskiego Urzędu Statystycznego (Eurostat)²⁷. Wybór analizowanych państw i lat uwarunkowany został dostępnością i kompletnością danych.

Zmienne zależne *ENV* i *ENV_WG* mają charakter mierników absolutnych: wyrażone są odpowiednio w tonach i liczbie pojazdów.

W konstrukcji modelu z wykorzystaniem danych panelowych pojawia się problem eliminacji niestacjonarności.²⁸ Zasadne wydaje się zatem przetestowanie rzędu integracji i ewentualnie wskazanie wektora kointegrującego. W związku z tym przeprowadzono testy na rząd integracji analizowanych zmiennych stosując cztery testy: Levin, Lin & Chu (LLC), Im, Pesaran and Shin (IPS), ADF i PP. Wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Wyniki testów pierwiastka jednostkowego dla badanych zmiennych

Zmienna	Metoda	rząd integracji $X_t \sim I(0)$	
		Statystyka	p
<i>ENV</i>	Levin, Lin & Chu t*	-16,4306	0,0000
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-3,78987	0,0001
	ADF - Fisher Chi-square	57,0217	0,0002
	PP - Fisher Chi-square	41,9050	0,0132
<i>ENV_WG</i>	Levin, Lin & Chu t*	-10,3934	0,0000
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-3,09376	0,0010
	ADF - Fisher Chi-square	55,6895	0,0003
	PP - Fisher Chi-square	28,2660	0,2490
<i>GDP</i>	Levin, Lin & Chu t*	-8,91407	0,0000
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-3,64351	0,0001
	ADF - Fisher Chi-square	57,6294	0,0001
	PP - Fisher Chi-square	53,9027	0,0004
<i>INCOM</i>	Levin, Lin & Chu t*	-37,8303	0,0000
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-6,79220	0,0000
	ADF - Fisher Chi-square	67,5759	0,0000
	PP - Fisher Chi-square	43,1807	0,0095
<i>HDI</i>	Levin, Lin & Chu t*	-5,05736	0,0000
	Im, Pesaran and Shin W-stat	0,16284	0,5647
	ADF - Fisher Chi-square	24,6965	0,4224
	PP - Fisher Chi-square	53,3454	0,0005
<i>MR</i>	Levin, Lin & Chu t*	-4,14323	0,0000
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-0,21666	0,4142
	ADF - Fisher Chi-square	45,2312	0,0055
	PP - Fisher Chi-square	62,3837	0,0000
<i>REG_PC</i>	Levin, Lin & Chu t*	-5,38346	0,0000
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-0,00519	0,4979
	ADF - Fisher Chi-square	22,7078	0,5371
	PP - Fisher Chi-square	27,8832	0,2650

Źródło: Opracowanie własne.

²⁷ <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

²⁸ Szajt M.: Działalność badawczo-rozwojowa w kształtowaniu aktywności innowacyjnej w Unii Europejskiej, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2010, s. 162.

Test LLC pozwala na stwierdzenie, że wszystkie badane zmienne są stacjonarne. Uważany jednak za najsilniejszy test IPS²⁹ wskazuje na ewentualne istnienie pierwiastków jednostkowych w przypadku zmiennych *HDI* i *MR*. Porównywanie testów LLC i IPS nie jest wszakże do końca wiarygodne ze względu na różne sformułowanie hipotez alternatywnych w obu testach.³⁰ W artykule na podstawie testu LLC przyjęto, że wszystkie badane procesy są stacjonarne, tym bardziej że trudno wskazać test najlepszy w tym zakresie.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki testów diagnostycznych dla regresji oszacowanych panelową metodą najmniejszych kwadratów.

Tabela 2

Wyniki testów diagnostycznych dla modeli (1) i (2)

Zmienna zależna modelu	Test Walda		Statystyka testu Breuscha-Pagana		Statystyka testu Hausmana	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>LM</i>	<i>p</i>	<i>H</i>	<i>p</i>
<i>ENV</i>	10,874	3,09464e-011	40,0298	2,50118e-010	24,2993	6,95637e-005
<i>ENV WG</i>	27,066	1,23701e-020	82,9967	8,21889e-020	31,4554	2,47166e-006

Źródło: Opracowanie własne w pakiecie GRETL.

Niska wartość *p* dla testu Walda oznacza odrzucenie hipotezy zerowej, że model panelowy MNK³¹ jest poprawny, wobec hipotezy alternatywnej, że model o ustalonych efektach jest właściwszy. Niska wartość *p* dla testu Breuscha-Pagana oznacza odrzucenie hipotezy zerowej, że model panelowy MNK jest poprawny, wobec hipotezy alternatywnej, że model o losowych efektach jest właściwszy. Niska wartość *p* dla testu Hausmana oznacza odrzucenie hipotezy zerowej o modelu z losowymi efektami, wobec hipotezy alternatywnej o modelu z ustalonymi efektami. Analizując otrzymane wyniki testów diagnostycznych, należy stwierdzić zatem, że panelowa metoda najmniejszych kwadratów nie jest dopuszczalna dla wyróżnionych modeli, zastosować należy model z ustalonymi efektami. W tabeli 3 przedstawiono wyniki estymacji parametrów modelu (1) wraz z oszacowaniem efektów indywidualnych dla poszczególnych państw.

²⁹ Szajt M.: Działalność badawczo-rozwojowa w kształtowaniu aktywności innowacyjnej w Unii Europejskiej, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2010, s. 163.

³⁰ Strzała K.: Panelowe testy stacjonarności – możliwości i ograniczenia. „Przegląd Statystyczny”, Zeszyt 1, 2009, s. 64.

³¹ Metoda najmniejszych kwadratów.

Tabela 3

Estymacja parametrów modelu (1) z ustalonymi efektami

Zmienna	Ocena parametru	Błąd standardowy	Statystyka t-Studenta	Poziom istotności
<i>const</i>	-232635	30147,5	-7,7166	<0,00001
<i>INCOM_{it}</i>	40,2785	4,40853	9,1365	<0,00001
<i>REG PC_{it}</i>	0,672888	0,0977905	6,8809	<0,00001
<i>Austria*</i>	-645234	69329,4	-9,3068	<0,00001
<i>Finlandia*</i>	-478728	68752,1	-6,9631	<0,00001
<i>Francja*</i>	-1,22967e+06	191210	-6,4310	<0,00001
<i>Niemcy*</i>	-2,05028e+06	299571	-6,8441	<0,00001
<i>Norwegia*</i>	-1,39518e+06	119140	-11,7104	<0,00001
Średn. aryt. zm. zależnej	162308,0	Odch. stand. zm. zależnej	254573,6	
Suma kwadratów reszt	8,71e+11	Błąd standardowy reszt	107067,4	
Wsp. determ. R-kwadrat	0,838034	Skorygowany R-kwadrat	0,823116	
F(7, 76)	56,17640	Wartość p dla testu F	1,77e-27	
Logarytm wiarygodności	-1087,809	Kryt. inform. Akaike'a	2191,619	
Kryt. bayes. Schwarz	2211,065	Kryt. Hannana-Quinna	2199,436	
Autokorel. reszt - rho1	0,318785	Stat. Durbina-Watsona	0,859054	

* oszacowania efektów indywidualnych

Źródło: Opracowanie własne w pakiecie GRETL.

Jedynymi istotnymi zmiennymi w modelach (1) okazały się zmienne określające średnie dochody społeczeństwa pozwalające na zaspokojenie potrzeb bytowo-konsumpcyjnych na niskim poziomie oraz liczbę zarejestrowanych w danym roku nowych samochodów pasażerskich. Zmienne te powodują wzrost masy odzysku pojazdów wycofanych z eksploatacji. Za logiczną podstawę istnienia tej zależności uznać można to, iż wzrost średnich dochodów społeczeństwa przekłada się na decyzje zakupowe w zakresie wymiany starych samochodów, często na nowe, i przekazania tych pierwszych do odzysku. Oceny wskaźników indywidualnych wskazują na przewagę Niemiec, Norwegii i Francji w zakresie masy pojazdów wycofanych z eksploatacji poddanych odzyskowi. Fakt ten nie powinien dziwić, ponieważ państwa te charakteryzują się nie tylko restrykcyjnym prawem w zakresie ochrony środowiska naturalnego, ale również wysoką świadomością ekologiczną jego mieszkańców. Ponadto wśród wyróżnionych do badania państw, charakteryzują się one wysokim stopniem wzrostu i rozwoju gospodarczego oraz zamożności społeczeństwa. Państwa te chronią również swoje rynki przed falą używanych samochodów z innych krajów.

W przypadku modelu (2) testy diagnostyczne wykazały, że zastosowanie panelowej metody najmniejszych kwadratów również nie jest właściwe, należy zastosować model z efektami ustalonymi. Wyniki przedstawiono w tabeli 4 (wraz z oszacowaniem efektów indywidualnych dla poszczególnych państw).

Tabela 4

Estymacja parametrów modelu (2) z ustalonymi efektami

Zmienna	Ocena parametru	Błąd standardowy	Statystyka t-Studenta	Poziom istotności
<i>const</i>	-170837	50689,7	-3,3703	0,00121
<i>INCOM_{it}</i>	39,3568	10,2938	3,8234	0,00028
<i>REG PC_{it}</i>	1,06502	0,122508	8,6935	<0,00001
<i>Austria*</i>	-787301	158734	-4,9599	<0,00001
<i>Finlandia*</i>	-549125	148754	-3,6915	0,00043
<i>Francja*</i>	-1,4737e+06	301888	-4,8816	<0,00001
<i>Niemcy*</i>	-3,17409e+06	414765	-7,6527	<0,00001
<i>Norwegia*</i>	-1,79563e+06	273089	-6,5753	<0,00001
<i>Bułgaria*</i>	-132922	56017,7	-2,3729	0,02032
<i>Czechy*</i>	-125019	60770,8	-2,0572	0,04329
<i>Węgry*</i>	-99083,4	54136,1	-1,8303	0,07135
<i>Hiszpania*</i>	192334	108250	1,7768	0,07983
Średn. aryt. zm. zależnej	294180,8	Odch. stand. zm. zależnej	418409,2	
Suma kwadratów reszt	1,08e+12	Błąd standardowy reszt	122623,3	
Wsp. determ. R-kwadrat	0,925493	Skorygowany R-kwadrat	0,914110	
F(11, 72)	81,30452	Wartość p dla testu F	4,78e-36	
Logarytm wiarygodności	-1096,934	Kryt. inform. Akaike'a	2217,868	
Kryt. bayes. Schwarza	2247,037	Kryt. Hannana-Quinna	2229,594	
Autokorel. reszt - rho1	0,291055	Stat. Durbina-Watsona	1,134175	

* oszacowania efektów indywidualnych

Źródło: Opracowanie własne w pakiecie GRETL.

Na liczbę pojazdów wycofanych z eksploatacji wpływają istotnie średnie dochody społeczeństwa pozwalające na zaspokojenie potrzeb bytowo-konsumpcyjnych na niskim poziomie oraz liczba zarejestrowanych w danym roku nowych samochodów pasażerskich. Analiza ocen wskaźników indywidualnych również w przypadku tego modelu wskazuje na wyraźną przewagę Niemiec, Norwegii i Francji w liczbie pojazdów wycofanych z eksploatacji. Za przyczyny tego faktu uznać można wysoko rozwiniętą gospodarkę tych państw i wysoki dobrobyt społeczny je charakteryzujący. Wśród istotnych ocen parametrów wskaźników indywidualnych znalazły się również te dla państw Europy Środkowej: Czechy, Węgry, Europy Wschodniej: Bułgaria oraz Europy Północnej: Hiszpania. Państwa te mają zatem wpływ na liczbę pojazdów wycofanych z eksploatacji, głównie ze względu na strukturę wieku pojazdów, wśród której przeważają auta stare i wyeksploatowane.

5. Podsumowanie

Wzrost masy i liczby pojazdów wycofanych z eksploatacji przekłada się bezpośrednio na poziom odzysku. Wymogi prawne w tym zakresie narzucają bowiem określone poziomy odzyskiwania wartości w celu ponownego wprowadzenia materiałów odpadowych do

systemu gospodarczego. Należy mieć na uwadze, że liczba i masa pojazdów wycofanych z eksploatacji i składowanych w celu odzysku, w tym recyklingu, stale rośnie.

Z punktu widzenia logistyki zwrotnej istotne jest jednak nie tylko wskazanie na rozmiar problemu, w tym przypadku masę i liczbę pojazdów wycofanych z eksploatacji, ale przede wszystkim stopień realizacji celów środowiskowych, mających wyraz w relacji ilości odpadów poddanych odzyskowi do całkowitej ilości odpadów zebranych. W wyniku przeprowadzonych analiz okazało się, że na liczbę i masę pojazdów wycofanych z eksploatacji oddziałują te same czynniki: średni dochód społeczeństwa pozwalający na zaspokojenie potrzeb bytowo-konsumpcyjnych na niskim poziomie oraz liczba nowych samochodów pasażerskich zarejestrowana w danym roku. Wpływ obu zmiennych jest dodatni, co jest naturalnym następstwem podniesienia się stopy życiowej społeczeństwa. W celu odwrócenia tendencji rosnącej w zakresie ilości wytwarzanych odpadów, przepisy dotyczące strumieni wszelkiego rodzaju pozostałości są na bieżąco aktualizowane i zmieniane. W miarę rozwoju gospodarki i wzrostu zamożności społeczeństwa liczba pojazdów, a więc także pojazdów wycofanych z eksploatacji, będzie jednak systematycznie wzrastać. Pozytywnym kierunkiem zmian jest jednak to, że zakup kolejnego samochodu związany jest często z wycofaniem tego dotychczas używanego z eksploatacji i przekazaniem go do odzysku. Największym wpływem czynników indywidualnych na poziom liczby wycofanych z eksploatacji pojazdów i ich odzysk charakteryzują się Niemcy, Norwegia i Francja. Zastosowanie jednakowej metodyki do badania poziomu odzysku w odniesieniu do wymienionych państw wskazuje na potrzebę stosowania rozwiązań systemowych i globalnych. Wycofane z eksploatacji pojazdy będą stanowiły bowiem nadal poważny problem zarówno dla środowiska naturalnego, jak i kondycji ekonomicznej podmiotów gospodarczych.

Bibliografia

1. Altay M.C., Sivri N., Onat B., Şahin Ü., Zorağa M., Altay H.F.: Recycle of metals for end-of-life vehicles (ELVs) and relation to Kyoto protocol. „Renewable and Sustainable Energy Reviews”, Vol. 15, 2011, p. 2447-2451
2. Berzi L., Delogu M., Giorgetti A., Pierini M.: On-field investigation and process modelling of End-of-Life Vehicles treatment in the context of Italian craft-type Authorized Treatment Facilities. „Waste Management”, Vol. 33, 2013, p. 892-906
3. Chen K., Huang S., Lian I.: The development and prospects of the end-of-life vehicle recycling system in Taiwan. „Waste Management”, Vol. 30, 2010, p. 1661-1669
4. Ene S., Öztürk N.: Network modeling for reverse flows of end-of-life vehicles. „Waste Management”, Vol. 38, 2015, p. 284-296

5. Farel R., Yannou B., Ghaffari A., Leroy Y.: A cost and benefit analysis of future end-of-life vehicle glazing recycling in France: A systematic approach. „Resources, Conservation and Recycling”, Vol. 74, 2013, p. 54-65
6. Fonseca A.S., Nunes M.I., Matos M.A., Gomes A.P.: Environmental impacts of end-of-life vehicles' management: recovery versus elimination. „Journal of Material Cycles and Waste Management”, Vol. 18, 2013, p. 1374-1385
7. Go T.F., Wahab D.A., Rahman M.N.Ab., Ramli R., Azhari C.H.: Disassemblability of end-of-life vehicle: a critical review of evaluation methods, „Journal of Cleaner Production”, Vol. 19, 2011, p. 1536-1546
8. Hiratsuka J., Sato N., Yoshida H.: Current status and future perspectives in end-of-life vehicle recycling in Japan, „Journal of Material Cycles and Waste Management”, Vol. 16, 2014, p. 21-30
9. Hu S., Wen Z.: Why does the informal sector of end-of-life vehicle treatment thrive? A case study of China and lessons for developing countries in motorization process, „Resources, Conservation and Recycling”, Vol. 95, 2015, p. 91-99
10. Kadłubek M.: The essence of corporate social responsibility and the performance of selected company, „Procedia Social and Behavioral Sciences”, Vol. 213, 2015, p. 509-515
11. Kängsepp P., Mathiasson L., Mårtensson L.: Filter-based treatment of leachate from an industrial landfill containing shredder residues of end-of-life vehicles and white goods, „Waste Management”, Vol. 30, 2010, p. 236-245
12. Kopeć K.D.: Instrumentarium społecznej odpowiedzialności biznesu. „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej”, s. Zarządzanie, nr 14, Częstochowa 2014, s. 101-114
13. Mahmoudzadeh M., Mansour S., Karimi B.: To develop a third-party reverse logistics network for end-of-life vehicles in Iran, „Resources, Conservation and Recycling”, Vol. 78, 2013, p. 1-14
14. Mathieux F., Brissaud D.: End-of-life product-specific material flow analysis. Application to aluminium coming from end-of-life commercial vehicles in Europe, „Resources, Conservation and Recycling”, Vol. 55, 2010, p. 92-105
15. Mesjasz-Lech A.: Odzyskiwanie wartości z pojazdów wycofanych z eksploatacji jako element zrównoważonego wykorzystania zasobów, [w:] Francik A., Lesakova L., Szczepańska-Woszczyzna K. (red.): Innowacje – Przedsiębiorczość – Rozwój. Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej, Dąbrowa Górnicza 2015
16. Nitkiewicz T.: Ekologiczna ocena cyklu życia produktu w procesach decyzyjnych przedsiębiorstw produkcyjnych, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2013
17. Pachura P., Ociepa-Kubicka A.: Eco-management and audit scheme (EMAS) functioning on the example of the water supply and sewerage joint stock company of the Częstochowa district. „Polish Journal of Management Studies”, Vol. 10, No 2, 2014, s. 143-150

18. Park J.W., Yi H.-C., Park M.W., Sohn Y.T.: A Monitoring System Architecture and Calculation of Practical Recycling Rate for End-of-Life Vehicle Recycling in Korea, „International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology”, Vol. 1, No. 1, 2014, p. 49-57
19. Passarini F., Ciacci L., Santini A., Vassura I., Morselli L.: Aluminium flows in vehicles: enhancing the recovery at end-of-life, „Journal of Material Cycles and Waste Management”, Vol. 16, 2014, p. 39-45
20. Rahman S, Subramanian N.: Factors for implementing end-of-life computer recycling operations in reverse supply chains, „International Journal of Production Economics”, Vol. 140, 2012, p. 239-248
21. Sakai S., Yoshida H., Hiratsuka J., Vandecasteele C., Kohlmeyer R., Rotter V.S., Passarini F., Santini A., Peeler M., Li J., Oh G.-J., Chi N.K., Bastian L., Moore S., Kajiwara N., Takigami H., Itai T., Takahashi S., Tanabe S., Tomoda K., Hirakawa T., Hirai Y., Asari M., Yano J.: An international comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems, „Journal of Material Cycles and Waste Management”, Vol. 16, 2014, p. 1-20
22. Santini A., Morselli L., Passarini F., Vassura I., Carlo S.D., Bonino F.: End-of-Life Vehicles management: Italian material and energy recovery efficiency, „Waste Management”, Vol. 31, 2011, p. 489-494
23. Seroka-Stolka O.: The development of green logistics for implementation sustainable development strategy in companies, „Procedia – Social and Behavioral Sciences”, Vol. 151, 2014, p. 302-309
24. Simic V.: A two-stage interval-stochastic programming model for planning end-of-life vehicles allocation under uncertainty, „Resources, Conservation and Recycling”, Vol. 98, 2015, p. 19-29
25. Simic V.: Fuzzy risk explicit interval linear programming model for end-of-life vehicle recycling planning in the EU, „Waste Management”, Vol. 35, 2015, p. 265-282
26. Starostka-Patyk M.: Przegląd barier dla skutecznego wdrażania procesów logistyki odwrotnej w przedsiębiorstwach, „Logistyka”, nr 6, 2012, s. 281-284
27. Strzała K.: Panelowe testy stacjonarności – możliwości i ograniczenia, „Przegląd Statystyczny”, Zeszyt 1, 2009, s. 56-73
28. Szajt M.: Działalność badawczo-rozwojowa w kształtowaniu aktywności innowacyjnej w Unii Europejskiej, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2010
29. Tian J., Chen M.: Sustainable design for automotive products: Dismantling and recycling of end-of-life vehicles, „Waste Management”, Vol. 34, 2014, p. 458-467
30. Vermeulen I., Van Caneghem J., Block C., Baeyens J., Vandecasteele C.: Automotive shredder residue (ASR): Reviewing its production from end-of-life vehicles (ELVs) and its recycling, energy or chemicals' valorization, „Journal of Hazardous Materials”, Vol. 190, 2011, p. 8-27

31. Wang J., Chen M.: Recycling of Electronic Control Units from End-of-Life Vehicles in China, „JOM”, Vol. 63, No. 8, 2011, p. 42-47
32. Wang L., Chen M.: End-of-Life Vehicle Dismantling and Recycling Enterprises: Developing Directions in China. „JOM”, Vol. 65, No. 8, 2013, p. 1015-1020
33. Zhang H., Chen M.: Current recycling regulations and technologies for the typical plastic components of end-of-life passenger vehicles: a meaningful lesson for China, „Journal of Material Cycles and Waste Management”, Vol. 16, 2014, p. 187-200
34. Zorpas A.A., Inglezakis V.J.: Automotive industry challenges in meeting EU 2015 environmental standard, „Technology in Society”, Vol. 34, 2012, p. 55-83
35. <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

Abstract

The increase in the mass and number of end-of-life vehicles directly contributes to the recovery rate. The analysis shows that the number and mass of end-of-life vehicles are influenced by the same factors: average income in the society allowing to make ends meet and the number of new passenger cars registered in a given year. The influence of both variables is positive, which is a natural aftermath of the economic growth and a better standard of living. The most significant influence of individual factors on the number of end-of-life vehicles and their recovery rate is observed in the following countries: Germany, Norway, France. Apart from strict environmental protection regulations, the countries are also characterized by a developed ecological awareness among citizens. The application of a uniform methodology to the analysis of the recovery rates in the mentioned countries indicates there is a need for systemic and global solutions.