

Elżbieta Szaruga*

WERYFIKACJA ZALEŻNOŚCI PRZYCZYNOWO-SKUTKOWYCH
POMIĘDZY ENERGOCHŁONNOŚCIĄ TRANSPORTU SAMOCHODOWEGO
A TRANSPORTOCHŁONNOŚCIĄ I POZIOMEM PODATKÓW PALIWOWYCH
W POLSCE

Artykuł poświęcono problematyce powiązań przyczynowo-skutkowych energochłonności transportu samochodowego z transportochłonnością i poziomem podatków paliwowych. Składa się on z dwóch części, w pierwszej omówiono modele innych badaczy, koncentrujących się na podejściu VAR i VECM. W drugiej części przedstawiono analizę empiryczną za pomocą modelu VECM, dokonano identyfikacji podstawowych zależności pomiędzy omawianymi kategoriami, określono współwystępowanie tendencji dla omawianych zmiennych. Ponadto użyto test ADF oraz test śladu Johansena do określenia stacjonarności i rzędu kointegracji. W wyniku przeprowadzonych badań, znaleziono dwukierunkową zależność pomiędzy energochłonnością transportu samochodowego a transportochłonnością oraz jednokierunkową zależność pomiędzy poziomem podatków a energochłonnością lub transportochłonnością.

Słowa kluczowe: energochłonność transportu samochodowego, transportochłonność, podatki paliwowe, test śladu Johansena, VECM

Wstęp

Energochłonność transportu samochodowego stanowi kluczową kwestię w kontekście wyzwań zrównoważonego rozwoju państwa i polityki dekarbonizacji

* mgr Elżbieta Szaruga – Katedra Metod Ilościowych Wydziału Zarządzania i Ekonomiki Usług, Uniwersytet Szczeciński.

transportu samochodowego. Wskaźnik ten jest miarą odniesienia do oceny stopnia zrównoważonego rozwoju energetycznego transportu. Ocena ta wymaga jednak identyfikacji związków przyczynowo-skutkowych (kierunkowości powiązań zachodzących między danymi kategoriami ekonomicznymi), dzięki czemu można określić zarówno determinanty, jak i skutki energochłonności transportu samochodowego. Takie podejście, bazujące na znalezieniu powiązań i określeniu ich kierunkowości, ma swoje implikacje dla teoretyków, praktyków oraz regulatorów.

W literaturze można spotkać wiele różnych podejść do zagadnienia powiązań energochłonności z innymi czynnikami (kategoriami ekonomicznymi), wśród których szerokie zastosowanie ma analiza kointegracji i przyczynowości oparta na modelu VEC lub VAR.

W artykule poruszono zagadnienie powiązań pomiędzy energochłonnością transportu samochodowego a transportochłonnością i poziomem podatków. Analiza porównawcza szeregów czasowych dostarcza wniosków na temat występowania pewnych tendencji, niestety nie wskazuje na występowanie zależności przyczynowo-skutkowych, ani nie identyfikuje kierunków tych powiązań. Należy podkreślić, że dzięki analizie przyczynowości można zidentyfikować nie tylko przyczyny i skutki, ale również sprzężenia zwrotne pomiędzy danymi zmiennymi, czego nie można wyprowadzić z analizy szeregów czasowych czy współczynników korelacji.

Artykuł składa się z dwóch części – w pierwszej dokonano przeglądu literatury, w której centralną częścią są osiągnięcia w specyfikacji modeli opartych na podejściu VAR i VECM oraz przyczynowości w sensie Grangera. W drugiej części artykułu dokonano empirycznej analizy, w której wykorzystano test ADF, test kointegracji Johansena, system SER oraz podejście bazujące na modelu VEC (VECM). Analizę przeprowadzono na przykładzie Polski (lata 2000–2012) – dane roczne pochodziły z bazy Eurostat oraz OECD Stats.

Głównym celem artykułu jest weryfikacja i określenie kierunków zależności przyczynowo-skutkowych pomiędzy energochłonnością a transportochłonnością i poziomem podatków paliwowych.

1. Przegląd literatury

Od wielu dekad dyskutuje się na temat zależności w transporcie, czego potwierdzeniem jest szeroka skala prowadzonych badań przez naukowców, zarówno w wymiarze czasowym, jak i przestrzennym. Badania oparte są na różnych

podejściach badawczych, jednak na szczególnie zainteresowanie zasługują studia badawcze, koncentrujące się wokół metod bazujących na teście Grangera (*Vector Auto Regression Model* oraz *Vector Error Correction Model*), modelu *Environmental Kuznets Curve*, analizie dekompozycyjnej czy analizie scenariuszy.

Wśród interesujących prac, w których zbadano zależność pomiędzy transportem a PKB, wykorzystując test przyczynowości Grangera jest praca Mehmeta Aldonata Beyzatlara, Müge'a Karacala i Hakana Yetkinera. Analizę tę przeprowadzono na przykładzie krajów należących do EU15 i obejmuje lata 1970–2008. W wyniku przeprowadzonego badania, znaleziono dwukierunkową zależność pomiędzy PKB *per capita* a transportem lądowym ładunków (w tkm) *per capita*. Poza tą zależnością zweryfikowano również związek pomiędzy PKB *per capita* a transportem lądowym osób (w pkm) *per capita* oraz PKB *per capita* a zużyciem benzyny przez transport samochodowy (w kgoe¹) *per capita*. Okazało się, że zależność pomiędzy PKB a transportem lądowym osób była nieistotna statystycznie. Ponadto, dla 6 z 15 krajów wyniki przyczynowości Grangera były podobne dla relacji PKB – transport lądowy ładunków oraz dla relacji PKB – zużycie benzyny przez transport samochodowy. Różnice dla 9 pozostałych państw – to jest 60% z 15 badanych krajów – uzasadniono ograniczonością odzwierciedlenia roli transportu w gospodarce za pomocą wskaźnika zużycia energii przez transport samochodowy w przeliczeniu na głowę. Główny wniosek wyprowadzony z badania sprowadzał się jednak do istnienia powiązania między poziomem rozwoju ekonomicznego a transportem².

Brantley Liddle i Sydney Lung skoncentrowali się natomiast wyłącznie na długoterminowej zależności przyczynowej między zużyciem energii przez transport a PKB, analizę przeprowadzając na przykładzie 107 krajów w latach 1971–2009. Analiza obejmowała trzy panele: pierwszy skupiał 40 krajów o wysokim poziomie PKB, drugi – 39 krajów o średnim poziomie PKB, a trzeci – 28 krajów o niskim poziomie PKB. Na podstawie empirycznych badań ustalono kierunek zależności: od PKB *per capita* do zużycia energii przez transport *per capita*³.

Szeroki zakres badań prezentują również Khaled Ben Abdallah, Mo-unir Belloumi oraz Daniel De Wolf, przedstawiając wieloczynnikową analizę

¹ kgoe – kilogram ekwiwalentu ropy naftowej.

² M.A. Beyzatlar, M. Karacal, H. Yetkiner, *Granger causality between transportation and GDP: A panel data approach*, „Transportation Research Part A” 2014, vol. 63, s. 43–55.

³ B. Liddle, S. Lung, *The long-run causal relationship between transport energy consumption and GDP: Evidence from heterogeneous panel methods robust to cross-sectional dependence*, „Economics Letters” 2013, vol. 121, s. 524–527.

kointegracji i przyczynowości tunezyjskiego transportu samochodowego (okres 1980–2010). Analizie poddano wskaźniki zrównoważonego rozwoju w relacji do zużycia energii przez transport samochodowy. Dostrzeżono wzajemne powiązania między wartością dodaną z transportu, zużyciem energii przez transport, infrastrukturą transportu oraz emisjami dwutlenku węgla. Poza badaniem przyczynowości długoterminowej, autorzy poddali weryfikacji hipotezę EKC (*Environmental Kuznets Curve*)⁴.

W podobnym tonie przedstawiono studia badawcze dotyczące wpływu zużycia energii przez transport, bezpośrednich inwestycji zagranicznymi (BIZ) oraz dochodu na emisje dwutlenku węgla na przykładzie gospodarek należących do ASEAN-5. W badaniu wykorzystano metodę kointegracji oraz przyczynowości Grangera, jak również zweryfikowano hipotezę EKC. W wyniku przeprowadzonych testów, stwierdzono, że szeregi czasowe emisji dwutlenku węgla oraz zużycia energii przez transport, BIZu a także PKB są skointegrowane wyłącznie dla Indonezji, Malezji oraz Tajlandii, stąd zasadne było wykorzystanie testu przyczynowości Grangera, bazującego na VECM. Natomiast z uwagi na stacjonarność szeregów dla Filipin i Singapuru, użyto testu przyczynowości Grangera, opartego na podejściu VAR, w związku z czym, otrzymane wnioski nie są jednorodnie w całej próbie krajów ASEAN-5. Zweryfikowano dwukierunkową i długookresową zależność między wzrostem gospodarczym a emisjami dwutlenku węgla dla Indonezji oraz Tajlandii, natomiast dla Malezji ta zależność była jednokierunkowa – wzrost gospodarczy przyczyniał się do wzrostu emisji dwutlenku węgla. Poza tym jedynie w Malezji można potwierdzić istnienie dwukierunkowej zależności między wzrostem gospodarczym a zużyciem energii przez transport, przy czym istniała również jednokierunkowa zależność od zużycia energii przez transport do wzrostu gospodarczego (przypadek Indonezji i Tajlandii). Poza związkami długookresowego oddziaływania, przeanalizowano również relacje krótkookresowe, wśród których na istotną uwagę zasługuje dwukierunkowa zależność pomiędzy zużyciem energii przez transport i PKB (w Malezji), jednokierunkowa zależność od zużycia energii przez transport do PKB (w Indonezji) i odwrotnej zależności (w Singapurze)⁵.

⁴ K.B. Abdallah, M. Belloumi, D. De Wolf, *Indicators for sustainable energy development: A multivariate cointegration and causality analysis from Tunisian road transport sector*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2013, vol. 25, s. 34–43.

⁵ V.G.R. Chandran, C.F. Tang, *The impacts of transport energy consumption, foreign direct investment and income on CO₂ emissions in ASEAN-5 economies*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2013, vol. 24, s. 445–453.

Na uwagę zasługuje także analiza popytu na kolejowy transport ładunków przeprowadzona przez Alberta Wijeweera'ę, Honga To oraz Michaela Charlesa na przykładzie Australii. Autorzy posłużyli się modelem VAR (*Vector Auto Regression*) do zweryfikowania wpływu kursu walutowego, stawek frachtowych oraz aktywności makroekonomicznej na popyt na kolejowy transport ładunków niemasywowych. Oprócz tego przeprowadzili analizę funkcji odpowiedzi na impuls, tak zwaną IRF (*Impulse Response Function*) oraz analizę dekompozycji wariancji. W konkluzji autorzy zwrócili uwagę na wpływu wahań kursu dolara australijskiego na popyt kolejowego transportu ładunków niemasywowych, co oznacza, że handel międzynarodowy oddziałuje na popyt na transport ładunków. Ponadto badacze podkreślili, że najsilniejszą dominantą popytu na kolejowy transport ładunków niemasywowych jest stawka frachtowa⁶.

Mudit Kulshrestha, Barnali Nag i Mukula Kulshrestha przedstawili podobne badania, które dotyczyły wieloczynnikowego modelu zapotrzebowania na transport ładunków na przykładzie indyjskich kolei, opartego na VAR. Zakres badania obejmował lata 1960–1995 (dane roczne) i uwzględniał takie zmienne, jak: praca przewozowa (w mln tkm), produkt krajowy brutto (w cenach z 1980–1981), wskaźnik cen (stawka pobierana za TKM w stosunku do cen hurtowych wszystkich towarów), liczba zarejestrowanych pojazdów ciężarowych (w tys.). Zweryfikowano długookresową dwukierunkową zależność między wzrostem gospodarczym a popytem na transport ładunków, uznając, że wzrost gospodarczy jest fundamentalnym czynnikiem kreującym popyt na transport ładunków, a popyt na transport ładunków jest kluczową determinantą wzrostu gospodarczego. Ponadto zauważono niską elastyczność cenową popytu na transport ładunków, która wynika z braku alternatywnych sposobów przewozów węgla luzem na duże odległości oraz przesunięciem przewozów ładunków niemasywowych na transport samochodowy, dzięki czemu można świadczyć usługi *door-to-door*⁷.

Obok zaprezentowanych badań, należy podkreślić, że istotny wkład badawczy w dziedzinie badań nad problematyką estymacji popytu na ropę oraz nad racjonalizacją zużycia ropy (paliw ropopochodnych) w transporcie samochodowym zaprezentowali Boqiang Lin oraz Chunping Xie. Zaadaptowali oni podejście bazujące na modelu kointegrujących zależności – VAR i VECM (*Vector*

⁶ A. Wijeweera, H. To, M. Charles, *An empirical analysis of Australian freight rail demand*, „Economic Analysis and Policy” 2014, vol. 44, s. 21–29.

⁷ M. Kulshrestha, B. Nag, M. Kulshrestha, *A multivariate cointegrating vector autoregressive model of freight transport demand: evidence from Indian railways*, „Transportation Research Part A” 2001, vol. 35, s. 29–45.

Error Correction Model). Do estymacji zużycia ropy przez transport samochodowy włączono takie czynniki jak: PKB (według autorów odzwierciedla on rozwój ekonomiczny⁸), udział długości (milażu) autostrad klasyfikowanych względem jakości w pięciu grupach do długości (milażu) autostrad ogółem (klasyfikowanych i nieklasyfikowanych) – wskaźnik ten odzwierciedla stan dróg, średnioroczny poziom produktywności pracy w przemyśle motoryzacyjnym – miara ta reprezentuje techniczny poziom przemysłu motoryzacyjnego oraz indeks cen producentów (PPI) produktów naftowych, który ilustruje poziom cen ropy naftowej. Badanie przeprowadzono na przykładzie Chin. Weryfikacja zależności pomiędzy zużyciem ropy naftowej przez transport a jej determinantami potwierdziła istnienie zależności długoterminowej, przy czym PKB wywierał największy wpływ na zużycie ropy naftowej, a poziom cen ropy naftowej – najmniejszy. Autorzy dokonali także porównań scenariuszy potencjalnie zaoszczędzonej energii w przyszłości oraz przedstawili analizę ryzyka na podstawie metody Monte Carlo⁹.

Rozważania na temat długookresowej relacji pomiędzy popytem na benzynę, ceną benzyny, dochodem oraz poziomem motoryzacji indywidualnej na przykładzie krajów należących do OECD zostały przedstawione przez Brantley Liddle. Na podstawie testu przyczynowości Grangera stwierdzono, że w długim okresie cena benzyny, dochód oraz poziom motoryzacji indywidualnej są przyczynami zużycia energii przez transport w sensie Grangera, ale w krótkim okresie wyłącznie cena benzyny oddziałuje na zużycie energii przez transport¹⁰.

Na podstawie przeanalizowanej literatury, w której zawarto interesujące studia empiryczne, autorka poddała badaniu powiązania przyczynowo-skutkowe energochłonności transportu samochodowego z innymi kategoriami ekonomicznymi, takimi jak: transportochłonnością oraz poziomem podatków paliwowych. Analizę przeprowadzono na przykładzie Polski i obejmuje lata 2000–2012. Do badania wykorzystano dane wtórne, pochodzące z bazy danych Eurostatu i OECD, a analizę wykonano na podstawie podejścia VECM.

⁸ Należy pamiętać, że PKB nie jest idealnym wskaźnikiem odzwierciedlającym rozwój ekonomiczny, co najwyżej wzrost ekonomiczny, ponieważ jego konstrukcja jest niedoskonała a ponadto nie uwzględnia wielu innych sfer społeczno-gospodarczych mających zasadniczy wpływ na rozwój ekonomiczny.

⁹ B. Lin, C. Xie, *Estimation on oil demand and oil saving potential of China's road transport sector*, „Energy Policy” 2013, vol. 61, s. 472–482.

¹⁰ B. Liddle, *The systemic, long-run relation among gasoline demand, gasoline price, income, and vehicle ownership in OECD countries: Evidence from panel cointegration and causality modeling*, „Transportation Research Part D” 2012, vol. 17, s. 327–331.

2. Analiza zależności między energochłonnością transportu samochodowego a transportochłonnością, podatkami paliwowymi

Przyjęto za zmienne reprezentacyjne następujące wskaźniki/mierniki:

- ENT – energochłonność transportu samochodowego, która jest wyrażona jako relacja zużycia energii przez transport samochodowy do PKB (w kgoe/euro),
- TTKM – transportochłonność dla przewozów ładunków, która jest wyrażona jako relacja pracy przewozowej¹¹ do PKB (tkm/euro),
- FT – poziom podatku paliwowego (euro/litr).

W tabeli 1 zaprezentowano szeregi czasowe omawianych kategorii (dane roczne) dla Polski.

Tabela 1

Szeregi czasowe energochłonności transportu samochodowego, transportochłonności, podatków paliwowych dla Polski (lata 2000–2012)

Lata	ENT	TTKM	FT
2000	0,0483	0,4025	0,220
2001	0,0421	0,3636	0,280
2002	0,0412	0,3822	0,296*
2003	0,0490	0,4472	0,307*
2004	0,0520	0,5393	0,320
2005	0,0466	0,4891	0,330
2006	0,0462	0,4992	0,330
2007	0,0446	0,5086	0,360
2008	0,0401	0,4790	0,360
2009	0,0472	0,6085	0,373*
2010	0,0436	0,5953	0,384*
2011	0,0421	0,5806	0,395*
2012	0,0394	0,6042	0,390

* kalkulacja własna, wartości estymowane na podstawie obserwacji z lat 2004–2008.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat, <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>; OECD Stats, <https://stats.oecd.org> (dostęp 22.05.2015).

Jak wynika z danych zaprezentowanych w tabeli 1, energochłonność transportu samochodowego w latach 2000–2012 sukcesywnie spadała. W tym samym okresie transportochłonność oraz poziomu podatków paliwowych rosły. Należy

¹¹ Badanie popytu ograniczono tylko do transportu samochodowego.

jednak przestrzec przed wyciąganiem przedwczesnych wniosków na temat zależności przyczynowo-skutkowych z analizy porównawczej szeregów czasowych. Wzrost podatków paliwowych czy wzrost transportochłonności nie musiał bowiem powodować spadku energochłonności. Podobnie analiza współczynników korelacji oraz wartości krytycznych nie dostarcza informacji na temat zależności przyczynowo-skutkowych, co najwyżej może świadczyć o współwystępowaniu pewnych tendencji.

Przy badaniu szeregów czasowych, jak już wcześniej wspomniano, istotna jest analiza zależności przyczynowych, którą należy poprzedzić badaniem stacjonarności szeregów za pomocą testu ADF i rzędu kointegracji za pomocą testu śladu Johansena. Wstępne badanie za pomocą testu ADF, wykazało, że należy transformować zmienne poprzez zlogarytmowanie, a następnie poprzez użycie pierwszych różnic. Wyniki testu ADF dla transformowanych zmiennych przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Wyniki testu ADF

Poziom	Wyraz wolny	Wyraz wolny i trend
L_ENT	-1,8914 (0)	-3,7076 (1) **
L_TTKM	-2,1960 (0)	-3,1693 (2) *
L_FT	-1,9097 (2)	-1,2490 (0)
Pierwsza różnica	Wyraz wolny	Wyraz wolny i trend
L_ENT	-3,3027 (0) **	-3,8127 (0) **
L_TTKM	-3,2332 (0) **	-3,2986 (0) *
L_FT	-4,0431 (0) ***	-4,5906 (1) ***

W nawiasach podano optymalny rząd opóźnienia

*, **, *** – istotność na poziomie odpowiednio: poniżej 10%, 5%, 1%

Źródło: opracowanie własne na podstawie tabeli 1.

Do zbadania stacjonarności za pomocą testu ADF użyto dwóch specyfikacji: pierwsza uwzględnia występowanie wyrazu wolnego, a druga – wyrazu wolnego i trendu. Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 2, można zauważyć, że nie można odrzucić hipotezy zerowej, mówiącej o występowaniu pierwiastka jednostkowego dla przyjętych poziomów zmiennych. Po przyjęciu pierwszych różnic jednak, wyniki testu ADF pozwalają na odrzucenie hipotezy zerowej zakładającej występowanie pierwiastka jednostkowego, zatem wyniki

wskazują na niestacjonarność szeregów czasowych i integrację pierwszego rzędu lub I(1). W tabeli 3 zaprezentowano wyniki testu śladu Johansena.

Tabela 3

Wyniki testu śladu Johansena

Rząd	LR	Wartość p	90%	95%	99%
0	54,32	0,0001	32,25	35,07	40,78
1	19,24	0,0607	17,98	20,16	24,69
2	7,36	0,1130	7,60	9,14	12,53

Źródło: opracowanie własne na podstawie tabeli 1 i 2.

Wyniki testu śladu Johansena przedstawione w tabeli 3, wskazują na występowanie jednej relacji kointegrującej pomiędzy energochłonnością transportu samochodowego, transportochłonnością oraz poziomem podatków paliwowych. Dla zestawienia tych wartości w tabeli 4 przedstawiono równanie kointegrujące.

Tabela 4

Równanie kointegrujące – zmienna zależna L_ENT

Wyszczególnienie	Współczynnik	Błąd standardowy	t-Studenta	Wartość p
CONST	-3,45019	0,142873	-24,15	3,38E-10 ***
L_TTKM	0,48036	0,19591	2,452	0,0341 **
L_FT	-0,614507	0,208678	-2,945	0,0147 **

*, **, *** – istotność na poziomie odpowiednio: poniżej 10%, 5%, 1%

Źródło: opracowanie własne na podstawie tabeli 1.

Jak wynika z danych zawartych w tabeli 4, transportochłonność oraz poziom podatków paliwowych istotnie wpływał na energochłonność transportu samochodowego. Wzrost transportochłonności o 1% był powiązany ze wzrostem energochłonności o 0,48%, natomiast wzrost poziomu podatków paliwowych o 1% był powiązany ze spadkiem energochłonności o 0,062%. Oba wskaźniki elastyczności są zatem na niskim poziomie.

Kolejną niezwykle istotną kwestią jest specyfikacja modelu VEC dwuetapową procedurą (pierwsza uwzględnia podejście Johansena, druga – EGLS) oraz nałożenie restrykcji systemem SER. Nałożone restrykcje przedstawiono w wersji macierzowej, gdzie 0 oznacza wykluczenie z modelu, a * włączenie do modelu.

$$\begin{bmatrix} \Delta L_ENT(t) \\ \Delta L_FT(t) \\ \Delta L_TTKM(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} * \\ * \\ * \end{bmatrix} [ec1(t-1)] + \begin{bmatrix} 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 \\ * & * & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta L_ENT(t-1) \\ \Delta L_FT(t-1) \\ \Delta L_TTKM(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} * \\ 0 \\ * \end{bmatrix} [CONST]$$

Wyniki estymacji modelu VEC¹² dwuetapową procedurą przedstawiono w tabeli 5, uwzględniając powyższe restrykcje.

Tabela 5

Wyniki estymacji modelu VEC

Wyszczególnienie	ΔL_ENT	ΔL_FT	ΔL_TTKM
$\Delta L_ENT(t-1)$	–	–	0,450 (0,006) ***
$\Delta L_FT(t-1)$	-1,227 (0,000) ***	–	-1,087 (0,001) ***
$\Delta L_TTKM(t-1)$	0,318 (0,001) ***	–	–
CONST	-5,034 (0,000) ***	–	-4,767 (0,000) ***
$ec1(t-1)$	-1,276 (0,000) ***	-0,008 (0,000) ***	-1,225 (0,000) ***

W nawiasach podano wartości p: *, **, *** – istotność na poziomie odpowiednio poniżej 10%, 5% i 1%

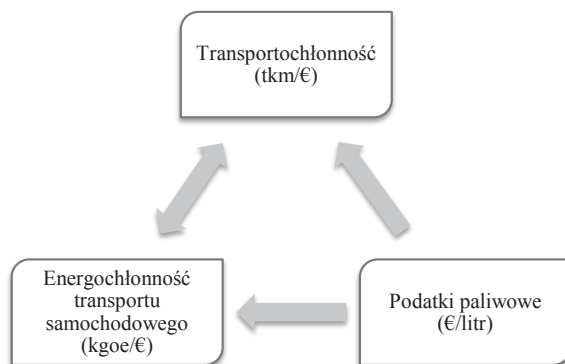
Źródło: opracowanie własne na podstawie tabeli 1.

Wyniki estymacji modelu VEC zaprezentowane w tabeli 5 sugerują występowanie długoterminowych zależności pomiędzy energochłonnością transportu samochodowego a transportochłonnością i poziomem podatków paliwowych oraz występowanie długoterminowej zależności między transportochłonnością a energochłonnością i poziomem podatków paliwowych. Opisaną zależność pomiędzy zmiennymi, ustaloną za pomocą modelu VEC można przedstawić wizualnie (rys. 1).

Podsumowując przeprowadzone badanie można stwierdzić, że między energochłonnością transportu samochodowego a transportochłonnością występowała zależność dwukierunkowa. Natomiast między energochłonnością a podatkami paliwowymi oraz między transportochłonnością a podatkami paliwowymi – jednokierunkowa od podatków do energochłonności lub transportochłonności, co oznacza, że podatki paliwowe są determinantą długiego oddziaływania na

¹² Model przeszedł weryfikację testem Doornika-Hansena, testem ARCH-LM, testem LM-TYPE, testem Jacque-Bera. Wyniki testów przekonują, że model ma własności pożądane i jest poprawny. Szczegółowa prezentacja wyników przeprowadzonych testów dla modelu została pominięta w artykule.

energochłonność i transportochłonność, między tymi dwoma ostatnimi kategoriami zachodzi sprzężenie zwrotne o charakterze długoterminowym.



Rys. 1. Zależności pomiędzy energochłonnością transportu samochodowego, transportochłonnością a podatkami paliwowymi

Źródło: opracowanie własne.

Wnioski

Doświadczenia innych badaczy, w określeniu kierunków zależności pomiędzy transportem a innymi dziedzinami społeczno-gospodarczymi, są bardzo bogate i stanowią istotną bazę dla nowych studiów empirycznych, szczególnie na przykładzie krajów, w których takich analiz dotychczas nie przeprowadzono. Analizy były również ważnym punktem odniesienia dla badań przeprowadzonych przez autorkę na przykładzie Polski dla lat 2000–2011.

W wyniku przeprowadzonych analiz uzyskano odpowiedź na temat kształtowania się zależności w transporcie pomiędzy trzema zmiennymi, takimi jak: energochłonność transportu samochodowego, transportochłonność oraz poziomem podatków paliwowych. Zakres czasowy był zbyt krótki, w związku z czym do modelu nie było można włączyć dodatkowych regresorów, na przykład trendu (ograniczonego lub nieograniczonego), co też miało swój wpływ na otrzymane wyniki.

Otrzymany obraz relacji pomiędzy omawianymi kategoriami ekonomicznymi jest istotny dla budowy scenariuszy, niezbędnych do racjonalizacji energochłonności transportu samochodowego.

Bibliografia

- Abdallah K.B., Belloumi M., De Wolf D., *Indicators for sustainable energy development: A multivariate cointegration and causality analysis from Tunisian road transport sector*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2013, vol. 25.
- Beyzatlar M.A., Karacal M., Yetkiner H., *Granger-causality between transportation and GDP: A panel data approach*, „Transportation Research Part A” 2014, vol. 63.
- Chandran V.G.R., Tang C.F., *The impacts of transport energy consumption, foreign direct investment and income on CO₂ emissions in ASEAN-5 economies*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2013, vol. 24.
- Eurostat <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.
- Kulshreshtha M., Nag B., Kulshreshtha M., *A multivariate cointegrating vector autoregressive model of freight transport demand: evidence from Indian railways*, „Transportation Research Part A” 2001, vol. 35.
- Liddle B., Lung S., *The long-run causal relationship between transport energy consumption and GDP: Evidence from heterogeneous panel methods robust to cross-sectional dependence*, „Economics Letters” 2013, vol. 121.
- Liddle B., *The systemic, long-run relations among gasoline demand, gasoline price, income, and vehicle ownership in OECD countries: Evidence from panel cointegration and causality modeling*, „Transportation Research Part D” 2012, vol. 17.
- Lin B., Xie C., *Estimation on oil demand and oil saving potential of China’s road transport sector*, „Energy Policy” 2013, vol. 61.
- OECD Stats, <https://stats.oecd.org>.
- Wijeweera A., To H., Charles M., *An empirical analysis of Australian freight rail demand*, „Economic Analysis and Policy” 2014, vol. 44.