

Paulina Stachura

Uniwersytet Warszawski

e-mail: pstachura@wne.uw.edu.pl

**ANALIZA DEKOMPOZYCYJNA INDEKSU
EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ ODEX
DLA POLSKI W LATACH 2000-2014**

**ODEX ENERGY EFFICIENCY INDEX
DECOMPOSITION ANALYSIS FOR POLAND
FROM 2000 TO 2014**

DOI: 10.15611/pn.2017.491.32

JEL Classification: O13, Q40, Q56

Streszczenie: Zwiększenie efektywności energetycznej wywołuje znaczne oszczędności finansowe przy jednoczesnych korzyściach dla środowiska, biznesu, gospodarstw domowych i transportu. Indeks efektywności energetycznej ODEX został opracowany w ramach programu Unii Europejskiej ODYSSEE-MURE i jest corocznie publikowany dla 28 krajów członkowskich UE oraz Norwegii. Celem projektu jest stała obserwacja zużycia energii i zmian efektywności energetycznej w związku z realizacją celów wynikających z unijnej polityki energetycznej. W artykule przeprowadzono analizę dekompozycyjną indeksu ODEX dla Polski na poziomie wszystkich uwzględnionych w indeksie podsektorów i użytkowników końcowych. Celem badania jest określenie głównych czynników poprawy efektywności energetycznej gospodarki Polski w latach 2000-2014 oraz identyfikacja obszarów, w których wciąż istnieje potencjał do dalszej redukcji zużycia energii.

Słowa kluczowe: efektywność energetyczna, analiza dekompozycyjna, ODEX, zużycie energii, wskaźniki.

Summary: Energy efficiency generates substantial financial savings while at the same time improving environmental, business, home, and transport benefit. The ODEX energy efficiency index was developed under the EU ODYSSEE-MURE program and is published annually for the 28 EU countries and Norway. The project aims at monitoring energy efficiency trends and measures in Europe in relation to the achievement of the EU energy policy objectives. In this paper the index decomposition analysis of the ODEX indicator is carried out for Poland at the level of each end-use or sub-sector. The aim of the study is to recognize the main factors of the energy efficiency improvement of the Polish economy in the years 2000-2014 and to identify areas where there is still potential for further reduction of energy consumption.

Keywords: energy efficiency, index decomposition analysis, ODEX, energy use, indicators.

1. Wstęp

Efektywność energetyczna zapewnia zarówno korzyści finansowe, jak i środowiskowe oraz w zakresie bezpieczeństwa energetycznego. Na szczeblu międzynarodowym i europejskim wprowadza się liczne zmiany w przepisach prawa, w których podkreśla się znaczenie efektywności energetycznej w ograniczaniu zużycia energii i emisji CO₂. Ogłoszone w 2015 r. przez ONZ nowe Cele Trwałego Rozwoju na lata 2016-2030 wyznaczyły m.in. cel poprawy efektywności energetycznej o 27% (względem 1990 r.).

W świetle wdrażania nowej polityki energetycznej istotne jest zdefiniowanie pojęcia efektywności energetycznej oraz odpowiedni dobór narzędzi do monitorowania postępów. Zadaniem wskaźników jest ocena osiągniętych wyników, stopnia realizacji celów, a także umożliwienie przeprowadzenia międzynarodowych statystyk porównawczych.

Indeks efektywności energetycznej ODEX jest publikowany corocznie przez Europejską Agencję Środowiska. Wskaźnik został opracowany w ramach programu Unii Europejskiej ODYSSEE-MURE, w którym uczestniczy 28 krajów członkowskich UE oraz Norwegia, do monitorowania indykatorywnych celów w zakresie polityki energetycznej wprowadzonych dyrektywą 2006/32/WE. Celem projektu jest stała obserwacja zmian w zużyciu energii przy zastosowaniu dwóch komplementarnych baz danych: ODYSSEE, dotyczącej efektywności energetycznej i emisji CO₂, oraz MURE w zakresie działań podjętych na rzecz ograniczania zużycia energii.

W niniejszym artykule przeprowadzono analizę dekompozycyjną indeksu ODEX dla Polski zarówno na poziomie głównych sektorów, jak i wszystkich uwzględnionych w indeksie podsektorów. Celem badania jest określenie głównych czynników poprawy efektywności energetycznej polskiej gospodarki w latach 2000-2014 oraz identyfikacja obszarów, które ten proces spowalniają i w których wciąż istnieje potencjał do dalszej redukcji zużycia energii.

2. Efektywność energetyczna

Jednym z głównych zagadnień literatury przedmiotu jest identyfikacja czynników wpływających na zmiany w całkowitym zużyciu energii [Ang, Zhang 2000; Liu, Ang 2007]. W niektórych publikacjach i opracowaniach statystycznych dotyczących energii pojawia się założenie, że energochłonność i efektywność energetyczna są równoważnymi miarami wydajności energetycznej gospodarki [Proskuryakova, Kovalev 2015]. Wielu autorów podkreśla różnice między tymi pojęciami, postrzegając efektywność energetyczną jako termin ekonomiczno-techniczny, a do analizy zaleca wskaźniki oparte na pomiarach w jednostkach fizycznych [Ang 2004; Farla i in. 1998; Neelis i in. 2007].

Natomiast energochłonność obliczana jako stosunek całkowitego zużycia energii do całkowitej produkcji gospodarczej w jednostce pieniężnej, np. produkt krajowy brutto jest miarą ekonomiczną lub finansową [Bosseboeuf i in. 2005]. Energochłonność jest powszechnie stosowana w krajowych i międzynarodowych statystykach. Jednakże opiera się na wielkościach pieniężnych na bardzo zagregowanym poziomie, więc pozwala na ograniczone rozumienie procesów zmian w konsumpcji energii [Farla i in. 1998; Neelis i in. 2007]. Istnieją bowiem także inne czynniki, które wpływają na całkowite zużycie energii, a nie mają związku z wydajnością, z jaką energia jest używana. Te powody mogą być strukturalne, behawioralne lub mogą wynikać ze zmian demograficznych i warunków pogodowych.

Zagregowany indeks efektywności energetycznej ODEX jest wskaźnikiem, który agreguje metodą „bottom-up” zmiany efektywności energetycznej na podstawie szczegółowych miar obliczonych dla końcowych użytkowników lub podsektorów na najbardziej szczegółowym dostępnym poziomie dezagregacji. Metodologicznie narzędzie to opiera się na analizie dekompozycyjnej indeksu, która służyła do analizy tendencji związanych z energią od lat 70. XX wieku. Zagregowany składnik, jak zużycie energii w danym sektorze, może być rozdzielony na kilka czynników decydujących o jego poziomie. W metodologii ODEX wpływ poprawy efektywności energetycznej na obserwowane wahania zużycia energii jest analitycznie oddzielony od czynników strukturalnych, behawioralnych czy klimatycznych.

3. Metodologia indeksu efektywności energetycznej ODEX

Indeks ODEX mierzy postępy w zakresie efektywności energetycznej dla całej gospodarki oraz trzech głównych sektorów, tj. przemysłu, transportu i gospodarstw domowych. Zastosowana metodologia umożliwia obliczanie wskaźnika w kilku etapach, każdy z innym poziomem agregacji. Indeks stanowi średnią ważoną wskaźników zużycia jednostkowego obliczonych dla poszczególnych podsektorów, gdzie wagi odpowiadają udziałowi danego podsektora w całkowitym zużyciu energii. Wskaźniki dla podsektorów obliczane są na podstawie zmian obserwowanych w jednostkowym zużyciu energii mierzonym jednostkami fizycznymi (np. tony stali, metry kwadratowe mieszkań). Niektóre podsektory nie są uwzględniane w kalkulacji ODEX (np. górnictwo, budownictwo, małe urządzenia elektryczne), co wynika z trudności w pozyskaniu danych. Z tego powodu zakłada się, że wszystkie te podsektory mają wzrost efektywności energetycznej równy średniej dla sektora [Enerdata 2016].

Wskaźnik ODEX jest publikowany w procentach w porównaniu z poziomem z roku 1990, czyli nie koncentruje się na wartościach bezwzględnych, ale wskazuje jedynie zmianę w porównaniu z poziomem z roku odniesienia (wartość ODEX równa 99 oznacza poprawę o 1%). Wadą tego podejścia jest to, że na wartość indeksu silnie wpływa sytuacja w roku bazowym [Lapillonne, Pollier 2011].

Indeks ODEX jest obliczany następująco:

$$\frac{I_t}{I_{t-1}} = \frac{\sum_i EC_{i,t}}{\sum_i A_{i,t} \cdot UC_{i,t-1}},$$

gdzie: $EC_{i,t}$ – zużycie energii w sektorze i w roku t ; $A_{i,t}$ – zmienna aktywności sektora i w roku t ; $UC_{i,t}$ – jednostkowe zużycie sektora i w roku t .

W powyższej formule I_t jest to wartość indeksu dla roku t , a zatem relacja I_t/I_{t-1} jest to zużycie energii w roku t podzielone przez zużycie energii, które miałyby miejsce w roku t , gdyby zużycie jednostkowe było takie jak w roku $t - 1$ [Enerdata 2016].

Indeks ODEX stara się odseparować inne czynniki wpływające na zużycie energii, jak wahania krótkoterminowe, efekty strukturalne i pogoda. Wartość indeksu zależeć będzie niewątpliwie od stopnia dezagregacji sektora – im większa dezagregacja, tym bardziej od wskaźnika zostaną odsunięte efekty strukturalne. Zapotrzebowanie na energię wiąże się ze średnimi temperaturami występującymi w analizowanym roku. W celu eliminacji tego czynnika, wszystkie dane wykorzystywane do obliczenia indeksu są w pierwszej kolejności korygowane o współczynnik klimatyczny. Trend obserwowany dla niektórych podsektorów jest często nieregularny, mimo że zmiany efektywności energetycznej powinny zachodzić łagodnie. Takie zakłócenia mogą wynikać z różnych czynników, jak np. cykle koniunkturalne, zła korekta klimatyczna lub niedoskonałości statystyk. W celu zmniejszenia fluktuacji losowych w wartości indeksu do obliczeń używane są trzyletnie średnie ruchome.

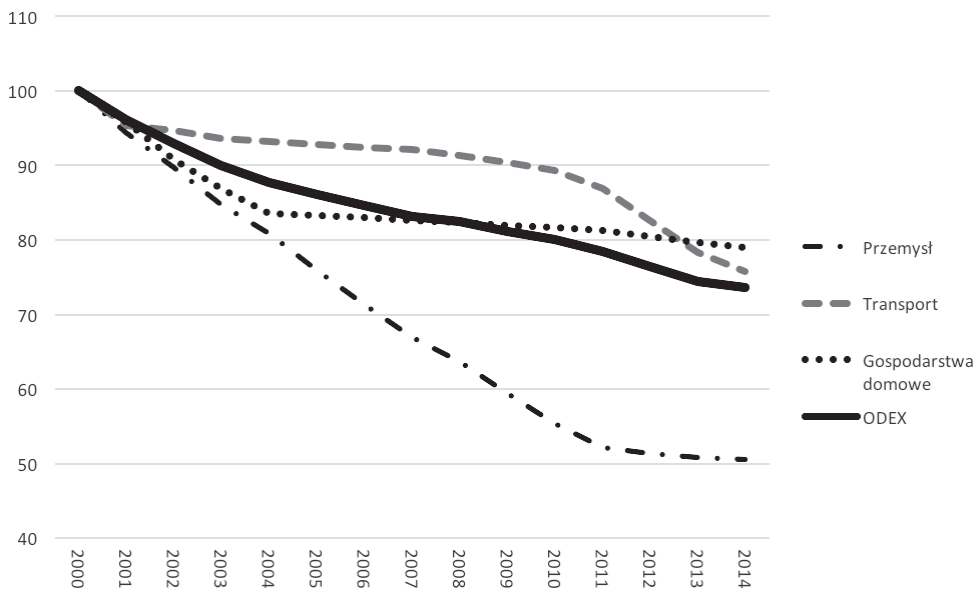
4. Dekompozycja indeksu ODEX dla Polski w latach 2000-2014

4.1. Indeks ODEX dla całej gospodarki i trzech sektorów

Indeks ODEX dla polskiej gospodarki sukcesywnie się obniżał, osiągając w roku 2014 poziom 73,6 (rok bazowy 2000). Oznacza to, że efektywność energetyczna Polski wzrosła w badanym okresie o 26,4%, przy średniej stopie 1,9% rocznie. Wszystkie sektory przyczyniły się do poprawy, przy czym największy spadek zużycia energii odnotowano w sektorze przemysłu (rys. 1).

W badanym okresie indeks ODEX dla przemysłu spadał średnio o 3,5% rocznie do poziomu 50,49 w roku 2014, co wskazuje na ogromne oszczędności energii poczynione w tym sektorze. Zużycie energii w gospodarstwach domowych oraz transporcie również się zmniejszyło, ale w znacznie mniejszym stopniu. ODEX dla transportu do 2011 r. obniżał się bardzo powoli i dopiero w ostatnich latach osiągnął wyższe tempo spadku. Ostatecznie indeks, obniżając się średnio o 1,7% rocznie, przyjął w 2014 r. wartość 75,7. Natomiast ODEX dla gospodarstw domowych po szybkim spadku w latach 2000-2004 w kolejnym okresie ulegał już nieznacznej

poprawie, osiągając ostatecznie poziom 78,9, co oznacza spadek w średnim tempie 1,5% rocznie.



Rys. 1. Indeks ODEX dla Polski (2000-2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Enerdata – ODYSSEE.

Poniżej przedstawiono wyniki analizy dekompozycyjnej indeksu ODEX dokonanej dla każdego sektora uwzględnionego w indeksie. Badanie zostało przeprowadzone w oparciu o dane udostępnione w tym celu przez Enerdata, administratora danych gromadzonych w ramach programu ODYSSEE. Na podstawie danych o zużyciu jednostkowym w poszczególnych podsektorach uwzględnionych w sektorowych indeksach ODEX obliczono trendy zmian zużycia energii, przyjmując rok 2000 jako bazowy.

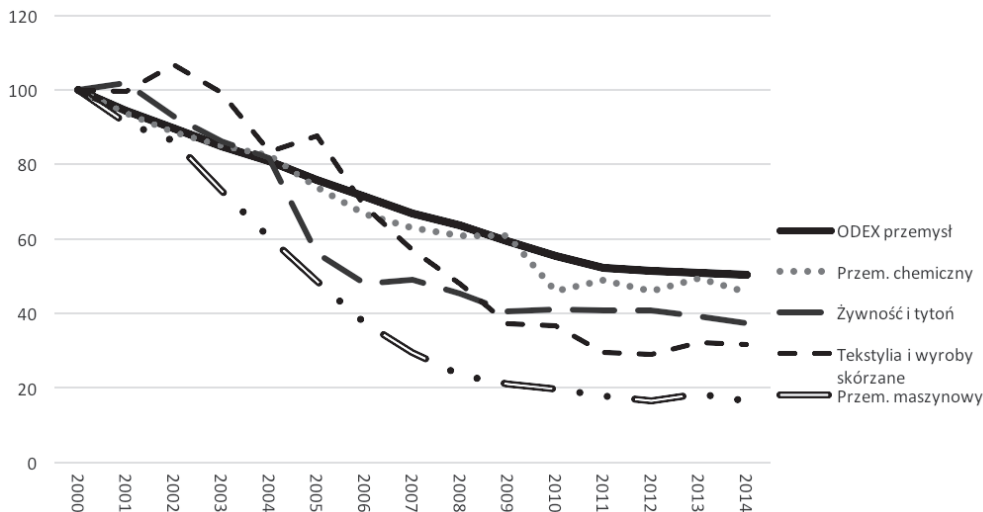
4.2. Dekompozycja indeksu ODEX dla przemysłu

Subindeks dla sektora przemysłu obliczany jest na podstawie wskaźników zużycia energii pozyskiwanych z 10 podsektorów:

- 4 główne gałęzie: chemikalia, żywność, tekstylia i wyroby skórzanе, maszyny i urządzenia;
- 3 gałęzie energochłonne: stal, cement, papier i celuloza;
- 3 dodatkowe gałęzie: inne metale nieszlachetne, inne minerały niemetaliczne, inny papierniczo-drukarski.

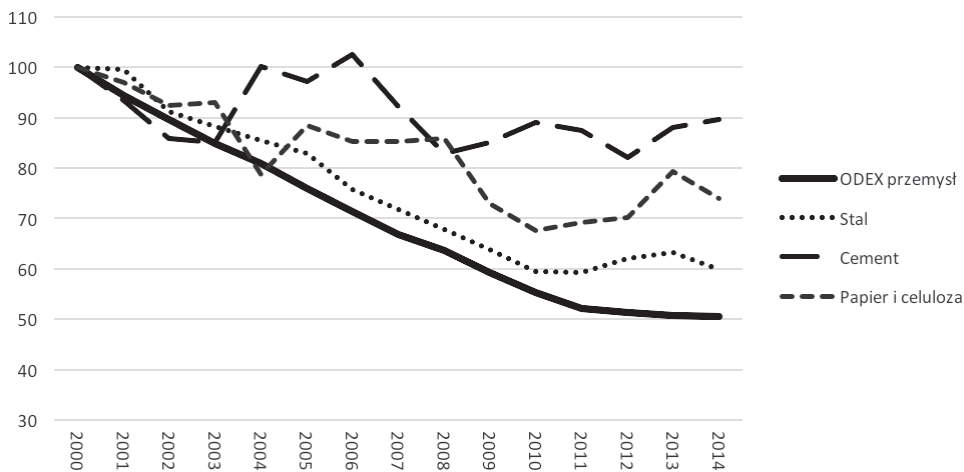
Zużycie jednostkowe wyrażone jest w energii zużytej na tonę produktu dla gałęzi energochłonnych (toe/t) oraz jako energochłonność dla pozostałych gałęzi (koe/

EUR2005p). Na tej podstawie obliczono indeks zmian zużycia energii dla każdej z gałęzi przemysłu (2000 = 100), co zostało zaprezentowane na rys. 2, 3 i 4.



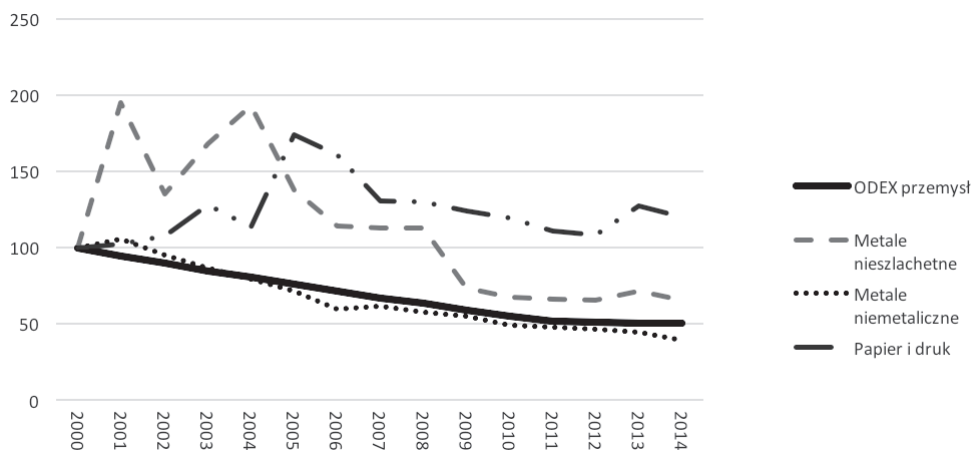
Rys. 2. Indeks zmian zużycia energii dla 4 głównych gałęzi przemysłu Polski (2000-2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Enerdata – ODYSSEE.



Rys. 3. Indeks zmian zużycia energii dla 3 gałęzi energochłonnych Polski (2000-2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Enerdata – ODYSSEE.



Rys. 4. Indeks zmian zużycia energii dla 3 dodatkowych gałęzi przemysłu Polski (2000-2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Enerdata – ODYSSEE.

Największe spadki zużycia energii odnotowano w 4 głównych gałęziach (rys. 2), tj. w przemyśle chemicznym, spożywczym, włókienniczym oraz maszynowym, co miało bezpośrednie przełożenie na bardzo duży spadek indeksu ODEX dla przemysłu. W przypadku 3 gałęzi energochłonnych (rys. 3) również obserwujemy trend spadkowy, acz w niższym tempie. Analiza 3 dodatkowych gałęzi wskazuje na spore rozbieżności (rys. 4). W przemyśle metali niemetalicznych obserwujemy stałą poprawę efektywności energetycznej, łącznie o ponad 60% w całym okresie. Natomiast przemysł papierniczo-drukarski jako jedyny nie odnotował poprawy efektywności.

Tabela 1 przedstawia wysokość oszczędności energii osiągniętych we wszystkich sektorach przemysłu w całym analizowanym okresie oraz w ujęciu średniorocznym.

Tabela 1. Oszczędności energii w przemyśle w Polsce (2000-2014)

Indeks	2000	2014	Zmiana	Zmiana/rok
ODEX przemysł	100	50,49	-49,51%	-3,54%
Przem. maszynowy	100	16,63	-83,37%	-5,96%
Tekstylna i wyroby skórzane	100	31,69	-68,31%	-4,88%
Żywność i tytoń	100	37,28	-62,72%	-4,48%
Metale niemetaliczne	100	39,38	-60,62%	-4,33%
Chemikalia	100	45,73	-54,27%	-3,88%
Stal	100	59,85	-40,15%	-2,87%
Metale nieszlachetne	100	65,62	-34,38%	-2,46%
Papier i celuloza	100	73,98	-26,02%	-1,86%
Cement	100	89,65	-10,35%	-0,74%
Papier i druk	100	120,37	20,37%	1,45%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Enerdata – ODYSSEE.

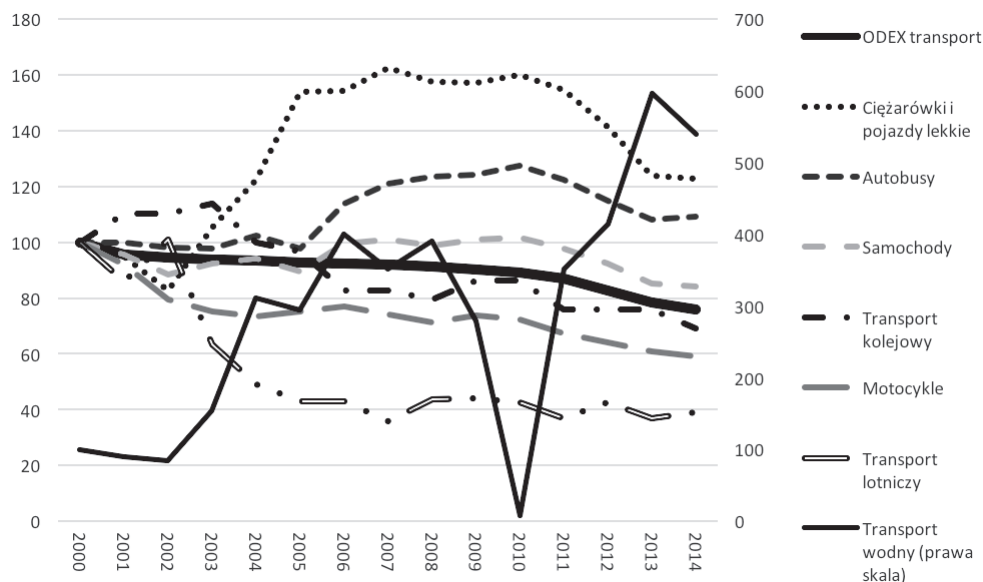
Poprawa efektywności energetycznej nastąpiła we wszystkich analizowanych gałęziach przemysłu z wyjątkiem sektora papierniczo-drukarskiego, w którym nastąpił wzrost o 20,37% między rokiem 2000 a 2014. Największe oszczędności, przekraczające 83%, zostały osiągnięte w przemyśle maszynowym. Również w przemyśle tekstylnym, spożywczym i metali niemetalicznych poziom oszczędności był bardzo duży i przekroczył 60% (tab. 1).

4.3. Dekompozycja indeksu ODEX dla transportu

W przypadku transportu kalkulacja ODEX opiera się na danych o zużyciu energii dla:

- 5 typów pojazdów: samochodów osobowych, ciężarowych, lekkich pojazdów, motocykli, autobusów,
- 3 rodzajów transportu: lotniczego, kolejowego i wodnego.

W zależności od typu pojazdu i transportu szczegółowe wskaźniki wyrażone są w zużyciu na pojazd, pasażera lub kilometr. Na ich podstawie obliczone zostały indeksy zmian zużycia energii dla każdego typu pojazdu i transportu (2000 = 100), co przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Indeks zmian zużycia energii w transporcie w Polsce (2000-2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Enerdata – ODYSSEE.

ODEX dla transportu, obniżając się średnio o 1,7% rocznie, przyjął w 2014 r. wartość 75,7 (rys. 5). Największy spadek zużycia energii, przekraczający 60%, od-

notowano w transporcie lotniczym. Natomiast w przypadku transportu wodnego¹ nastąpił wzrost względem roku bazowego aż o 438,5% (prawa skala wykresu).

W tabeli 2 przedstawiono wysokość oszczędności energii osiągniętych w latach 2000-2014 w podziale na poszczególne rodzaje transportu oraz typy pojazdów, także w ujęciu średniorocznym.

Tabela 2. Oszczędności energii w transporcie w Polsce (2000-2014)

Indeks	2000	2014	Zmiana	Zmiana/rok
ODEX transport	100	75,7	-24,3%	-1,73%
Transport wodny	100	538,5	438,5%	31,32%
Ciążarówki i pojazdy lekkie	100	122,9	22,9%	1,63%
Transport publiczny	100	109,2	9,2%	0,66%
Samochody	100	84,3	-15,7%	-1,12%
Transport kolejowy	100	69,0	-31,0%	-2,22%
Motocykle	100	59,2	-40,8%	-2,92%
Transport lotniczy	100	39,0	-61,0%	-4,35%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Enerdata – ODYSSEE.

Efektywność energetyczna samochodów osobowych poprawiła się o blisko 16%, a motocykle o ponad 40% w badanym okresie. Trend w przypadku samochodów ciężarowych i autobusów kształtował się odmiennie. Po spadku efektywności poprawę indeksów można zaobserwować dopiero po roku 2012, ale wciąż są one o 22,9% (ciężarówki) i 9,2% (autobusy) powyżej roku bazowego.

4.4. Dekompozycja indeksu ODEX dla gospodarstw domowych

Efektywność energetyczna dla gospodarstw domowych obliczana jest dla energii używanej do ogrzewania (na m² powierzchni), gotowania i grzania wody (na mieszkanie) oraz przez 5 urządzeń: lodówki, pralki, zmywarki, zamrażarki i telewizory (kWh/rok/urządzenie).

Dla Polski nie ma dostępnych szczegółowych danych dotyczących większości z wymienionych pozycji, poza ogrzewaniem, co uniemożliwia przeprowadzenie pełnej analizy. Dlatego obliczono tylko indeks zmian zużycia energii do ogrzewania na m² powierzchni (2000 = 100), co przedstawia rysunek 6.

W latach 2000-2014 efektywność energetyczna gospodarstw domowych wzrosła o 21%. Efektywność poprawiała się dynamicznie w pierwszych latach po roku 2000, po czym tempo wyraźnie zmalało. Indeks zmian zużycia energii do ogrzewania początkowo kształtował się podobnie do indeksu ODEX dla gospodarstw domowych, po czym doszło do jego wzrostu i przez kilka lat przyjmował znacznie wyższe wartości (rys. 6).

¹ Duże wahania zużycia energii w transporcie wodnym wzbudzają wątpliwości co do rzetelności pomiarów lub stosowanej metodologii.



Rys. 6. Indeks zmian zużycia energii do ogrzewania mieszkań w Polsce (2000-2014)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Enerdata – ODYSSEE.

Tabela 3. Oszczędności energii w gospodarstwach domowych w Polsce (2000-2014)

Indeks	2000	2014	Zmiana	Zmiana/rok
ODEX gosp. domowe	100	78,97	-21,03%	-1,50%
ogrzewanie/mkw	100	82,54	-17,46%	-1,25%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Enerdata – ODYSSEE.

Konsumpcja energii przez gospodarstwa domowe do ogrzewania w przeliczeniu na metr kwadratowy powierzchni lokalu spadła o 17,46% w analizowanym okresie, co oznacza średni spadek o 1,25% rocznie, czyli w tempie podobnym jak indeks ODEX dla gospodarstw (tabela 3).

5. Zakończenie

Indeks efektywności energetycznej ODEX został opracowany w celu dokonywania obserwacji postępu w zakresie efektywności energetycznej w krajach członkowskich Unii Europejskiej. Wskaźnik ten jest otrzymywany metodą „bottom-up” poprzez agregowanie zmian w jednostkowym zużyciu energii, obserwowanych w danym okresie na określonych poziomach użytkowania końcowego, dzięki czemu

najlepiej ilustruje postęp w zakresie efektywności energetycznej. Analiza dekompozycyjna, która polega na podziale zmian w całkowitym zużyciu energii na poszczególne czynniki wywołujące te zmiany, stała się użytecznym narzędziem do identyfikacji sił napędowych poprawy efektywności energetycznej [Weber 2009].

W Polsce systematycznie poprawia się efektywność energetyczna zarówno całej gospodarki, jak i trzech badanych sektorów w latach 2000-2014. W analizowanym okresie najszybsze tempo poprawy efektywności nastąpiło w przemyśle, a dużo mniejsze w transporcie i gospodarstwach domowych. W przemyśle w prawie wszystkich podsektorach obserwujemy wyraźny trend spadkowy w całym analizowanym okresie, co przekłada się na ogromne łączne oszczędności energii. Mimo spadku indeksu ODEX dla transportu, co jest efektem znaczącej poprawy efektywności w transporcie lotniczym, kolejowym czy samochodowym, to niestety obserwujemy wzrost zużycia energii w transporcie wodnym, a także przez ciężarówki i autobusy. Pełna ocena sytuacji w sektorze gospodarstw domowych jest utrudniona brakiem danych dotyczących zużycia energii do gotowania i grzania wody oraz przez urządzenia elektryczne.

Przeprowadzona analiza dekompozycyjna indeksu ODEX dla Polski w latach 2000-2014 na poziomie wszystkich uwzględnionych w indeksie podsektorów i użytkowników końcowych pozwoliła zidentyfikować obszary, które najsilniej i najsłabiej przyczyniły się do poprawy efektywności energetycznej gospodarki Polski. Przedstawiona powyżej analiza wskazuje jednak, że w przypadku niektórych podsektorów obserwujemy bardzo małą poprawę efektywności energetycznej lub wręcz wzrost jednostkowego zużycia, co wskazuje obszary, w których wciąż istnieje – często bardzo istotny – potencjał do redukcji konsumpcji energii.

Literatura

- Ang B.W., 2004, *Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method?*, Energy Policy, 32, s. 1131-1139.
- Ang B.W., Zhang F.Q., 2000, *A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies*, Energy, 25, s. 1149-1176.
- Bosseboeuf D., Lapillonne B., Eichhammer W., 2005, *Measuring energy efficiency progress in the EU: the energy efficiency index ODEX*, ADEME, Angers.
- Bosseboeuf D., Lapillonne B., Pollier K., 2015, *Decomposition analysis of the energy demand. Methodology and ODYSSEE tool*, ADEME, Angers.
- Dyrektywa 2006/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych.
- Enerdata, 2016, *Definition of Energy Efficiency Indicators in ODYSSEE data base*, Grenoble.
- Enerdata, Energy Efficiency Indicators in Europe Database, <http://www.odyssee-indicators.org> (20.04.2017).
- Farla J., Cuelenaere R., Blok K., 1998, *Energy efficiency and structural change in the Netherlands, 1980-1990*, Energy Economics, 20(1), s. 1-28.

- Graczyk A., 2011, *Zrównoważony rozwój w polityce energetycznej Polski do roku 2030*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 229, s. 201-209.
- Hoekstra R., van der Bergh J.J.C.J.M., 2003, *Comparing structural and index decomposition analysis*, Energy Economics, 25, s. 39-64.
- Horowitz M.E., 2008, *The trouble with energy efficiency indexes: la aritmetica non e opinione*, Energy Efficiency, 1, s. 199-2010.
- Kryk B., 2011, *Wzrost efektywności energetycznej – istotne wyzwanie polskiej polityki energetycznej*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 166, s. 372-383.
- Lackner K., Sachs J., 2005, *A robust strategy for sustainable energy*, Brookings Papers on Economic Activity, 2, s. 215-284.
- Lapillonne B., Pollier K., 2011, *Decomposition of final and primary energy consumption*, Enerdata, Grenoble.
- Liu N., Ang B.W., 2007, *Factors shaping aggregate energy intensity trend for industry: energy intensity versus product mix*, Energy Economics, 29, s. 609-635.
- Malko J., Wojciechowski H., 2013, *Efektywność energetyczna jako element gospodarki zasobooszczędnej*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 317, s. 82-97.
- Neelis M., Ramirez-Ramirez A., Patel M., Farla J., Boonekamp P., Blok K., 2007, *Energy efficiency developments in the Dutch energy intensive manufacturing industry, 1980-2003*, Energy Policy, 35, s. 6112-6131.
- Patterson M.G., 1996, *What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues*, Energy Policy, 24, s. 377-390.
- Proskuryakova L., Kovalev A., 2015, *Measuring energy efficiency: Is energy intensity a good evidence base?*, Applied Energy, vol. 138, s. 450-459.
- Weber C., 2009, *Measuring structural change and energy use: Decomposition of the US economy from 1997 to 2002*, Energy Policy, 37, s. 1561-1570.