

Mariusz PLICH, Jurand SKRZYPEK

Trendy energochłonności polskiej gospodarki

Streszczenie. *Celem artykułu jest określenie trendów energochłonności gospodarki polskiej w ujęciu mezoekonomicznym w latach 1996–2012, ze szczególnym uwzględnieniem wskaźników energochłonności produkcji globalnej, finalnej oraz indukowanej. W analizowanym okresie obserwowano spadek poziomu energochłonności w gospodarce, pokazano też rodzaje działalności najbardziej energochłonne oraz zidentyfikowano tempo zmian tych wskaźników. Trzon danych w badaniu stanowi baza WIOD (World Input-Output Database), skupiająca m.in. ujednolicone bilanse paliwowo-energetyczne według klasyfikacji PKD 2004.*

Słowa kluczowe: bilanse paliwowo-energetyczne, IMPEC, wskaźniki energochłonności.

Wykorzystywanie nośników energii w procesach gospodarczych ma kluczowe znaczenie dla zrównoważonego rozwoju we wszystkich jego sferach — ekonomicznej, społecznej i ekologicznej — zwykle go ograniczając. Energia, będąc zarówno czynnikiem produkcji, jak i elementem zużycia finalnego, nie ma substytutów i przez to może decydować o tempie wzrostu gospodarczego (Peet, 2004). Dążenie do zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego, będące ważnym celem polityki gospodarczej państw¹, może determinować relacje społeczne i polityczne na szczeblu lokalnym, krajowym i międzynarodowym. Wykorzystanie energii w gospodarce związane jest zwykle z presją na środowisko przyrodnicze w postaci zubożania jego zasobów i emisji zanieczyszczeń. Światowe, długoterminowe prognozy zużycia energii wskazują, że możliwy jest 2,5, a nawet 3-krotny wzrost zużycia energii w 2050 r. w stosunku do roku 2010². To oznacza, że rola energii jako czynnika ograniczającego zrównoważony rozwój będzie stale rosła.

Rosnące zapotrzebowanie na energię zintensyfikowało zarówno światową, jak i krajową dyskusję na temat struktury zużycia nośników energii, zapewniającej

¹ *Projekt...* (2014), s. 10–12.

² Szczerbowski (2013), s. 36.

bezpieczeństwo energetyczne i sprzyjającej ograniczaniu negatywnych skutków wytwarzania i konsumpcji energii na środowisko przyrodnicze, czyli tzw. optymalnego miks energetyczny³. Dyskusje te za punkt wyjścia przyjmują zazwyczaj analizy dotychczasowego zużycia energii bazujące na szczegółowych danych pochodzących z bilansów paliwowo-energetycznych (bilansów energetycznych)⁴. Przedstawiają one zużycie energii według nośników i sektorów gospodarki⁵.

W poszukiwaniach optymalnego miks energetyczny konieczne jest łączenie danych o zużyciu energii pochodzących z bilansów energetycznych z danymi ekonomicznymi charakteryzującymi aktywność gospodarczą mierzoną wielkością produkcji i konsumpcji. Dane ekonomiczne pochodzą najczęściej z rachunków narodowych. Powiązanie bilansów energetycznych z rachunkami narodowymi pozwala wyznaczać miary energochłonności produkcji rozumianej jako zużycie energii przypadające na jednostkę produkcji. W tym kontekście szczególnie użyteczne są tablice przepływów międzygałęziowych⁶, które, podobnie jak bilanse energetyczne, przedstawiają gospodarkę w układzie sektorowym.

Bilanse energetyczne ujmowane są w jednostkach naturalnych lub jednostkach energii, natomiast dane ekonomiczne wartościowo, połączenie zatem obu tych źródeł danych prowadzi do tworzenia hybrydowych miar energochłonności. Miary te ujmują energochłonność jako relację nakładów energii wyrażonych w jednostkach energii i produkcji globalnej wyrażonej w cenach stałych. Dane z bilansów energetycznych w połączeniu z rachunkami narodowymi pozwalają wyznaczyć energochłonność w ujęciu sektorowym i według typów energii (nośników). Użycie w tym kontekście tablic przepływów międzygałęziowych otwiera dalsze możliwości. Po pierwsze, umożliwia wykorzystanie techniki *input-output* do badania tzw. bezpośredniej i pełnej energochłonności⁷. Po drugie, może stanowić podstawę do budowy modeli gospodarki, w której przepływy międzygałęziowe, obrazujące dostawy energii do odbiorców pośrednich i końcowych, przedstawione są w jednostkach energii⁸. Dzięki temu modele te można łączyć z modelami typu inżynierskiego, jak np. TIMES-PL⁹ (Suwała, 2011), które przedstawiają funkcjonowanie systemu energetycznego. Takie połączenie

³ *Przyszłość...* (2012); *Model optymalnego...* (2013).

⁴ W Polsce informacji na temat bilansów paliwowo-energetycznych dostarcza GUS, publikując co roku opracowanie pt. *Gospodarka paliwowo-energetyczna* (1997 i kolejne lata).

⁵ W niniejszym opracowaniu pod pojęciem „sektor” rozumiemy wydzieloną część gospodarki wytwarzającą dobra lub usługi o podobnym charakterze. Tak rozumie się to określenie w ramach analizy *input-output* — Blair, Miller (2009), s. 10.

⁶ Tablice *input-output*, zob. np.: Blair, Miller (2009), s. 399—437; Tomaszewicz (1994), s. 118 i 119.

⁷ Plich (2002), s. 119—122 i 205—209.

⁸ Blair, Miller (2009), s. 399—445.

⁹ TIMES (*The Integrated MARKAL-EFOM System*) — Zintegrowany System MARKAL-EFOM.

pozwała usunąć istotny mankament modeli inżynierskich polegający na pomijaniu sprzężeń między systemem energetycznym i gospodarką narodową.

W praktyce okazuje się, że połączenie w celach analitycznych danych z rachunków narodowych z danymi pochodzącymi z bilansów energetycznych wiąże się z koniecznością standaryzacji poziomów agregacji i szczegółów klasyfikacji stosowanych w obu źródłach. W przypadku analiz dynamicznych, w sytuacji wystąpienia zmian w klasyfikacji sektorowej, w celu zapewnienia porównywalności danych niezbędne jest również przeprowadzenie standaryzacji w ujęciu czasowym.

Artykuł podejmuje tematykę miksu energetycznego w Polsce w ujęciu dynamicznym w latach 1996—2012. W tym okresie nastąpiły zmiany w klasyfikacjach PKD i PKWiU, stanowiących podstawę do wyodrębnienia sektorów gospodarki w rachunkach narodowych i bilansach energetycznych. Zmiany te spowodowały utratę porównywalności danych sektorowych. Analiza dynamiki w ujęciu sektorowym musiała zatem zostać poprzedzona doprowadzeniem szeregów czasowych do porównywalności.

Celem opracowania jest, z jednej strony, przedstawienie problemów i podstawowych zasad konstrukcji bazy danych pozwalającej określać trendy zużycia energii i analizować podstawowe czynniki, które je kształtują, z drugiej zaś, wyznaczenie miar energochłonności i analiza ich zmian w przyjętych do badania latach. Dane do analizy pochodzą z banku danych do modeli serii IMPEC¹⁰ (Plich, 2015), który zawiera m.in. szeregi czasowe danych o polskiej gospodarce głównie z rachunków narodowych (w tym tablice przepływów międzygałęziowych) oraz informacje o produkcji i zużyciu różnych nośników energii w układzie sektorowym z bilansów energetycznych. Do pomiaru energochłonności wykorzystano bezpośrednio i pełne współczynniki zużycia energii, znane z analiz *input-output*.

W literaturze przedmiotu trudno znaleźć badania o podobnym charakterze. Dane z rachunków narodowych i bilansów energetycznych są zwykle przedstawiane w postaci oddzielnych zbiorów danych (np. dane publikowane przez GUS (*Gospodarka...*, 1997 i kolejne lata; *Bilans...*, 2009; *Efektywność...*, 2014) i Eurostat¹¹ oraz bazy danych takich jak Enerdata¹² czy baza Międzynarodowej Agencji Energetycznej¹³ (IEA). Ich łączne wykorzystanie do analiz sektorowych wymaga znacznych nakładów pracy, a nierzadko przyjmowania szeregu założeń, w celu powiązania obu zbiorów i zapewnienia porównywalności danych w czasie.

¹⁰ IMPEC (*Integrated Model of Polish Economy*) — Zintegrowany Model Polskiej Gospodarki.

¹¹ http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main_tables (dostęp 25.10.2014 r.).

¹² <http://www.enerdata.net/enerdatauk/knowledge/subscriptions/database/energy-market-data-and-co2-emissions-data.php> (dostęp 25.06.2015 r.).

¹³ IEA oferuje szczegółową statystykę z zakresu energetyki oraz zestawia bilanse energetyczne dla krajów członkowskich OECD (i nie tylko) za lata 1960—2013. Baza dostępna jest pod adresem: <http://data.iea.org/ieastore/statslisting.asp?> (dostęp 9.06.2015 r.).

Z punktu widzenia możliwości analitycznych najbliższa podejściu zastosowanemu w banku IMPEC jest baza WIOD¹⁴. Niewątpliwą jej zaletą jest możliwość dokonywania porównań międzynarodowych, ponieważ zgromadzono w niej dane dla kilkudziesięciu krajów. Jej mankamentem jest natomiast fakt, że w celu zapewnienia porównywalności międzynarodowej zgromadzono tam dane o stopniu agregacji sektorowej wyższym niż w banku IMPEC. Ponadto dane te oszacowano z zastosowaniem algorytmów przeliczeniowych opartych na dość mocnych założeniach¹⁵ i publikowane są one z dużym opóźnieniem w stosunku do źródeł krajowych.

Poza danymi źródłowymi umożliwiającymi analizy energochłonności w postaci publikowanych oddzielnie bilansów energetycznych oraz tablic przepływów międzygałęziowych dostępne są również dane przetworzone, przedstawiające gotowe wskaźniki energochłonności. Tego typu informacje w przekroju międzynarodowym oferują Eurostat¹⁶ czy projekt ODYSSE-MURE¹⁷. Mimo wszystko poziom ich szczegółowości należy uznać za niezadowalający. W przypadku Eurostatu dostępny jest wyłącznie wskaźnik energochłonności dla całej gospodarki, a baza danych projektu ODYSSE-MURE przedstawia co prawda wskaźniki w ujęciu sektorowym, ale na stosunkowo wysokim poziomie agregacji. W przypadku Polski wydawnictwo GUS pt. *Efektywność wykorzystania energii* (2014) przedstawia wskaźniki efektywności energetycznej w ujęciu analogicznym do bazy projektu ODYSSE-MURE, czyli na wysokim poziomie agregacji w stosunku do bilansów energetycznych i bilansów przepływów międzygałęziowych.

W badaniach energochłonności polskiej gospodarki, które można znaleźć w literaturze zwykle wykorzystuje się gotowe wskaźniki zaczerpnięte z publikacji GUS, o której już wspomniano. Autorzy nie sięgają do danych źródłowych,

¹⁴ Akronim od *World Input-Output Database*. Baza oferuje m.in. wolny dostęp do bilansów przepływów międzygałęziowych sporządzanych dla 40 krajów świata, w tym dla wszystkich krajów Unii Europejskiej (UE). Sporządzane są również tablice uwzględniające przepływy pomiędzy tymi krajami oraz tablice o wymiarze społeczno-ekonomicznym i ekologicznym. WIOD jest projektem zapoczątkowanym przez Komisję Europejską, na stronie internetowej: http://www.wiod.org/new_site/home.htm (8.04.2015 r.).

¹⁵ Ten mankament można zauważyć analizując np. szeregi deflatorów produkcji globalnej, gdzie w przypadku niektórych sektorów użyto tych samych deflatorów do przeliczenia cen bieżących na ceny stałe.

¹⁶ http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main_tables (dostęp 25.10.2014 r.).

¹⁷ Projekt ODYSSE-MURE jest koordynowany przez francuską państwową agencję energetyczną ADEME i spaja dwie niegdyś odrębne inicjatywy — ODYSSE i MURE. Zarządzana przez firmę konsultingową Enerdata internetowa baza danych ODYSSE łączy wskaźniki efektywności i emisji CO₂ z danymi nt. zużycia energii dla krajów członkowskich UE. Z kolei baza danych MURE, kierowana przez ISIS (akronim od *Instytut Studiów na rzecz Integracji Systemów*), zajmuje się zbieraniem informacji nt. działań, polityki i narzędzi państw członkowskich UE w zakresie oszczędności energii i efektywności energetycznej na poziomie krajowym oraz całego ugrupowania integracyjnego. Dane dostępne są pod adresem: <http://www.indicators.odysse-mure.eu/energy-efficiency-database.html> (dostęp 20.02.2015 r.).

a więc nie mają sposobności analizowania wpływu zmian zdezagregowanych¹⁸ wskaźników na relacje między sektorami i na całą gospodarkę, ograniczając się do analizy dynamiki i nadania właściwych interpretacji gotowym wskaźnikom. Wśród tych publikacji najczęściej spotyka się raporty i ekspertyzy na temat krajowej energochłonności¹⁹.

Konkludując, w literaturze przedmiotu brak jest analiz energochłonności o wysokim stopniu dezagregacji sektorowej, łączących dane pochodzące z bilansów energetycznych z tablicami przepływów międzygałęziowych. W tym kontekście zarówno budowa bazy porównywalnych danych, jak i prowadzenie na ich podstawie analiz energochłonności, pozwalających uchwycić wzajemne interakcje pomiędzy sektorami — o czym jest mowa w tym artykule — wydają się w pełni uzasadnione.

W artykule²⁰ przedstawiono metody pomiaru energochłonności i wskazano możliwości prowadzenia analiz energochłonności przy użyciu metod *input-output*. Następnie omówiono problemy związane z konstrukcją danych do analiz energochłonności na szczeblu sektorowym i ich rozwiązania przyjęte w trakcie konstrukcji banku IMPEC dla polskiej gospodarki, w którym dane o produkcji w ujęciu sektorowym powiązane zostały z danymi o zużyciu energii. Szeregi czasowe zawarte w banku IMPEC posłużyły do przeprowadzenia analizy zmian energochłonności polskiej gospodarki w latach 1995—2012, przy wykorzystaniu prostych metod statystycznych i metod *input-output*.

METODY POMIARU ENERGOCHŁONNOŚCI

Najogólniej rzecz ujmując energochłonność definiuje się jako nakłady energii przypadające na jednostkę produkcji wynikającej z tego zużycia. Definiując energochłonność w celach analitycznych trzeba jednoznacznie określić sposób pomiaru energii i produkcji, a także poziom agregacji, na którym będą prowadzone analizy, przy czym problem sposobu pomiaru można rozważać w dwóch aspektach — jednostek oraz kategorii (produkcji i nakładów energii) użytych do pomiaru.

Z teoretycznego punktu widzenia pomiar nakładów energii i produkcji może być przeprowadzony zarówno w jednostkach naturalnych (ujęcie ilościowe), jak

¹⁸ Badania symulacyjne Monte Carlo dowodzą (Lenzen, 2011; Su i in., 2010), że w przypadku konieczności łączenia danych z tablic *input-output* z danymi dotyczącymi środowiska, przedstawionymi na różnych poziomach klasyfikacji sektorowej, lepiej jest dokonać ujednoczenia agregacji przez zdezagregowanie bloku danych o wyższym poziomie agregacji niż agregację drugiego z bloków. Choć wniosek ten dotyczy danych o środowisku w kontekście stosowania metod *input-output*, to wydaje się, że ze względu na podobieństwo stosowanych metod może być uogólniony na przypadek, w którym zamiast danych o środowisku występują dane o nakładach energii.

¹⁹ *Raport...* (2008); *Stan środowiska...* (2014); *Poprawa...* (2012); *Krajowy Plan Działań...* (2014); *Drugi Krajowy Plan Działań...* (2012).

²⁰ Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego nr 2011/01/B/HS4/04800, finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

i pieniężnych (ujęcie wartościowe). Choć z punktu widzenia precyzji analiz preferowane jest zawsze ujęcie ilościowe, to niedostępność odpowiednich danych niejednokrotnie uniemożliwia jego stosowanie. W analizach makroekonomicznych i sektorowych, na których koncentruje się to opracowanie, dane źródłowe o nakładach energii dostępne są zarówno w ujęciu ilościowym (w bilansach paliwowo-energetycznych), jak i wartościowym (w rachunkach narodowych), natomiast dane o produkcji — wyłącznie wartościowo (w rachunkach narodowych).

Dostępność danych ogranicza również możliwości wyboru kategorii produkcji i nakładów energii używanych do pomiaru energochłonności. W tym kontekście produkcję mierzy się najczęściej za pomocą produkcji globalnej lub PKB (w przypadku analiz sektorowych — wartości dodanej). Nakłady energii w ujęciu wartościowym mierzy się jako produkcję sektorów wydobywających i przetwarzających surowce energetyczne przeznaczoną na cele zużycia finalnego lub pośredniego (również z uwzględnieniem klasyfikacji sektorowej), co wynika ze struktury rachunków narodowych.

Kategorie nakładów energii w ujęciu ilościowym zdeterminowane są ich ujęciem w bilansach paliwowo-energetycznych, które podkreśla istnienie dwóch zasadniczych rodzajów nośników energii — pierwotnych (danych przez naturę) i wtórnych (będących wynikiem przetwarzania innych — zwykle pierwotnych — nośników). Najogólniejszą charakterystyką nakładów energii jest „zużycie energii ogółem”, które w bilansach energetycznych dekomponowane jest według²¹:

- sposobu wykorzystania energii zawartej w nośnikach — na zużycie na wsad przemian i zużycie bezpośrednie,
- wyników wykorzystania energii — na zużycie globalne i uzysk z przemian.

Wynika stąd, że zużycie energii może być scharakteryzowane za pomocą następujących kategorii: ogółem, globalne, bezpośrednie i na wsad przemian, natomiast uzysk z przemian charakteryzuje wielkość produkcji energii wtórnej.

Na tej podstawie można określić ogólną miarę energochłonności wykorzystującej zużycie energii ogółem oraz miary szczegółowe odnoszące się do przetwarzania i końcowego zużycia energii. Zwróćmy przy tym uwagę, że „zużycie ogółem” (a także globalne) dotyczy zarówno pierwotnych, jak i wtórnych źródeł energii i dlatego część energii zawartej w nośnikach pierwotnych, która została przetworzona na nośniki wtórne, liczona jest podwójnie w ramach tego miernika. Nie ma to znaczenia z punktu widzenia bilansowania energii, ale może zakłócać wyniki analiz w przypadku opierania na nich miar energochłonności. Aby tego uniknąć można wykorzystać miary energochłonności skoncentrowane wyłącznie na nośnikach pierwotnych.

W literaturze ekonomicznej najczęściej wykorzystuje się mierniki energochłonności dla całej gospodarki oparte na PKB²². Pokazują one średnią energo-

²¹ *Zasady...* (2006).

²² Patterson (1996), s. 381—383; Proskuryakova, Kovalev (2015), s. 451 i 452; *Efektywność...* (2014); *World trends...* (2008).

chłonność gospodarki, podczas gdy energochłonność w sektorach gospodarki jest bardzo zróżnicowana. W efekcie nawet niewielkie zmiany w konkretnych sektorach mogą przesądzać o zmianach średniej, za to wpływ innych może być w ogóle niezauważalny. Decyduje o tym nie tylko energochłonność sektorowa, ale również udziały poszczególnych sektorów w produkcji ogółem. Dysponując danymi o nakładach energii i produkcji globalnej lub wartości dodanej poszczególnych sektorów można wyznaczyć i analizować ich energochłonność²³. Jeśli użyta do tego celu klasyfikacja sektorowa jest odpowiednio głęboka i zgodna z klasyfikacją stosowaną w dostępnych tablicach przepływów międzygałęziowych, to dzięki zastosowaniu metod *input-output* zyskujemy nowe możliwości analityczne.

ENERGOCHŁONNOŚĆ W ANALIZIE INPUT-OUTPUT

Badanie energochłonności w sektorach gospodarki można przeprowadzić za pomocą tzw. bezpośrednich i pełnych współczynników nakładów energii, znanych z analizy *input-output*. Wyróżniając K nośników energii i n sektorów, bezpośrednie współczynniki nakładów energii definiuje się za pomocą następującej formuły:

$$e_{kjt} = \frac{z_{kjt}}{X_{jt}} \quad \text{dla } k=1, \dots, K \text{ i } j=1, \dots, n \quad (1)$$

gdzie:

- e_{kj} — bezpośredni współczynnik nakładów energii k -tego nośnika przez j -ty sektor,
- z_{kj} — nakłady k -tego nośnika energii w j -tym sektorze,
- X_j — produkcja globalna w j -tym sektorze,
- t — subskrypt czasu,
- K — liczba wyróżnionych nośników energii,
- n — liczba wyróżnionych sektorów.

Pokazują one nakłady k -tego nośnika energii potrzebne do wytworzenia jednej jednostki produkcji globalnej j -tego sektora. Można je zatem określać mianem „energochłonności produkcji globalnej” k -tego nośnika energii w j -tym sektorze.

Znając wartości wszystkich współczynników e_{kj} można wyznaczyć wielkości nakładów energii potrzebnej do wytworzenia produkcji globalnej o określonej

²³ *Efektywność...* (2014); Mulder, de Groot (2011), s. 12.

wartości w poszczególnych sektorach gospodarki, za pomocą następujących równań:

$$z_{kjt} = e_{kjt} \cdot X_{jt} \quad \text{dla } k = 1, \dots, K \text{ i } j = 1, \dots, n \quad (2)$$

Model (4) można zapisać w postaci macierzy:

$$z_t = \mathbf{E}_t \mathbf{x}_t \quad (3)$$

gdzie:

$z = [Z_k]_{K \times 1}$ — wektor nakładów K nośników energii w gospodarce,

$\mathbf{E} = [e_{kj}]_{K \times n}$ — macierz energochłonności produkcji globalnej,

$\mathbf{x} = [X_j]_{n \times 1}$ — wektor sektorowych produkcji globalnych.

Podstawiając za wektor produkcji globalnej we wzorze (3) formułę wynikającą z rozwiązania modelu, którego twórcą był V. Leontief²⁴:

$$\mathbf{x}_t = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_t)^{-1} \mathbf{y}_t \quad (4)$$

gdzie:

$\mathbf{A} = [a_{ij}]_{n \times n}$ — macierz współczynników bezpośrednich nakładów materiałowych,

$\mathbf{y} = [Y_i]_{n \times 1}$ — wektor produkcji finalnej,

\mathbf{I} — macierz jednostkowa stopnia n ,

otrzymujemy model, w którym nakłady energii uzależnione są od produkcji finalnej oraz parametrów w postaci energochłonności produkcji globalnej i współczynników bezpośrednich nakładów materiałowych modelu:

$$z_t = [\mathbf{E}_t (\mathbf{I} - \mathbf{A}_t)^{-1}] \mathbf{y}_t \quad (5)$$

Parametry modelu (5), będące elementami macierzy:

$$\tilde{\mathbf{E}}_t = \mathbf{E}_t (\mathbf{I} - \mathbf{A}_t)^{-1} \quad (6)$$

gdzie $\tilde{\mathbf{E}}_t = [\varepsilon_{kj}]_{K \times n}$ — macierz energochłonności produkcji finalnej,

²⁴ Blair, Miller (2009), s. 20 i dalsze.

określa się mianem pełnych współczynników energochłonności lub „energochłonności produkcji finalnej”. Pojedynczy element tej macierzy ε_{kj} przedstawia zmianę nakładów k -tego nośnika energii w całej gospodarce niezbędną do wytworzenia jednej jednostki produkcji finalnej j -tego sektora.

W opisanym ujęciu energochłonność produkcji globalnej i finalnej poszczególnych sektorów przedstawiana jest w postaci energochłonności cząstkowej, czyli w odniesieniu do poszczególnych nośników energii. W sytuacji gdy dane o nakładach wszystkich nośników energii przedstawione są w zunifikowanych jednostkach, można dokonać agregacji energochłonności cząstkowej dla każdego sektora, otrzymując jego łączną energochłonność. Pod pojęciem łącznej energochłonności produkcji globalnej j -tego sektora rozumiemy sumę elementów j -tej kolumny macierzy bezpośrednich współczynników energochłonności:

$$e_{jt} = \sum_{k=1}^K e_{kjt} \quad (7)$$

Analogicznie można zdefiniować łączną energochłonność produkcji finalnej j -tego sektora:

$$\varepsilon_{jt} = \sum_{k=1}^K \varepsilon_{kjt} \quad (8)$$

W wyniku podzielenia łącznej energochłonności produkcji finalnej i globalnej j -tego sektora otrzymuje się mnożnik energochłonności²⁵ j -tego sektora:

$$M_{jt}^I = \frac{\varepsilon_{jt}}{e_{jt}} \quad (9)$$

Mnożniki energochłonności wyrażają nakłady energii w całej gospodarce wynikające ze wzrostu bezpośredniego zużycia energii w j -tym sektorze o jedną jednostkę. Innymi słowy są one miarą energochłonności j -tego sektora gospodarki indukowanej wzrostem zużycia energii w j -tym sektorze o jedną jednostkę. Tę miarę energochłonności można zatem nazwać energochłonnością indukowaną.

ŹRÓDŁA DANYCH

Źródłem danych, które zostały wykorzystane do przeprowadzenia badania był bank IMPEC. Zawiera on szeregi czasowe zmiennych na poziomie makro- i mezoekonomicznym, użyteczne do prowadzenia badań nad rozwojem zrówno-

²⁵ W analizie *input-output* tego typu iloraz nazywa się mnożnikiem I (pierwszego) typu — Plich (2002), s. 112.

ważnym, tj. uwzględnia dane dotyczące sfery gospodarczej, społecznej i środowiska przyrodniczego. Bank ten był wielokrotnie wykorzystywany do różnorodnych badań nad polską gospodarką, takich jak: zmiany strukturalne (Plich, 2007), skutki zmian cen energii (Boratyński i in., 2010), wprowadzenie handlu zanieczyszczeniami (Plich, 2011) czy potencjalne wydobycie gazu łupkowego (Plich, 2013, 2015).

Podstawowymi źródłami danych dla zmiennych zawartych w banku IMPEC są rachunki narodowe wraz z bilansami przepływów międzygałęziowych, bilanse energetyczne i rachunki środowiska. Z uwagi na zróżnicowany charakter danych pochodzących z każdego z tych źródeł, wyrażający się nie tylko odmiennością sfer, których dane dotyczą, ale także metod używanych do ich gromadzenia i jednostek pomiaru, w banku IMPEC można wyróżnić trzy bloki danych:

- ekonomiczny — na podstawie rachunków narodowych,
- zużycia energii — na podstawie bilansów energetycznych,
- emisji zanieczyszczeń — na podstawie rachunków środowiska.

Podstawowe problemy konstrukcji tego typu banków wynikają z konieczności zapewnienia spójności zgromadzonych szeregów czasowych. W praktyce oznacza to konieczność:

- uzgodnienia poziomu klasyfikacji sektorowej zastosowanej w blokach opartych na różnych źródłach danych,
- zapewnienia porównywalności danych z różnych okresów, w przypadku wystąpienia zmian w klasyfikacjach danych źródłowych.

Szeregi czasowe banku IMPEC obejmują okres od kilkunastu do kilkunastu lat, w zależności od dostępności danych źródłowych. Tam gdzie to możliwe, szeregi są zdezagregowane według rodzajów działalności, produktów, kategorii zużycia finalnego, nośników energii, a także oddziaływania na środowisko, zgodnie z odpowiednimi klasyfikacjami. Elementem łączącym dane we wszystkich blokach jest użycie klasyfikacji PKD do wyodrębnienia sektorów gospodarki. Dlatego też konstruując lub aktualizując bank niezbędne jest uzgodnienie poziomu dezagregacji sektorów w blokach²⁶.

W bloku ekonomicznym banku IMPEC produkcja dóbr i usług uwzględnia zarówno klasyfikację według rodzajów działalności (PKD), jak i produktową (PKWiU) na poziomie dwucyfrowym (działów). W obecnej wersji banku wyróżniono 54 działy²⁷. Dotyczy to w szczególności szeregów produkcji globalnej i tablic przepływów międzygałęziowych, które wykorzystywano w tym opracowaniu do wyznaczenia sektorowych wskaźników i analiz energochłonności. Trzeba zauważyć, że w najnowszych wersjach klasyfikacji PKD i PKWiU wyróżnia się 76 działów, jednakże obecnie nie są one używane do konstrukcji zmiennych zawartych w banku. Przyczyny pozostania przy starszych wersjach klasyfikacji wyjaśniamy w dalszych rozważaniach.

²⁶ W dalszej części opracowania nie będziemy zajmować się blokiem emisji zanieczyszczeń, ponieważ nie jest on związany bezpośrednio z problematyką opracowania.

²⁷ W kilku przypadkach, z uwagi na konieczność zachowania tajemnicy statystycznej, mamy do czynienia z zagregowanymi działami.

Dodatkowo w spożyciu gospodarstw domowych wyodrębniono kategorie konsumpcji według klasyfikacji COICOP na poziomie trzycyfrowym (grup), a w nakładach inwestycyjnych wyróżnia się 40 kategorii inwestorów pogrupowanych według rodzaju działalności na poziomie sekcji i wybranych działów klasyfikacji PKD.

Blok zużycia energii z kolei przedstawia dane o nakładach w zunifikowanych jednostkach energii w ujęciu krzyżowym — według sektorów i nośników energii. Dane obejmują 36 nośników energii. W naszym badaniu liczbę wyróżnionych nośników ograniczono w wyniku ich agregacji. Agregacji dokonano rezygnując z oddzielnego specyfikowania tych nośników, których znaczenie, mierzone udziałem w nakładach energii ogółem, było w polskiej gospodarce niewielkie. W rezultacie liczbę nośników zmniejszono do 15. Wśród nich były cztery podstawowe, pierwotne nośniki energii: węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny oraz odnawialne źródła energii (OZE).

UJĘCIE ZMIAN KLASYFIKACYJNYCH

Począwszy od roku 2008 zmienił się sposób agregowania przez GUS danych sektorowych. Klasyfikację PKD 2004 zastąpiła PKD 2007, a PKWiU 2004 — PKWiU 2008. Był to wynik niezbędnych dostosowań polskiej statystyki gospodarczej do europejskich norm sprawozdawczości, podążających za zmianami norm światowych²⁸. Zmiana ta spowodowała przerwanie ciągłości szeregów czasowych przedstawianych z użyciem klasyfikacji PKD i PKWiU, w tym danych pochodzących z rachunków narodowych i bilansów energetycznych.

W przypadku wprowadzania zmian w klasyfikacjach urzędy statystyczne w pewnym zakresie podają dane z przeszłości w nowym układzie klasyfikacyjnym. Ograniczają się jednak zwykle do publikacji jednego lub co najwyżej kilku okresów wstecz w starej i nowej klasyfikacji. Rzadko też praktykują dokonywanie przeliczeń całych szeregów czasowych w sposób kompleksowy, przy wykorzystaniu szczegółowych danych pochodzących z oryginalnych sprawozdań. Tymczasem zachowanie porównywalności szeregów czasowych jest podstawowym warunkiem prowadzenia analiz ekonomicznych. W tej sytuacji analitycy często rezygnują z danych historycznych, co zwykle wiąże się ze zubożeniem analiz. Alternatywą jest podjęcie próby samodzielnego utworzenia porównywalnych szeregów czasowych, przez szacowanie danych na podstawie wszelkich dostępnych (publikowanych) informacji. Szczególnie cenne są zwłaszcza obserwacje dla okresów, w przypadku których opublikowano dane w starym i nowym układzie klasyfikacyjnym. Choć wykorzystanie szeregów czasowych, w których część danych obarczona jest błędami pomiaru rodzi niebezpieczeństwo przeniesienia błędów na wyniki prowadzonych analiz, to tego typu zagrożenie można usunąć odpowiednio dobierając metody badawcze.

Przed przystąpieniem do przeliczeń konieczne jest podjęcie decyzji, czy dokonać przejścia z klasyfikacji starej na nową czy też w odwrotnym kierunku. Często przyjmuje się, że w początkowym okresie obowiązywania nowej klasyfi-

²⁸ Więcej na ten temat — Bielak i in. (2009).

kacji do celów analitycznych wykorzystuje się szeregi przedstawione w starej klasyfikacji. Z upływem czasu zmieniają się proporcje liczby starych i nowych obserwacji w szeregach, co skłania do przejścia na nową klasyfikację. Takie podejście jest uzasadnione, ponieważ bez dostępu do szczegółowych informacji każdy zabieg polegający na ujednoczeniu klasyfikacji prowadzi do powstania błędów wynikających z konieczności przyjmowania założeń trudnych do weryfikacji. Im więcej okresów (obserwacji) podlega szacowaniu, tym większe niebezpieczeństwo wystąpienia błędów. W tych okolicznościach racjonalna wydaje się zasada ujednoczania klasyfikacji, przy jak najmniejszym udziale szacowanych obserwacji. Właśnie dlatego obserwacje w obecnej wersji banku IMPEC, w tym również te służące do wyznaczenia energochłonności, przeliczone zostały na klasyfikację PKD 2004.

Zmiany klasyfikacji przeprowadza się przy użyciu tzw. kluczy powiązań, łączących dane dwóch klasyfikacji na najwyższym możliwym poziomie szczegółowości (dezagregacji). W przypadku ostatnich zmian w klasyfikacji PKD, powiązania między starą i nową klasyfikacją (w postaci odpowiednich kluczy) przedstawiono w załączniku do rozporządzenia Rady Ministrów²⁹. Bezpośrednie ich wykorzystanie do aktualizacji banku IMPEC nie jest oczywiście możliwe, gdyż powiązania przedstawione są na poziomie klas, a publikowane dane dotyczą zwykle poziomu działów klasyfikacji PKD. W tej sytuacji należało zaproponować inną metodę opartą na dostępnych informacjach.

Zmiany w klasyfikacji sektorowej sprowadzają się do przesunięć różnych rodzajów działalności pomiędzy istniejącymi lub nowo utworzonymi działami. W celu przeliczenia danych z klasyfikacji PKD 2007 na PKD 2004 zidentyfikowano te przesunięcia według odpowiedniego klucza powiązań oraz dokonano przyporządkowania nowej klasyfikacji, do działów starej klasyfikacji, co pozwoliło ustalić istotę różnic obu tych podejść i na tej podstawie ustalić i zastosować wstępne zasady konwersji klasyfikacji na poziomie działów³⁰. Efektem były wstępne przybliżenia zużycia energii w klasyfikacji PKD 2004 otrzymane na podstawie danych dostępnych według klasyfikacji PKD 2007. Następnie porównano przybliżenia z rzeczywistymi danymi opublikowanymi przez GUS. Było to możliwe tylko dla roku 2008, ponieważ jedynie w tym przypadku bilans energetyczny opublikowano zarówno w starym, jak i nowym układzie (*Gospodarka...*, 2010). Na tej podstawie zidentyfikowano zakres odchyłań między przybliżeniami i danymi rzeczywistymi i dla każdego działu określono metodę otrzymania ostatecznych szacunków. Przyjęto, że w przypadku działów, dla których obserwuje się nieznaczne odchylenia (do 5%), dane dla lat 2009—2012 będą oszacowane na podstawie dynamiki zmian wyznaczonych przybliżeń. W przeciwnym przypadku szacunki zużycia energii na lata 2009—2012 były sporządzone za pośrednictwem energochłonności w dwóch krokach polegających na wyznaczeniu:

- 1) prognoz energochłonności dla danych w starej klasyfikacji,
- 2) zużycia energii na podstawie prognozy energochłonności i produkcji globalnej.

²⁹ *Polska Klasyfikacja Działalności 2007*, s. 324—491.

³⁰ Zasady te są przedmiotem oddzielnego (niepublikowanego) opracowania.

Ostateczne oszacowanie zużycia energii otrzymano stosując procedury zapewniające bilansowanie zużycia energii w działach do agregatów, które nie są zależne od zmian klasyfikacyjnych.

ANALIZA ENERGOCHŁONNOŚCI SEKTORÓW POLSKIEJ GOSPODARKI

W tym punkcie rozważań zaprezentowane zostaną wyniki obliczeń, których celem jest wyznaczenie i analiza miar energochłonności:

- produkcji globalnej,
- produkcji finalnej oraz
- indukowanej.

Badanie przeprowadzono dla działów polskiej gospodarki i dotyczyło — jak wspomniano wcześniej — okresu 1996—2012. Do jego przeprowadzenia wykorzystano dane pochodzące z banku IMPEC.

Zwróćmy uwagę, że energochłonność produkcji globalnej, daną wzorami (1) lub (7), można wyznaczyć na podstawie szeregów czasowych zawartych w banku IMPEC. Definicje energochłonności produkcji finalnej danej wzorami (6) i (8) oraz indukowanej wzorem (9) wiążą się natomiast z zastosowaniem modelu Leontiefa, opartego na znajomości parametrów w postaci macierzy \mathbf{A}_t (macierzy bezpośrednich nakładów materiałowych). Macierz ta wyznaczana jest na podstawie tablic przepływów międzygałęziowych, które ze względu na bardzo wysoką pracochłonność opracowywane są z częstotliwością pięcioletnią. Z tego właśnie względu bezpośrednie zastosowanie wzorów (6) i (8), a w rezultacie również wzoru (9), nie jest możliwe. W związku z tym, stosując model Leontiefa najczęściej wyznacza się współczynniki macierzy \mathbf{A} dla jednego wybranego okresu (okresu podstawowego) i jednocześnie przyjmuje założenie o ich stałości w czasie³¹. Oznaczając symbolem „0” okres wybrany do wyznaczenia tej macierzy, można oszacować macierz energochłonności produkcji finalnej, modyfikując wzór (6) w następujący sposób³²:

$$\tilde{\mathbf{E}}_t = \mathbf{E}_t (\mathbf{I} - \mathbf{A}_0)^{-1} \quad (10)$$

Dla potrzeb badania jako okres podstawowy przyjęto rok 2005. Wyniki obliczeń energochłonności produkcji globalnej, finalnej i indukowanej dla pierwszego i ostatniego roku badania przedstawiono w tablicy. Ponadto można w niej znaleźć procentowe udziały badanych sektorów w produkcji globalnej ogółem. W każdej kolumnie tablicy wyróżniono pogrubioną czcionką pięć wartości, które charakteryzują sektory o największej wartości danego wskaźnika (i średniorocznego tempa zmian) oraz zacięto te 5 wartości, które opisują sektory o najmniejszej wartości omawianych wskaźników (i średniorocznego tempa zmian).

³¹ Alternatywą jest szacowanie macierzy przepływów międzygałęziowych dla kolejnych lat na podstawie tablic podaży i wykorzystania innych dostępnych danych (Plich, 2002).

³² Pozostałe wzory nie ulegają modyfikacji.

W 2012 r. największy udział w produkcji globalnej ogółem miała działalność: budowlana (9,95%), spożywcza (6,37%), handlu hurtowo-komisowego (6,28%), usług nieruchomości (5,3%) oraz własnej działalności gospodarczej (4,12%). W roku 1996 sytuacja przedstawiała się podobnie, przy czym nastąpił spadek znaczenia rolnictwa (z udziałem na poziomie od 6,17% w 1996 r. do 3,3% w roku 2012, ze średnim tempem spadku ok. 3,8% rocznie). Możemy również wyszczególnić inne rodzaje działalności, których udział w generowanej produkcji globalnej ogółem jest zauważalnie mniejszy. Charakteryzują się one wysokim średniorocznym spadkiem tempa zmian analizowanego udziału. Mowa tu o rybołówstwie (-9,01%/rok), górnictwie węgla oraz ropy naftowej i gazu (6,28%/rok), produkcji wyrobów skórzanych (-5,37%/rok) i produkcji tytoniu (-5,05%/rok). Uwidaczniał się również wzrost znaczenia wyrobu: sprzętu RTV i telekomunikacyjnego (+10%/rok), maszyn biurowych i komputerów (+8,47%/rok), pojazdów mechanicznych (+7,89%/rok), produktów metalowych gotowych (+5,91%/rok) oraz maszyn i urządzeń elektrycznych (+5,53%/rok). Co ciekawe, wymienione rodzaje działalności cechowały się także bardzo niskim poziomem energochłonności produkcji globalnej. Świadczy o tym kolejna kolumna tablicy, według której uporządkowano malejąco dane w niej prezentowane. Kolumna ta identyfikuje najbardziej energochłonne rodzaje działalności. Wśród nich znajduje się produkcja rafineryjno-koksownicza (tu nazywana sektorem paliwowym) oraz produkcja energii elektrycznej, gazu dystrybucyjnego oraz ciepła (tu nazywana sektorem energetycznym).

Energochłonność produkcji globalnej tych sektorów jest znacznie wyższa aniżeli pozostałych rodzajów działalności i w 2012 r. wynosiła ok. 35,6 TJ/mln zł w przypadku sektora paliwowego oraz energetycznego ok. 30 TJ/mln zł. Sektory te zużywają przeważającą część energii pierwotnej w gospodarce, mimo iż generują razem mniej niż 5,0% produkcji globalnej ogółem³³. Warto zauważyć, że w badanym okresie energochłonność produkcji globalnej sektora energetycznego malała rocznie średnio o ok. 2,0%, natomiast energochłonność produkcji globalnej sektora paliwowego rosła o ok. 3,4% rocznie. Skutkiem tego zjawiska była zmiana pozycji „lidera” w rankingu energochłonności produkcji globalnej w analizowanym okresie. Względnie wysoki poziom wskaźnika energochłonności produkcji globalnej charakteryzował działalność związaną z papiernictwem, pozostałą produkcją niemetalową oraz leśnictwo. Zużywa się w nich nieprzetworzone pierwotne nośniki energii (głównie węgiel) na wsad przemian energetycznych, np. w celu generacji ciepła do ogrzania hal produkcyjnych.

Najmniejszą wskazaną energochłonnością, właściwie bliską zeru, wyróżniała się produkcja: sprzętu RTV i telekomunikacyjnego, druków i nośników informacji, usług transportu wodnego i lotniczego, górnictwa ropy naftowej i gazu oraz maszyn biurowych i komputerów.

³³ Sektor energetyczny zużywa ok. połowy energii pierwotnej, a paliwowy — ok. 1/3, razem zużywają ok. 5/6 energii pierwotnej ogółem. Ich udziały w produkcji globalnej ogółem wynoszą odpowiednio 2,87% i 1,67%.

STRUKTURA PRODUKCJI GLOBALNEJ ORAZ POZIOMY I ZMIANY ENERGOCHOŁNOŚCI SEKTORÓW POLSKIEJ GOSPODARKI

Wyszczególnienie ¹	Udział sektora w produkcji globalnej ogółem w %		Energochłonność PG w TJ/mln zł			Energochłonność PF w TJ/mln zł			Energochłonność indukowana w TJ/mln zł		
	2012	1996	średnioroczne tempo zmian w %	2012	1996	średnioroczne tempo zmian w %	2012	1996	2012	1996	średnioroczne tempo zmian w %
Gospodarka	100,00	100,00	n/d	1,720	3,304	-4,00	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
RafinKoksw	1,61	3,42	-4,61	35,591	20,758	3,43	3,02	1,088	1,159	1,088	-0,39
EnIGazCiep	2,87	3,88	-1,86	29,992	41,331	-1,99	-2,00	1,101	1,102	1,101	0,00
Papierniczy	0,93	0,51	3,80	1,907	6,351	-7,24	-4,34	8,448	17,174	4,429	3,13
PozNiemetal	1,65	1,12	2,45	1,254	6,404	-9,69	-4,54	6,391	13,451	5,098	5,70
Leśnictwo	0,24	0,45	-3,84	1,231	0,632	4,25	0,74	3,868	3,437	3,143	-3,37
Metallurgiczny	1,29	2,27	-3,48	1,128	4,541	-8,34	-2,34	13,614	19,885	12,073	6,54
Chemiczny	2,26	2,22	0,13	1,105	2,980	-6,01	-2,72	6,388	9,926	5,784	3,51
Rolnictwo	3,30	6,17	-3,84	0,783	1,106	-2,13	-1,40	4,016	5,032	5,128	4,50
Drzewny	1,04	0,89	0,96	0,751	1,748	-5,14	-2,63	4,760	7,290	6,336	2,65
Woda	0,32	0,43	-1,86	0,408	7,020	-16,29	-8,00	2,716	10,306	6,652	9,90
UsPomocFinan	0,30	0,17	3,66	0,334	0,575	-3,34	-2,18	2,977	4,234	8,915	1,21
Recykling	0,20	0,14	2,20	0,216	0,016	17,60	-1,39	5,829	7,291	26,987	-16,15
Spożywczy	6,37	6,20	0,16	0,197	1,225	-10,79	-2,77	4,421	6,931	22,403	8,98
RybololRybac	0,02	0,07	-9,01	0,166	0,043	8,83	0,49	4,692	4,337	28,238	-7,66
UsKomunalne	0,44	0,60	-1,85	0,110	0,124	-0,75	-1,27	9,633	6,337	71,675	-0,52
MebIPozProd	1,33	0,98	1,93	0,099	0,742	-11,82	-3,06	3,957	6,505	39,900	9,93
GumITworzSzt	2,13	0,90	5,50	0,073	1,083	-15,55	-3,25	4,283	7,265	59,063	14,57
Ubezpiecz	0,75	0,42	3,66	0,072	0,151	-4,53	0,05	3,094	3,069	43,044	4,80
HoteIRestaur	1,04	0,99	0,30	0,063	0,079	-1,43	-2,00	3,483	4,814	55,677	-0,58
Pozostale	0,59	0,80	-1,85	0,057	0,045	1,41	-1,87	1,832	1,832	23,855	-3,24
SprzTransPoz	0,83	0,72	0,94	0,055	0,630	-14,10	-2,77	4,508	7,060	81,401	13,19
WynajMaszUrz	0,18	0,17	0,36	0,044	0,059	-1,77	-1,50	6,402	8,156	144,082	0,27
Wlokienniczy	0,55	0,72	-1,67	0,042	2,586	-22,46	-5,11	3,617	8,375	81,974	22,38
GórWęglu	0,90	2,53	-6,28	0,043	2,056	-21,49	-4,45	2,805	5,813	65,400	21,69
Turystyka	1,34	1,06	1,44	0,042	0,065	-2,76	0,19	4,672	4,536	112,466	3,03
UsNaukBadaw	0,33	0,31	0,36	0,036	0,045	-1,33	-2,02	1,903	2,636	52,577	-0,70
Nieruchomsć	5,30	5,00	0,36	0,028	0,080	-6,42	-2,06	5,335	7,443	191,912	4,66

¹ Nazwy sektorów według bazy WIOD.

STRUKTURA PRODUKCJI GLOBALNEJ ORAZ POZIOMY I ZMIANY ENERGOCHŁONNOŚCI SEKTORÓW POLSKIEJ GOSPODARKI (dok.)

Wyszczególnienie ¹	Udział sektora w produkcji globalnej ogółem w %			Energochłonność PG w TJ/mln zł			Energochłonność PF w TJ/mln zł			Energochłonność indukowana w TJ/mln zł		
	2012	średnioroczne tempo zmian w %		2012	średnioroczne tempo zmian w %		2012	średnioroczne tempo zmian w %		2012	średnioroczne tempo zmian w %	
		1996	2012		1996	2012		1996	2012		1996	2012
UsInformat	0,76	0,72	0,36	0,026	0,028	-0,49	1,207	1,558	-1,59	46,437	55,441	-1,10
HandelPojNap	2,31	2,79	-1,17	0,026	0,025	0,23	1,503	1,733	-0,89	57,913	69,290	-1,11
UsOrgCzlonk	0,98	1,32	-1,85	0,024	0,018	1,95	0,393	0,585	-2,46	16,262	32,992	-4,33
MaszUrz	2,66	1,82	2,38	0,024	0,031	-20,94	5,072	8,345	-3,06	211,227	8,094	22,61
ProwDzialGos	4,12	3,88	0,36	0,023	0,029	-1,41	2,542	3,479	-1,94	110,182	120,188	-0,54
HandelDetal	4,07	4,91	-1,17	0,021	0,025	-1,11	2,425	3,083	-1,49	116,426	123,874	-0,39
OchrZdrowia	2,64	3,67	-2,05	0,020	0,019	0,28	1,811	2,482	-1,95	89,989	129,065	-2,23
AdmPubl	3,06	4,13	-1,85	0,019	0,020	-0,16	1,396	1,771	-1,48	72,843	90,117	-1,32
PocztaTelek	2,35	1,87	1,44	0,017	0,026	-2,49	1,894	2,553	-1,85	110,568	99,600	0,66
RekrKultura	0,86	1,16	-1,85	0,013	0,017	-1,69	2,810	3,952	-2,11	220,925	236,387	-0,42
Skorzany	0,17	0,42	-5,37	0,012	0,031	-21,93	3,408	5,763	-3,23	283,670	9,135	23,95
Tytoniowy	0,13	0,30	-5,05	0,012	0,170	-15,38	2,684	3,890	-2,29	228,727	22,914	15,47
Odziezowy	0,33	0,72	-4,81	0,011	0,245	-17,68	3,177	5,647	-3,53	291,405	23,036	17,19
PosredFinans	2,43	1,37	3,66	0,011	0,023	-4,67	0,861	1,088	-1,45	79,710	46,838	3,38
TransLadowy	3,76	2,99	1,44	0,010	0,263	-18,53	7,823	6,722	0,95	788,696	25,516	23,92
WyrMetGot	2,96	1,18	5,91	0,008	0,398	-21,53	5,785	8,661	-2,49	703,487	21,746	24,27
MedPreOpt	0,56	0,31	3,82	0,006	0,211	-19,56	2,819	4,237	-2,51	434,640	20,064	21,19
Edukacja	2,20	3,26	-2,42	0,005	0,012	-5,57	1,383	1,870	-1,87	297,851	161,105	3,92
MaszUrzElekt	1,67	0,71	5,53	0,004	0,538	-26,92	5,031	7,873	-2,76	1412,567	14,637	33,06
HandelHurtKom	6,28	7,58	-1,17	0,003	0,008	-5,60	2,191	2,518	-0,87	665,785	304,405	5,01
Budownictwo	9,95	7,70	1,62	0,002	0,074	-19,54	3,651	5,117	-2,09	1597,153	69,018	21,70
PojazdMech	4,03	1,20	7,89	0,002	0,586	-29,33	4,134	6,802	-3,06	1822,615	111,601	37,17
RTVielekom	1,62	0,35	9,99	0,002	0,158	-24,71	3,213	4,926	-2,64	1909,266	31,198	29,32
DrukNosInf	1,06	1,05	0,09	0,000	0,004	n/d	2,873	4,661	-2,98	11310,673	1047,328	n/d
TransWodLot	0,38	0,30	1,44	0,000	0,009	-29,40	3,769	3,573	0,33	108482,637	391,770	42,12
GorRiG	0,38	1,06	-6,28	0,000	0,066	n/d	2,642	3,038	-0,87	n/d	45,732	n/d
MaszBiurKomp	0,16	0,04	8,47	0,000	0,171	n/d	3,480	4,932	-2,16	n/d	28,843	n/d

¹ Nazwy sektorów według bazy WIOD.

U w a g a: Pogrubienie oznacza 5 największych wartości w kolumnie, cieniowanie — 5 najmniejszych wartości w kolumnie, n/d — brak danych lub dzielenie przez 0.

Ź r ó d ł o: opracowanie własne na podstawie danych IMPEC.

Na ogół średnioroczne tempo zmian energochłonności produkcji globalnej poszczególnych rodzajów działalności w polskiej gospodarce malało. Tempo zmian było zróżnicowane, niemniej jednak wysokie tempo spadku w sektorach o bardzo niskim poziomie omawianego wskaźnika należy traktować z rezerwą. Na uwagę zasługuje jednak fakt, że najszybciej wzrastała energochłonność recyklingu — z ok. 0,016 TJ/mln zł w 1996 r. (jedna z najniższych wartości wskaźnika w tym okresie) do ok. 0,216 TJ/mln zł w roku 2012, co pokazuje średnioroczne tempo zmian wynoszące +17,6% rocznie. Warto również przyrzeć się energochłonności produkcji globalnej całej gospodarki, która w 1996 r. wynosiła 3,303 TJ/mln zł i spadała średnio o 4,0% rocznie, by w roku 2012 osiągnąć 1,72 TJ/mln zł. Oznacza to, że w okresie 1996—2012 energochłonność polskiej gospodarki spadła niemal o połowę (ok. 48,0%).

W kolejnej kolumnie tablicy przedstawiono energochłonność produkcji finalnej. W 1996 r. wśród pięciu rodzajów działalności ponoszących największe pełne nakłady energetyczne znalazły się niemal te same rodzaje działalności, których energochłonność produkcji globalnej była największa w 2012 r. W tym gronie zabrakło jedynie produkcji metalurgicznej, cechującej się wysokim poziomem wskaźnika energochłonności produkcji finalnej (plasował się zaraz za sektorami biorącymi udział w przemianach energetycznych, tj. sektorem paliwowym i energetycznym). W 1996 r. wynosił on ok. 19,9 TJ/mln zł i spadał rocznie średnio o 2,34%, by w 2012 r. osiągnąć ok. 13,6 TJ/mln zł.

Ostatni okres badania identyfikuje również inną działalność ponoszącą wysokie pełne nakłady energetyczne — usługi komunalne, których energochłonność produkcji finalnej w 2012 r. wynosiła 7,85 TJ/mln zł. Z kolei najmniejsze pełne nakłady energetyczne w 2012 r. ponosiła działalność związana z: usługami organizacji członkowskich (0,393 TJ/mln zł), pośrednictwem finansowym (0,861 TJ/mln zł), usługami informatycznymi (1,207 TJ/mln zł), usługami pozostałymi (1,355 TJ/mln zł) oraz edukacją (1,383 TJ/mln zł). Na ogół notowane przez poszczególne rodzaje działalności średnioroczne tempo zmian energochłonności produkcji finalnej w latach 1996—2012 należy uznać za mniej gwałtowne aniżeli wzrosty/spadki tempa zmian energochłonności produkcji globalnej. Energochłonność produkcji finalnej malała (tak jak w przypadku energochłonności produkcji globalnej), jednak gdzieś się pojawił wyraźny średnioroczny wzrost energochłonności, jak np. wysoki wzrost (3,0% rocznie) w sektorze paliwowym oraz mniejszy wzrost w transporcie lądowym, wodnym i lotniczym, leśnictwie i rybołówstwie (poniżej 1,0% rocznie). Największe ujemne tempo zmian energochłonności produkcji finalnej notowały: dystrybucja i uzdatnianie wody (−8%/rok), włókiennictwo (−5,11%/rok, przy wspomnianym wcześniej dużym tempie spadku energochłonności produkcji globalnej), produkcja pozostałych wyrobów niemetalowych, górnictwo węgla oraz papiernictwo (ok. −4,5%/rok).

Ostatnia kolumna tablicy zestawia dane na temat energochłonności indukowanej. W pierwszej kolejności zauważamy, że sektory, które charakteryzowały

się najwyższym zużyciem energii na jednostkę produkcji globalnej teraz cechują się najniższą wartością energochłonności indukowanej, tak więc ponoszą najniższe pośrednie nakłady energetyczne (szczególnie dotyczy to 2012 r.). Sektory o najniższym wskaźniku energochłonności produkcji globalnej charakteryzowały się bardzo wysoką energochłonnością indukowaną³⁴. Najwyższy średnioroczny spadek energochłonności indukowanej wystąpił w recyklingu (-16,15%/rok). Spadek ten był spowodowany głównie szybkim wzrostem energochłonności produkcji globalnej przy powolnym spadku energochłonności produkcji finalnej. Tak więc z roku na rok zapotrzebowanie gospodarki na energię, wywołane wzrostem zużycia energii w tym sektorze, malało o ok. 16,0% rocznie. Zauważalny średnioroczny spadek energochłonności notowało również leśnictwo, gdzie energochłonność produkcji globalnej rosła szybciej od energochłonności produkcji finalnej (a były to jedne z największych wzrostów tych wskaźników w badanym okresie). Najwyższe tempo wzrostu mnożnika typu I notowały zwykle działalność o wysokiej energochłonności indukowanej, choć takie tempo było również obserwowane gdzie indziej, tzn. we włókiennictwie i górnictwie węgla. Tam energochłonność produkcji globalnej spadała bardzo szybko, przy wolniejszym spadku energochłonności produkcji finalnej. W związku z tym wzrost zużycia energii we włókiennictwie i górnictwie węgla wywołuje potrzebę ponoszenia coraz większych nakładów energetycznych w gospodarce.

Zróznicowanie wartości omawianych zmiennych za lata 1996 i 2012 zostało zobrazowane na wykresie 1 za pomocą krzywej Lorenza i współczynnika Giniego.

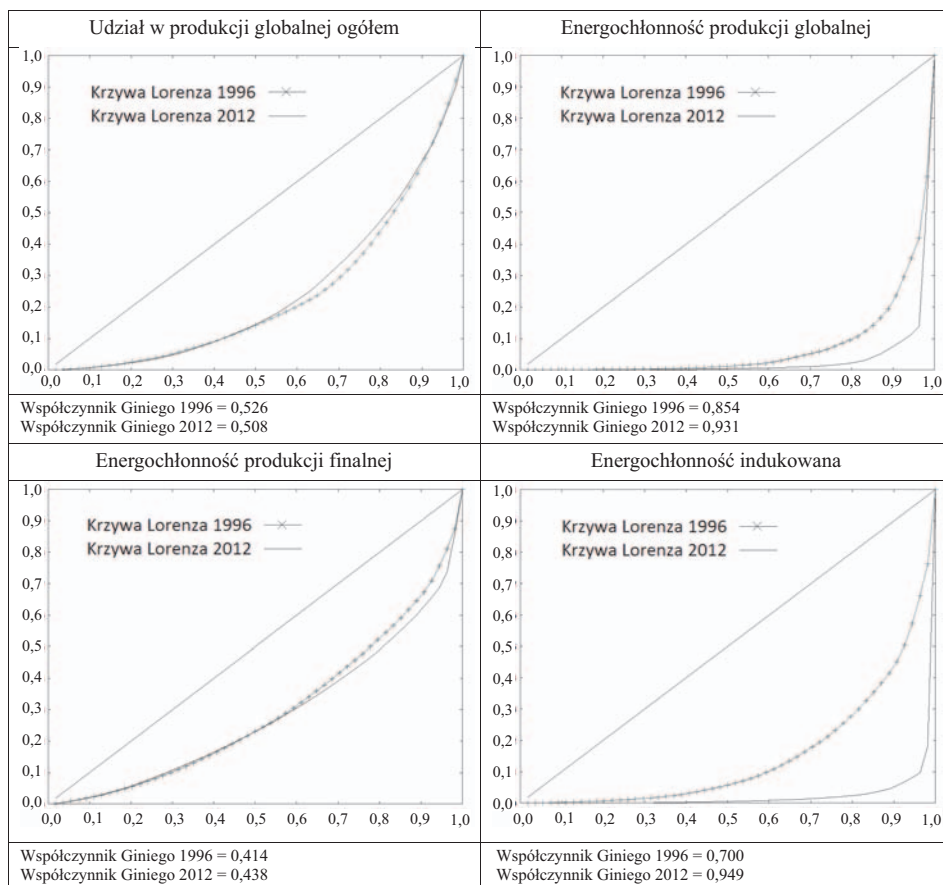
Sektory polskiej gospodarki są najmniej zróżnicowane pod względem energochłonności produkcji finalnej. Porównując początkowy i końcowy okres badania widzimy, że koncentracja sektorów względem tej zmiennej jedynie nieznacznie wzrosła, o czym świadczy współczynnik Giniego w 1996 r. wynoszący 0,414, a w 2012 r. — 0,438. Minimalny wzrost koncentracji można zauważyć na wykresie (prawy dolny rysunek), gdzie krzywa Lorenza z 2012 r. odchyła się nieco bardziej w prawo od krzywej z 1996 r. Zbliżone do przedstawionego zróżnicowanie, choć trochę większe, charakteryzuje sektory w zakresie udziału produkcji globalnej danego sektora w produkcji globalnej ogółem (górny lewy rysunek). W tym przypadku współczynnik Giniego nieznacznie spadł w badanym okresie (z 0,526 w 1996 r. do 0,508 w roku 2012) i krzywa Lorenza z 1996 r. przesunęła się nieco bliżej linii 45 stopni.

Dużo większe zróżnicowanie cechowało sektory pod względem energochłonności produkcji globalnej i indukowanej. W roku 1996 nierównomierność rozkładu energochłonności produkcji globalnej była zauważalnie wyższa od nierównomierności rozkładu energochłonności indukowanej. Współczynnik Giniego dla tych zmiennych wynosił odpowiednio 0,854 i 0,700. Sytuacja uległa

³⁴ Taka sytuacja może jednak wynikać głównie ze sposobu konstrukcji wskaźnika, gdzie w mianowniku występują liczby bliskie zeru. Dzielenie stałych przez wartości bliskie zeru daje wysokie wyniki, co może zaburzać rezultaty badania.

zmianie w roku 2012. Koncentracja obu zmiennych wzrosła, jednak notowano szybszy jej wzrost w zakresie energochłonności indukowanej. Współczynnik Giniego dla tej zmiennej wyniósł 0,949, podczas gdy dla energochłonności produkcji globalnej — 0,931. Krzywe Lorenza z roku 2012 skonstruowane dla obu zmiennych znacznie odchylają się od swoich odpowiedników z roku 1996.

KRZYWA LORENZA ORAZ WSPÓŁCZYNNIK GINIEGO DLA ANALIZOWANYCH ZMIENNYCH



Źródło: opracowanie własne za pomocą oprogramowania GRETLL.

Podsumowanie

Analiza zużycia energii skłania do sformułowania następujących wniosków:
1) w literaturze przedmiotu trudno znaleźć badania obejmujące dogłębną analizę energochłonności na poziomie mezoekonomicznym, pomimo że nie ma trud-

- ności ze zgromadzeniem odpowiednich danych w tym zakresie. Badacze korzystają zwykle z danych przetworzonych oraz gotowych wskaźników opracowanych przez instytucje krajowe (np. GUS) lub ponadnarodowe (Eurostat, Enerdata, IEA, ODYSSEE-MURE);
- 2) zmiana zasad klasyfikacji działalności oraz klasyfikacji wyrobów i usług obejmująca dane sektorowe od roku 2009 zaburzyła ciągłość szeregów czasowych wykorzystywanych w analizach prowadzonych na szczeblu mezoekonomicznym. Prowadzenie analiz energochłonności w dezagregacji sektorowej, dostępnej w rachunkach narodowych, wymagało utworzenia spójnych szeregów czasowych, w tym również tych, które zawarte są w bilansach energetycznych. Efektem podjętych działań jest bank danych zużycia energii według sektorów i nośników, obejmujący lata 1996—2012;
 - 3) energochłonność sektorów gospodarki można mierzyć za pomocą energochłonności produkcji globalnej (uwzględniającej bezpośrednio nakłady energetyczne), energochłonności produkcji finalnej (uwzględniającej pełne nakłady energetyczne) oraz energochłonności indukowanej (będącej stosunkiem dwóch poprzednich mierników). Wskaźniki te (poza energochłonnością indukowaną, która jest wielkością niemianowaną) wyrażone są w jednostkach hybrydowych;
 - 4) analiza zgromadzonych danych wykazała, że do najbardziej energochłonnych sektorów nie zaliczały się te mające swój największy udział w tworzeniu produkcji globalnej ogółem, natomiast były to sektory energetyczny i rafineryjno-koksowniczy, zużywające jednocześnie najwięcej energii pierwotnej. Pozostałe sektory, ze względu na swój ograniczony udział w przemianach energii, cechowały się niską energochłonnością produkcji globalnej. Po uwzględnieniu pośrednich nakładów energetycznych, wśród rodzajów działalności o najwyższej energochłonności produkcji finalnej można wymienić również produkcję metalurgiczną, papiernictwo i usługi komunalne;
 - 5) w okresie 1996—2012 polska gospodarka charakteryzowała się malejącym trendem energochłonności produkcji globalnej w średnim tempie 4,0% rocznie. Te pozytywne zmiany są skutkiem zmniejszenia większości sektorowych współczynników energochłonności podlegających analizie, zwłaszcza w sektorze energetycznym. Nie bez znaczenia były tu również zmiany struktury produkcji, gdzie można zauważyć znaczny spadek udziałów produkcji globalnej sektorów energochłonnych (energetyczny i paliwowy) na rzecz działalności o niskiej energochłonności, takich jak produkcja sprzętu RTV i telekomunikacyjnego, maszyn biurowych i komputerów, pojazdów mechanicznych czy maszyn i urządzeń elektrycznych. Choć wpływ tych zmian na energochłonność wydaje się niepodważalny, to określenie ich siły wymaga pogłębionych badań;
 - 6) tempo spadku energochłonności produkcji globalnej jest na ogół wyższe od tempa spadku energochłonności produkcji finalnej. Niemniej jednak pojawiają się sektory, które w latach 1996—2012 zauważalnie średniorocznie zwiększyły swoją energochłonność produkcji globalnej lub energochłonność pro-

- dukcji finalnej (bądź te dwa rodzaje energochłonności na raz). Są nimi np. sektor paliwowy, leśnictwo czy rybołówstwo. Do grona sektorów o wysokim tempie spadku zarówno energochłonności produkcji globalnej, jak i finalnej należy zaliczyć włókiennictwo oraz pobór i uzdatnianie wody;
- 7) sektory polskiej gospodarki są najmniej zróżnicowane pod względem energochłonności produkcji finalnej. Zbliżone zróżnicowanie, choć trochę większe, charakteryzuje sektory w zakresie udziału produkcji globalnej danego sektora w produkcji globalnej ogółem. Znacznie większa koncentracja występuje w przypadku energochłonności produkcji globalnej oraz indukowanej. W analizowanym okresie zmniejszyła się jedynie koncentracja produkcji globalnej.

dr hab. Mariusz Plich — profesor UŁ, **mgr Jurand Skrzypek** — doktorant UŁ

LITERATURA

- Bielak R., Bieniek M., Wojciechowska E. (2009), *Polska Klasyfikacja Działalności 2007 — wdrażanie i konsekwencje zmian*, „Wiadomości Statystyczne”, nr 6: s. 27—40.
- Bilans przepływów międzygałęziowych w bieżących cenach bazowych* (2009, 2014), GUS.
- Blair P., Miller R. (2009), *Input-Output analysis. Foundations and Extensions*, Nowy York, Cambridge University Press.
- Boratyński J., Plich M., Przybyliński M. (2010), *Krótkookresowe efekty zmian cen energii w polskiej gospodarce*, „Studia Prawno-Ekonomiczne”, t. LXXXII.
- Drugi Krajowy Plan Działań dotyczący efektywności energetycznej dla Polski 2011* (2012), Ministerstwo Gospodarki, <http://pollighting.pl/ii-krajowy-plan-dzialan-na-rzecz-efektywnosci-energetycznej> (dostęp 20.02.2015 r.).
- Efektywność wykorzystania energii* (2014), GUS.
- Gospodarka paliwowo-energetyczna* (1997 i kolejne lata), GUS.
- Krajowy Plan Działań dotyczący efektywności energetycznej dla Polski 2014* (2014), Ministerstwo Gospodarki, http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_ar_pl_poland.pdf (dostęp 20.02.2015 r.).
- Lenzen M. (2011), *Aggregation Versus Disaggregation in Input-Output Analysis of the Environment*, *Economic Systems Research*, Vol. 23(1): s. 73—89.
- Model optymalnego miks energetycznego dla Polski do roku 2060* (2013), Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, Departament Analiz Strategicznych.
- Mulder P., de Groot H. L. F. (2011), *Energy intensity across sectors and countries: empirical evidence 1980—2005*, „CBP Discussion Paper 171”.
- Patterson G. M. (1996), *What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues*, „Energy Policy”, Vol. 24/5: s. 377—390.
- Peet J. (2004), *Economic systems and energy, conceptual overview*, „Encyclopedia of Energy”, Vol. 6: s. 103—115.
- Plich M. (2002), *Budowa i zastosowanie wielosektorowych modeli ekonomiczno-ekologicznych*, Wydawnictwo UŁ.
- Plich M. (2007), *Modeling Economic and Social Impacts of Energy Prices in the Polish Economy*, [w:] *Recent developments in INFORUM-type Modeling*, Wydawnictwo UŁ: s. 53—68.

- Plich M. (2011), *Sectoral Impact of EU2020 Targets on the Polish Economy*, [w:] Hasegawa T., Ono M. (red.), *Interindustry Based Analysis of Macroeconomic Forecasting, Institute for International Trade and Investment*, Tokyo: s. 42—61.
- Plich M. (2013), *Determinants of Modelling the Impact of Possible Shale Gas Extraction in Poland*, [w:] Bardazzi R., Ghezzi L. (eds.), *Macroeconomic Modelling for Policy Analysis*, Firenze University Press: s. 245—270.
- Plich M. (2015), *The Impact of Possible Shale Gas Extraction on the Polish Economy*, [in:] Meade D.S. (ed.), *In Quest of the Craft: Economic Modeling for the 21st Century*, Firenze University Press (in press).
- Polska Klasyfikacja Działalności* (2007), Załącznik do Rozporządzenia Rady Ministrów z 24 grudnia 2007 r. w sprawie Polskiej Klasyfikacji Działalności.
- Poprawa efektywności energetycznej transportu w Polsce — analiza dostępnych środków i propozycje działań* (2012), Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej.
- Projekt polityki energetycznej Polski do 2050 roku* (2014), Ministerstwo Gospodarki, https://www.wko.at/Content.Node/service/aussenwirtschaft/pl/Polish_Energy_Policy_28PEP29_2050.pdf (dostęp 25.10.2014 r.).
- Proskuryakova L., Kovalev A. (2015), *Measuring energy efficiency: Is energy intensity a good evidence base?*, „Applied energy”, Vol. 138: s. 450—459.
- Przyszłość w atomie, czy w rozproszeniu? — ekspercka debata MG* (2012), Ministerstwo Gospodarki, <http://www.mg.gov.pl/node/16445> (dostęp 25.10.2014 r.).
- Raport dotyczący kluczowych polskich energochłonnych przemysłów, z identyfikacją ograniczeń we wdrażaniu efektywności energetycznej w zakładach oraz opracowaniem rozwiązań dla tych przemysłów* (2008), Lewiatan.
- Stan środowiska w Polsce. Raport 2014* (2014), Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.
- Su B., Huang H. C., Ang B. W. i Zhou P. (2010), *Input-Output Analysis of CO₂ Emissions Embodied in Trade: The Effects of Sector Aggregation*, „Energy Economics”, Vol. 32: s. 166—175.
- Suwała W. (2011), *Modelowanie systemów paliwowo-energetycznych*, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- Szczerbowski R. (2013), *Bezpieczeństwo energetyczne Polski — miks energetyczny i efektywność energetyczna*, „Polityka Energetyczna”, Tom 16, Zeszyt 4: s. 3546.
- Tomaszewicz Ł. (1994), *Metody analizy input-output*, PWE, Warszawa.
- World trends in energy use and efficiency. Key insights from IEA Indicator Analysis* (2008), International Energy Agency.
- Zasady metodyczne sprawozdawczości statystycznej z zakresu gospodarki paliwami i energią oraz definicje stosowanych pojęć* (2006), GUS.

Summary. *The aim of the paper is to determine trends in energy intensity of the Polish economy at the mezo-economic level in the years 1996—2012 with particular emphasis on energy intensity of global production, final production and induced energy intensity. In the analyzed period a decrease of energy intensity level in whole economy was observed. The most energy-intensive sectors were identified and average pace of changes of mentioned ratios was calculated. The World Input-Output Database (WIOD) is the data core and includes unified energy balances, according to PKD 2004 classification.*

Keywords: energy balances, energy intensity ratios, WIOD.

Резюме. *Целью статьи является название тенденций в области энергоемкости польской экономики в мезоэкономическом подходе в 1996—2012 гг, с особым учетом показателей энергоемкости глобального окончательного и индуцированного производства. В обследуемом периоде наблюдалось снижение уровня энергоемкости в экономике. В статье были представлены виды деятельности характеризующиеся наибольшей энергоемкостью, а также была показана скорость изменений этих показателей. Главные данные из обследования находятся в базе WIOD (World Input-Output Database), которая составляет, в частности, унифицированные топливно-энергетические балансы по классификатору ПКД (PKD) 2004.*

Ключевые слова: топливно-энергетические балансы, IMPES, показатели энергоемкости.