

Edyta DWORAK\*  
Maria Magdalena GRZELAK\*

## Nakłady na działalność badawczo-rozwojową a PKB w krajach Unii Europejskiej

### Wstęp

Kierunki przemian w gospodarce światowej, zachodzących w ostatnich latach, wskazują na przechodzenie od gospodarki ery industrialnej do gospodarki opartej na wiedzy. Zwiększanie inwestycji w środki trwałe nie jest już wystarczającym sposobem na zapewnienie trwałego wzrostu gospodarczego. Czynnikiem decydującym o rozwoju stają się: działalność badawczo-rozwojowa (B+R), innowacje i kapitał ludzki. Proces przechodzenia do gospodarki opartej na wiedzy przejawia się we wzroście przewagi konkurencyjnej państw i regionów specjalizujących się w wytwarzaniu produktów zaawansowanych technologicznie. Innowacyjność jest zatem uznawana za jeden z najważniejszych czynników decydujących o tempie i jakości wzrostu gospodarczego. W konsekwencji głównym przedmiotem badań prowadzonych w krajach wysoko rozwiniętych jest poszukiwanie źródeł innowacyjności i metod budowania potencjału innowacyjnego, które stają się podstawą kreowania gospodarki opartej na wiedzy [Miedziński, 2001, s. 210]. Za istotną determinantę poziomu innowacyjności poszczególnych gospodarek uznaje się nakłady na badania i rozwój, przeznaczane na prowadzenie badań podstawowych, stosowanych i prac rozwojowych, jak i efekty tych badań, występujące w postaci innowacji.

Celem artykułu jest próba weryfikacji teorii Fagerberga zakładającej, że wielkość potencjału technologicznego (innowacyjnego) danej gospodarki, mierzona udziałem nakładów na działalność badawczo-rozwojową w PKB, jak i liczbą patentów *per capita* zarejestrowanych w danej gospodarce, wpływa dodatnio na tempo wzrostu gospodarczego [Fagerberg, 1987, s. 87], [Świeczewska, 2007, s. 90]. W artykule dokonano adaptacji proponowanego przez Fagerberga podejścia, analizując wpływ nakładów na B+R na PKB *per capita*, wyrażony w odniesieniu do średniej dla 27 krajów Unii Europejskiej, według standardów siły nabywczej, w latach 1999-2008. Z uwagi na niekompletność danych zostały z niej wyłączone trzy kraje: Luksemburg, Cypr i Malta. W badaniu wykorzystano metody estymacji modeli panelowych<sup>1</sup>; panel stanowi tu

\* E. Dworak jest pracownikiem Katedry Mikroekonomii, e-mail: dworak@gmail.com, zaś M.M. Grzelak – Katedry Statystyki Ekonomicznej i Społecznej Uniwersytetu Łódzkiego, e-mail: mgrzel@wp.pl. Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2010 r.

<sup>1</sup> Termin „modele panelowe” używany jest w niniejszym artykule jako synonim modeli ekonometrycznych, estymowanych na podstawie danych panelowych.

szereg składający się z 240 obserwacji (24 kraje obserwowane w ciągu 10 lat). Na potrzeby badania zgromadzono następujące dane:

- PKB *per capita* PPS EU(27) = 100<sup>2</sup>,
- nakłady na B+R jako procent PKB.

Dane pochodzą z Eurostatu i roczników statystycznych Głównego Urzędu Statystycznego.

### Badania Fagerberga

Pionierskie badania empiryczne mające na celu wyjaśnienie różnic w poziomie rozwoju gospodarczego poszczególnych krajów w zależności od stopnia zaawansowania ich potencjału technologicznego przeprowadził Fagerberg. Na podstawie próby przekrojowo-czasowej, obejmującej 25 krajów (19 krajów OECD oraz Argentynę, Brazylię, Hongkong, Koreę Płd., Meksyk i Tajwan) w latach 1960-1983, poddał weryfikacji hipotezę, że poziom rozwoju technologicznego kraju w istotny sposób wpływa na jego wzrost gospodarczy. Fagerberg wykazał, że kraje o niskim poziomie PKB *per capita* mogą, poprzez import czy naśladownictwo, odnosić korzyści zewnętrzne z szybszego rozwoju technologicznego krajów bogatszych. W związku z tym może się pojawić następująca zależność: w krajach biedniejszych stopa wzrostu gospodarczego może być wyższa od tej, która wynika ze stopy wzrostu poziomu technologicznego i akumulacji kapitału w tych krajach. Zjawisko to Fagerberg określił mianem „efektu doganiania” (*catching-up effect*) [Fagerberg, 1987, s. 87-89].

W swoich badaniach Fagerberg przyjął także, że poziom aktywności technologicznej (innowacyjnej) danej gospodarki można zmierzyć udziałem nakładów na B+R w PKB, jak i liczbą patentów *per capita* zarejestrowanych w danej gospodarce, które znalazły zastosowanie poza jej granicami. Z powodu braku odpowiednich (pełnych) danych statystycznych w badaniach Fagerberga uwzględniony został drugi z przedstawionych wskaźników aktywności technologicznej (innowacyjnej) gospodarki – patenty *per capita* zarejestrowane w danej gospodarce. Uzyskane przez niego wyniki potwierdzają hipotezę, że wielkość potencjału technologicznego (innowacyjnego) danej gospodarki dodatnio wpływa na tempo wzrostu gospodarczego [Świczewska, 2007, s. 90]. Poza tym Fagerberg udowodnił, że w odniesieniu do małych i średnich gospodarek efekt ten był nieco większy niż w przypadku wszystkich badanych krajów łącznie.

Z uwagi na brak pełnych danych dotyczących liczby patentów, w artykule skoncentrowano się na analizie związku między nakładami na działalność badawczo-rozwojową a poziomem PKB *per capita*, obliczonym według standardów siły nabywczej, w stosunku do średniej dla 27 krajów Unii Europejskiej.

<sup>2</sup> PKB *per capita* PPS EU(27) = 100 oznacza PKB *per capita* według standardów siły nabywczej, wyrażony w odniesieniu do średniej dla 27 krajów Unii Europejskiej, która wynosi 100. A zatem, jeśli indeks dla danego kraju jest wyższy niż 100, poziom PKB *per capita* w tym kraju jest wyższy niż średnia dla Unii i *vice versa*.

## **Kształtowanie się PKB *per capita* i nakładów na B+R w krajach Unii Europejskiej w latach 1999-2008**

Analizę statystyczną relacji między nakładami na B+R a PKB *per capita* warto poprzedzić oceną tendencji kształtowania się analizowanych wskaźników.

Jednym z głównych filarów współczesnych gospodarek opartych na wiedzy jest działalność badawczo-rozwojowa, którą definiuje się jako systematycznie prowadzone prace twórcze, podjęte dla zwiększenia zasobu wiedzy, w tym wiedzy o człowieku, kulturze i społeczeństwie, jak również dla znalezienia nowych zastosowań dla tej wiedzy. Działalność ta obejmuje trzy rodzaje badań: (a) badania podstawowe, tj. prace teoretyczne i eksperymentalne nieukierunkowane na uzyskanie konkretnych zastosowań praktycznych, (b) badania stosowane definiowane jako prace badawcze podejmowane w celu zdobycia nowej wiedzy, mającej konkretne zastosowania praktyczne i (c) prace rozwojowe polegające na zastosowaniu już istniejącej wiedzy do opracowania nowych lub istotnego ulepszenia istniejących wyrobów, procesów czy usług [*Nauka i technika...*, 2008, s. 36]. Jest znamienne, że działalność badawczo-rozwojową charakteryzuje widoczny element nowości i eliminacja niepewności naukowej i/lub technicznej, a zatem rozwiązanie problemu, podjętego w ramach tej działalności, nie wynika z dotychczasowego stanu wiedzy [*Nauka i technika...*, 2008, s. 36]. Działalność B+R stanowi, obok zakupu technologii materialnej (np. maszyny i urządzenia) i niematerialnej (patenty, licencje, usługi techniczne), istotny składnik działalności innowacyjnej<sup>3</sup>.

Głównym miernikiem działalności badawczo-rozwojowej są nakłady na tę działalność (GERD – *gross expenditures on research and development*), rozumiane jako suma nakładów wewnętrznych poniesionych w danym roku na działalność B+R przez wszystkie jednostki prowadzące tę działalność w danym kraju. W publikacjach z zakresu statystyki działalności badawczo-rozwojowej najczęściej analizuje się poziom tych nakładów w relacji do PKB danego kraju (GERD/PKB). Wartość tej relacji jest zazwyczaj dodatnio skorelowana z wartością PKB w przeliczeniu na jednego mieszkańca, na co wskazuje poniższe zestawienie owej relacji i wartości PKB *per capita* w 24 krajach Unii Europejskiej (tabl. 1).

---

<sup>3</sup> Działalność innowacyjna definiowana jest jako szereg działań o charakterze naukowym (badawczym), technicznym i organizacyjnym, finansowym i handlowym (komercyjnym), których celem jest opracowanie i wdrożenie nowych lub istotnie ulepszonych produktów i procesów, przy czym produkty te i procesy są nowe, przynajmniej z punktu wprowadzającego je przedsiębiorstwa. Por. *Nauka i technika w 2007 r.*, [2008, s. 119-120].

Tablica 1

Średnioroczna relacja nakładów na B+R do PKB i średnioroczny poziom PKB *per capita* (PKB *per capita* PPS EU(27) = 100) w 24 krajach Unii Europejskiej w latach 1999-2008

Kraj	Średnioroczna relacja nakładów na B+R do PKB (w %)	Średnioroczny poziom PKB <i>per capita</i> (PKB <i>per capita</i> PPS EU(27) = 100)
Irlandia	1,22	139,2
Holandia	1,77	131,24
Austria	2,26	126,21
Dania	2,44	125,13
Szwecja	3,80	122,54
Belgia	1,91	121,17
Wlk. Brytania	1,77	119,81
Niemcy	2,49	116,53
Finlandia	3,39	114,86
Francja	2,14	111,9
Włochy	1,10	100,88
Hiszpania	1,07	100,75
Grecja	0,58	90,56
Słowenia	1,45	84,59
Portugalia	0,87	76,51
Czechy	1,33	74,12
Węgry	0,91	60,69
Słowacja	0,55	57,95
Estonia	0,88	55,36
Polska	0,59	50,35
Litwa	0,70	48,99
Łotwa	0,50	45,63
Rumunia	0,42	33,41
Bułgaria	0,50	32,80

Źródło: własne obliczenia na podstawie danych Eurostat-u i GUS z lat 1999-2008

Jak wynika z danych przedstawionych w tablicy 1, do krajów o najwyższym poziomie nakładów na działalność B+R w relacji do PKB należą najbardziej innowacyjne gospodarki europejskie, tj. Szwecja (3,80% PKB), Finlandia (3,39% PKB), Dania, Niemcy, Austria i Francja, które odnotowały również wysoki poziom PKB *per capita*. Niemniej, nie jest to najwyższy poziom PKB *per capita* w analizowanych 24 krajach Unii Europejskiej. Wyższa wartość PKB *per capita* cechuje kraje o nieco niższym poziomie nakładów na B+R w odniesieniu do PKB, tj. Irlandię (139,2) i Holandię (131,24). Natomiast w grupie krajów Europy Środkowo-Wschodniej, należących do Unii Europejskiej, najwyższą pozycję, z punktu widzenia relacji nakładów na działalność B+R do PKB, zajmują Słowenia, Czechy i Węgry, które osiągnęły również najwyższy poziom PKB

*per capita* wśród nowych członków UE (jest on jednak niższy od średniej dla 27 krajów Unii). Polska zajmuje 20. pozycję wśród analizowanych krajów pod względem poziomu PKB *per capita* (stanowi on połowę średniej obliczonej dla 27 krajów UE); odnotowuje również niską, porównywalną z Łotwą i Bułgarią, relację nakładów na B+R do PKB, wynoszącą 0,59%. Na końcu zestawienia znajdują się „najmłodszy” członkowie Unii Europejskiej, tj. Rumunia i Bułgaria, które odnotowały najniższy poziom PKB *per capita* i relacji nakładów na działalność B+R do PKB.

### Specyfikacja modeli

W artykule podjęto próbę oszacowania funkcji regresji, pozwalającej na opis związku między nakładami na B+R a PKB *per capita* w krajach UE. Jest oczywiste, że uzyskany w ten sposób obraz (opis) zmian PKB nie jest w pełni kompleksowy, jako że oprócz nakładów na działalność badawczo-rozwojową PKB determinowany jest przez inne czynniki, takie jak np. wielkość zatrudnienia, wartość nakładów inwestycyjnych itp. W analizie nie uwzględniono owych czynników wpływających na PKB, starano się bowiem przede wszystkim zbadać, jak nakłady na działalność badawczo-rozwojową oddziałują na zmiany w poziomie rozwoju gospodarczego krajów członkowskich Unii Europejskiej (prosty związek korelacyjny), równolegle starano się również wskazać kraje, w których działalność badawczo-rozwojowa daje najlepsze efekty w postaci wzrostu PKB. Kierując się tymi przesłankami, zamiast operować wartością bezwzględną Produktu Krajowego Brutto, posłużono się wskaźnikiem wyrażającym PKB *per capita* według standardów siły nabywczej, w odniesieniu do średniej dla 27 krajów Unii Europejskiej. A zatem ograniczenie się do jednej zmiennej objaśniającej i modeli jednorównaniowych wydaje się być uzasadnione celem, jak i zakresem badania. Co ważne, zastosowane podejście umożliwia ocenę zmian w poziomie rozwoju gospodarczego w stosunku do średniej unijnej (zmniejszanie bądź zwiększanie dystansu w stosunku do średniej UE-27) pod wpływem działalności badawczo-rozwojowej.

Zgodnie z teorią Fagerberga, PKB jest dodatnią funkcją nakładów na B+R. Mając na uwadze powyższe spostrzeżenia zaproponowano następującą funkcję PKB:

$$PKB = f(NaktB + r), \quad (1)$$

gdzie:

*PKB* – PKB *per capita* według standardów siły nabywczej, wyrażony w odniesieniu do średniej dla 27 krajów Unii Europejskiej,

*NaktB + r* – nakłady na B+R w poszczególnych krajach jako % PKB.

Należy zauważyć, że niezbyt długie szeregi czasowe, obejmujące 10 lat, uniemożliwiają przeprowadzenie analizy klasycznymi metodami, w tym zwłaszcza klasyczną metodą najmniejszych kwadratów. Skłania to do podjęcia próby

opisu omawianych relacji przy wykorzystaniu próby przekrojowo-czasowej (dane obejmują 10 lat, każda ze zmiennych rejestrowana jest dla 24 obiektów – krajów, co daje próbę liczącą 240 obserwacji). Przy tego typu danych metoda najmniejszych kwadratów nie powinna być stosowana, z uwagi na ryzyko wystąpienia heteroskedastyczności. Ryzyko to można zminimalizować w modelach panelowych, co determinuje ich zastosowanie w modelowaniu PKB.

Modele panelowe mogą mieć postać: modeli z dekompozycją wyrazu wolnego (FEM – *Fixed Effects Model*) lub modeli z dekompozycją składnika losowego (REM – *Random Effects Model*), przy czym dekompozycja może uwzględniać tylko jeden czynnik (modele jednoczynnikowe) lub dwa czynniki równocześnie (modele dwuczynnikowe).

Modele FEM i REM można ogólnie zapisać następująco<sup>4</sup>:

$$y_{it} = m_i + bx_{it} + e_{it} \quad (2)$$

gdzie:

$m_i$  – ogólny wyraz wolny,

$b$  – parametr strukturalny wyrażający wpływ zmiennej objaśniającej  $X$ ,

$x_{it}$  – realizacja zmiennej objaśniającej dla  $i$ -tego obiektu w  $t$ -tym okresie,

$e_{it}$  – reszty, spełniające klasyczne założenia:  $E(e_{it}) = 0$  i  $\text{Var}(e_{it}) = S_e^2$ .

W modelu FEM  $m_i$  jest dekomponowany w wyrazy wolne (stałe) dla poszczególnych grup oddzielnie. Model ma zatem postać [Suchecky 2000]:

$$y_{it} = a_1 d_{1it} + a_2 d_{2it} + \dots + a_k d_{kit} + bx_{it} + e_{it} = a_i + bx_{it} + e_{it}, \quad (3)$$

gdzie:

$a_i$  – specyficzne wyrazy wolne, zaś  $d_i$  zmienne zero-jedynkowe, przyjmujących wartość 1, gdy  $j = i$ .

W modelu REM  $m_i$  wyraża specyficzne składniki losowe. Model ten można zapisać następująco [Green, 2008]:

$$y_{it} = a + bx_{it} + e_{it} + u_i, \quad (4)$$

gdzie:

$E(u_i) = 0$ ,  $\text{Var}(u_i) = S_u^2$ ,  $\text{Cov}(e_{it}, u_i) = 0$ .

Ocena modelu opiera się na statystyce chi-kwadrat, która bazuje na funkcji wiarygodności (statystyce LRT – *Likelihood Ratio Test*) oraz statystyce F (liczonej tradycyjnie w oparciu o sumy kwadratów odchyłeń). Dla modelu REM przeprowadzany jest odpowiednio test mnożnika Lagrange'a, którego statystyką testową jest LMT (*Lagrange Multiplier Test statistic*). Przy niskim  $p$

<sup>4</sup> Dla uproszczenia wykorzystano modele z jedną zmienną objaśniającą, niemniej modele te mogą mieć oczywiście postać wielozmiennych.

(czyli przy prawdopodobieństwie testowym mniejszym niż 0,05) uznaje się zasadność dekompozycji wyrazu wolnego lub składnika losowego. Wybór między modelem FEM i REM dokonywany jest z wykorzystaniem testu Hausmana (przy  $p < 0,05$  model FEM uznawany jest za bardziej wiarygodny niż REM) [Hausman 1978], [Hausman, Taylor, 1981]. Do estymacji parametrów modeli wykorzystano oprogramowanie Limdep 7.0.

## Wyniki empiryczne

Analizy zależności między nakładami na B+R a PKB *per capita* w krajach UE w latach 1999-2008 dokonano poprzez zbadanie wpływu nakładów na B+R, mierzonych udziałem w PKB danego kraju, na wielkość PKB *per capita* PPS EU(27) = 100. Na potrzeby oceny zróżnicowania PKB *per capita* w różnych krajach oszacowano parametry modeli jednorównaniowych przy wykorzystaniu modeli panelowych. Modele panelowe estymowano z dekompozycją wyrazu wolnego oraz z dekompozycją składnika losowego w dwóch wariantach: modele jednoczynnikowe<sup>5</sup> i dwuczynnikowe<sup>6</sup>. Porównując modele FEM i REM, uzyskano wyraźnie lepsze dopasowanie (mierzone współczynnikiem determinacji) dla modelu FEM (modelem tym udało się wyjaśnić zmienność PKB w 98%). Wyniki testu Hausmana potwierdzają, iż model FEM (z dekompozycją wyrazu wolnego) sprawdza się dużo lepiej do opisu PKB w poszczególnych krajach ( $p < 0,05$ ). Ze względu na to, że lepsze wyniki oszacowań otrzymano w przypadku modeli z dekompozycją wyrazu wolnego niż z dekompozycją składnika losowego (na co wskazywały chociażby wartości  $R^2_{skor}$ , a przede wszystkim wyniki testu Hausmana), w artykule ograniczono się do prezentacji wyników estymacji:

- modeli jednoczynnikowych z dekompozycją wyrazu wolnego (**wariant A**),
- modeli dwuczynnikowych z dekompozycją wyrazu wolnego (**wariant B**).

W pierwszym podejściu wyraz wolny jest różnicowany w ujęciu grupowym (w przypadku niniejszej analizy – ze względu na kraj), w drugim zaś, wyodrębnia się zarówno efekty grupowe, jak i zmienność w czasie. W podejściach tych można skorzystać z funkcji *random* (estymując modele z dekompozycją wyrazu wolnego) lub *fixed* (wprowadzając zmienne sztuczne). Estymuje się dwie wersje modeli: liniowe i potęgowe, stosując dla każdej z wersji te same zmienne objaśniające. Wykorzystane w badaniu zmienne są wielkościami względnymi. Wyrażone są w postaci wskaźników struktury bądź indeksów.

W sytuacji gdy dane są generowane przez bardzo podobne procesy ekonomiczne, które mogą być opisane przy pomocy tego samego modelu ekonometrycznego, można połączyć dane dotyczące badanych obiektów (krajów) i estymować je łącznie. Estymacja jest wtedy bardziej efektywna niż estymacje przeprowadzone dla każdego kraju oddzielnie. W takim przypadku zbiór założeń klasycznej metody najmniejszych kwadratów, dotyczących składnika losowego,

<sup>5</sup> Nazywany modelem z dekompozycją przestrzenną (*one way model*).

<sup>6</sup> Nazywany modelem z dekompozycją przestrzenną i czasową (*two way model*).

nie może być zaakceptowany. Estymacja modeli na podstawie danych panelowych (przekrojowo-czasowych) wymaga stosowania specyficznych metod, które opisano wcześniej, a które umożliwiają wyodrębnienie różnic pomiędzy obiektami w tym samym okresie, jak i pomiędzy różnymi okresami dla tego samego obiektu. Związane jest to z wyborem odpowiedniej procedury estymacyjnej i odpowiedniego testowania hipotez dotyczących parametrów. Dane statystyczne dla poszczególnych państw są typowym przykładem danych panelowych. Ponadto modele panelowe w porównaniu z modelami regresji prostej poprawiają jakość statystyczną modeli (wzrost wartości  $R^2$ ) oraz dostarczają dodatkowo informacji o dekompozycji wyrazów wolnych. Dzięki znajomości oszacowań wyrazów wolnych możliwe było badanie zróżnicowania PKB *per capita* w poszczególnych krajach Unii Europejskiej pod wpływem nakładów na działalność badawczo-rozwojową i wskazanie państw charakteryzujących się najlepszymi efektami w tym zakresie. Zastosowanie modeli jednoczynnikowych umożliwiło wyodrębnienie różnic w poziomie PKB *per capita*, wynikających wyłącznie z przynależności do danej grupy (niezależnych od innych czynników). Z kolei zastosowanie modeli dwuczynnikowych umożliwiło jednoczesne zbadanie wpływu przynależności do określonego kraju (grupy), jak i czynnika czasu na wielkość PKB *per capita*.

Testowanie właściwej postaci funkcji wykazało, że postać liniowa i potęgowa odznaczają się najlepszymi charakterystykami statystycznymi informującymi o przydatności danego modelu. Nieco lepszą zgodność wielkości empirycznych z teoretycznymi uzyskano dla modeli liniowych. Z uwagi na znaczną objętość wydruków dla poszczególnych wariantów estymacji, wyniki estymacji potęgowych „modeli panelowych” zostały pominięte.

Tablica 2

Oszacowania parametrów liniowego modelu PKB *per capita* jako funkcji zmiennej – nakłady na B+R (NakłB + r) w krajach UE – modele z dekompozycją wyrazu wolnego

Zmienna objaśniająca	Model 1A Model jednoczynnikowy			Model 1B Model dwuczynnikowy		
	parametr	<i>t</i>	<i>p</i>	parametr	<i>t</i>	<i>p</i>
NakłB + R stała	11,135	4,076	0,0001	6,456 80,233	2,157 18,537	0,0320 0,0000
$R^2$	0,982			0,984		
<i>LRT</i>	787,085		0,00000	22,702		0,00690
<i>F</i>	238,959		0,00000	2,271		0,01910

*t* – wartość statystyki *t*-Studenta, na podstawie której ocenia się istotność statystyczną parametrów (współczynników) modelu,

*p* – empiryczny poziom istotności, zwany prawdopodobieństwem testowym ( $p \in [0,1]$ ),

$R^2$  – współczynnik determinacji,

*LRT* – wartość statystyki w teście ilorazu wiarygodności (*Likelihood Ratio Test*),

*F* – statystyka testu Fishera-Snedecora.

Źródło: własne obliczenia na podstawie danych Eurostatu i GUS



Statystyczna jakość oszacowanych równań jest dobra, na co wskazuje wysoka wartość współczynnika determinacji  $R^2$ , przy czym należy zauważyć, że nieco lepsze dopasowanie do danych empirycznych uzyskano w modelu dwuczynnikowym (por. tablica 2).

Na podstawie uzyskanych wyników wnioskujemy, że nakłady na B+R istotnie wpływają na PKB (mierzony w PPS w odniesieniu do średniej dla 27 krajów Unii Europejskiej). Wzrost udziału nakładów na B+R w PKB powoduje, że dystans w poziomie rozwoju w stosunku do średniej unijnej maleje (wartość zmiennej *PKB* rośnie wraz ze wzrostem udziału nakładów na B+R w PKB). Warto przy tym podkreślić, że modele jedno- i dwuczynnikowe pozwalają na ocenę wpływu zmiennej objaśniającej na zmienną objaśnianą po wyodrębnieniu: (1) efektów grupowych w modelu jednoczynnikowym oraz (2) efektów grupowych i czasowych w modelu dwuczynnikowym. Owe różnice w podejściu jedno- i dwuczynnikowym powodują, że wartość otrzymanego parametru, wskazującego na zmiany wskaźnika *PKB* pod wpływem wzrostu udziału nakładów na B+R w PKB o 1 pkt. proc., jest odmienna. Po wyeliminowaniu efektów grupowych, wzrost *PKB per capita* według standardów siły nabywczej, wyrażonego w odniesieniu do średniej dla 27 krajów Unii Europejskiej, szacowany jest na 11,1 pkt. proc., podczas gdy po wyodrębnieniu także efektów czasowych – na ok. 6,5 pkt. proc. Należy podkreślić, że uwzględnienie efektu czasowego w dekompozycji wyrazu wolnego wpłynęło na zwiększenie wartości współczynnika  $R^2$ .

Dekompozycja wyrazu wolnego dla modelu jednoczynnikowego (1A) dała specyficzne wartości wyrazów wolnych dla poszczególnych krajów (tabl. 3).

Najwyższe wartości wyrazów wolnych wystąpiły w przypadku „starych” krajów Unii Europejskiej, w tym zwłaszcza w Irlandii, Holandii, Austrii, Wlk. Brytanii, Belgii, najniższe – w krajach Europy Środkowej i Wschodniej – Bułgarii, Rumunii, Łotwie, Litwie i Polsce. Wyznaczone szacunki są zbliżone do średniorocznego poziomu *PKB per capita* (PPS EU(27) = 100) za lata 1999-2008 (por. tablica 1), a zatem są zgodne z oczekiwaniami. Warto jednak podkreślić pewne różnice w kolejności krajów Unii Europejskiej w rankingu zbudowanym przy zastosowaniu obu podejść, a także na różnicach wyrazów wolnych i średnich za lata 1999-2008. Wyrazy wolne są nieco niższe niż odpowiadające im średnie, co może wskazywać na to, że poziom wskaźnika *PKB* (przy założeniu stałych efektów działalności badawczo-rozwojowej) byłby niższy, gdyby nie pozytywne oddziaływanie nakładów na B+R. Jest to szczególnie widoczne w przypadku Szwecji i Finlandii, co również jest zgodne z oczekiwaniami. Kraje te należą bowiem do czołówki unijnej pod względem innowacyjności (por. np. [Scoreboard, 2008]), a zatem efekt działalności badawczo-rozwojowej rzeczywiście jest w ich przypadku największy. Dla przykładu, w przypadku Szwecji wyraz wolny wynosi 80,26, podczas gdy średnioroczny wzrost poziomu *PKB per capita* (*PKB per capita* EU(27) = 100) osiągnął wartość 122,54.

Tablica 3

## Oszacowania wyrazów wolnych w modelu 1A

Kraj	Oszacowanie specyficznego wyrazu wolnego	<i>t</i>
Belgia	99,86	18,35
Bulgaria	27,26	13,41
Czechy	59,32	15,09
Dania	97,94	14,32
Niemcy	88,82	12,75
Estonia	45,53	16,00
Irlandia	125,59	34,28
Grecja	84,16	38,61
Hiszpania	88,85	27,02
Francja	88,02	14,56
Włochy	96,67	28,80
Łotwa	40,12	19,79
Litwa	41,17	16,87
Węgry	50,58	17,42
Holandia	111,57	22,06
Austria	101,60	15,91
Polska	43,83	19,91
Portugalia	66,81	23,71
Rumunia	28,69	15,07
Słowenia	68,49	16,20
Słowacja	51,81	24,30
Finlandia	77,09	8,21
Szwecja	80,26	7,66
Wlk. Brytania	100,10	19,76

Źródło: jak w tablicy 2

Warto również skonstatować, że w modelach dwuczynnikowych, w przeciwieństwie do modeli jednoczynnikowych, oprócz efektów indywidualnych uzyskuje się oszacowanie wyrazu wolnego wspólnego dla wszystkich badanych krajów. Wyrazy wolne dla wyróżnionych krajów należy zatem traktować jako odchylenia od wspólnego, dla całej badanej próby, wyrazu wolnego. Dzięki wyodrębnieniu efektu czasowego udało się udowodnić, że zachodzą wyraźne zmiany w kształtowaniu się PKB *per capita* w analizowanych krajach UE. Zmiany te wywołane zostały m.in. prowadzoną polityką społeczno-gospodarczą i procesami integracji europejskiej.

Analiza efektów grupowych, wynikających z zastosowanego modelu dwuczynnikowego PKB *per capita* (por. tablica 4) wskazuje, że odchylenia od „ogólnego wyrazu wolnego” dla krajów członkowskich „starej” Unii, z wyjątkiem Portugalii, mają znaki dodatnie. Najkorzystniejsze tendencje miały miejsce

w Irlandii (51,08), Holandii (39,6) i Austrii (31,39). Znaki przeciwne wystąpiły w nowych krajach UE, w tym w Polsce. Najgorsze efekty wpływu działalności badawczo-rozwojowej na kształtowanie się PKB *per capita* wystąpiły w Bułgarii (-50,65), Rumunii (-49,56) i na Łotwie (-37,8). A zatem, w piętnastu krajach „starej” UE pozytywne efekty wpływu nakładów na B+R w postaci wzrostu PKB *per capita* są wyższe od średniej, natomiast w pozostałych są niższe od średniej. Jest to zapewne efekt nie tylko poziomu nakładów na B+R, poniesionych w poszczególnych krajach, ale także efekt struktury tych nakładów oraz efektywności ich wykorzystania.

Z kolei wartości wyrazów wolnych w modelu (por. tablica 4) dla efektów czasowych pokazują, że PKB *per capita* rośnie w badanym okresie. Wzrost ten przybiera na sile począwszy od 2002 roku i jest związany prawdopodobnie z procesami dostosowawczymi do standardów unijnych w krajach kandydujących do członkostwa w Unii Europejskiej. Procesy dostosowawcze, a następnie rozszerzenie UE o kolejne kraje, wpływały pozytywnie na PKB *per capita* do roku 2007. W roku 2008 ta pozytywna tendencja uległa załamaniu, co ma zapewne związek z początkiem światowego kryzysu. Warto jednak podkreślić, że niska wartość statystyki *t* wskazuje na nieistotne odchylenia od ogólnego wyrazu wolnego, zwłaszcza w latach 2002-2005 oraz w roku 2008.

Tablica 4

Oszacowania wyrazów wolnych w modelu 1B

Wyszczególnienie	Oszacowanie specyficznego wyrazu wolnego	<i>t</i>
dla efektu grupowego		
Belgia	28,58	13,81
Bułgaria	-50,65	-15,55
Czechy	-14,69	-9,67
Dania	29,13	8,55
Niemcy	20,23	5,72
Estonia	-30,57	-13,48
Irlandia	51,08	31,39
Grecja	6,61	2,17
Hiszpania	13,62	7,27
Francja	17,81	6,83
Włochy	21,56	11,84
Łotwa	-37,80	-11,58
Litwa	-35,78	-13,18
Węgry	-25,41	-11,49
Holandia	39,60	22,21
Austria	31,39	10,79
Polska	-33,67	-11,15
Portugalia	-9,35	-4,07

cd. tablicy 4

Wyszczególnienie	Oszacowanie specyficznego wyrazu wolnego	<i>t</i>
Rumunia	-49,56	-14,32
Słowenia	-4,98	-3,37
Słowacja	-25,84	-8,30
Finlandia	12,73	2,06
Szwecja	17,79	2,41
Wlk. Brytania	28,15	15,74
dla efektu czasowego		
1999	-2,17	-2,26
2000	-1,50	-1,59
2001	-1,80	-1,95
2002	-0,68	-0,73
2003	-0,05	-0,05
2004	0,83	0,89
2005	0,92	0,99
2006	1,60	1,70
2007	2,52	2,66
2008	0,32	0,33

Źródło: jak w tablicy 2

## Wnioski

Niniejsze opracowanie stanowi próbę włączenia się w nurt badań nad innowacyjnością gospodarki. Z uwagi na podejmowane w Europie działania w kierunku zwiększenia innowacyjności gospodarki unijnej w stosunku do chociażby Stanów Zjednoczonych, podjęta tematyka wydaje się niezwykle aktualna, a adaptacja proponowanych podejść ekonomicznych stanowi wkład w rozwój badań w tym zakresie. Autorki zdają sobie przy tym sprawę, że przyjęte założenia badawcze zawężają zakres analizy i pomijają inne, ważne czynniki innowacyjności. Szersze podejście, uwzględniające np. badania Waelde'a, Woiteka, Florczaka, W. Welfego czy A. Welfego, jest jednak przedmiotem innego opracowania autorek. W niniejszym badaniu starano się przede wszystkim pokazać, jak nakłady na działalność badawczo-rozwojową oddziałują na zmiany w poziomie rozwoju gospodarczego krajów członkowskich Unii Europejskiej (prosty związek korelacyjny), równolegle starano się też wskazać kraje, w których działalność badawczo-rozwojowa daje najlepsze efekty w postaci wzrostu PKB.

W pojęciu makroekonomicznym efekty działalności innowacyjnej są utożsamiane ze zmianami efektywności gospodarek. Na podstawie otrzymanych wyników można sformułować wniosek, iż nakłady na działalność badawczo-rozwojową istotnie wpływają na PKB *per capita* w badanych krajach. Wzrost

udziału nakładów na B+R w PKB wpływa pozytywnie, a przy tym istotnie w sensie statystycznym, na poziom PKB *per capita* w stosunku do średniej unijnej.

Zastosowanie modelu liniowej regresji panelowej do oceny wpływu nakładów na B+R na PKB *per capita* pozwoliło ustalić, że efekty te są zróżnicowane w badanych krajach. Zastosowanie modeli jednoczynnikowych umożliwiło wyodrębnienie różnic w kształtowaniu się PKB, wynikających wyłącznie z przynależności do danej grupy (kraju), a niezależnych od innych czynników. Zastosowanie modeli dwuczynnikowych pozwoliło z kolei na równoczesne zbadanie wpływu czynnika czasu i kraju na PKB.

Analiza zróżnicowania PKB *per capita* w kolejnych krajach, w oparciu o modele panelowe, wskazała na istotny wpływ przynależności grupowej na wielkość PKB *per capita*. Analiza efektów grupowych pokazała, że w krajach „starej” UE, z wyjątkiem Portugalii, pozytywne efekty wpływu nakładów na B+R w postaci wzrostu PKB *per capita* są wyższe od średniej, natomiast w nowych krajach członkowskich UE są niższe od średniej. Najkorzystniejsze zmiany PKB *per capita*, wywołane nakładami na B+R, zaobserwowano w Irlandii, Holandii i Austrii, zaś najmniej korzystne w Bułgarii, Rumunii i Łotwie.

Badania potwierdziły słuszność hipotezy stawianej przez Fagerberga, że wielkość potencjału innowacyjnego danego kraju, mierzona udziałem nakładów na działalność badawczo-rozwojową w PKB, wpływa pozytywnie na poziom PKB *per capita*. Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają również kolejną hipotezę Fagerberga, że w niektórych małych i średnich krajach pozytywne efekty są większe niż w przypadku wszystkich badanych krajów łącznie. Analiza efektów czasowych, które okazały się również statystycznie istotne, pokazuje, że PKB *per capita* rośnie w badanym okresie pod wpływem działalności badawczo-rozwojowej.

## Bibliografia

- Baltagi B.H., [1987], *Econometric analysis of panel data*, 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley&Sons, Chichester, England.
- Dańska B., [2000], *Przestrzenno-czasowe modelowanie zmian w działalności produkcyjnej w Polsce. Zastosowanie modeli panelowych*, [w:] B. Suchecki (red.), *Dane panelowe i modelowanie wielowymiarowe w badaniach ekonomicznych*, Absolwent, Łódź.
- Dańska B., Laskowska I., [1996], *Zastosowanie modeli panelowych do badania zróżnicowania wydatków gospodarstw domowych na żywność oraz higienę i ochronę zdrowia*, „Prace Instytutu Ekonometrii i Statystyki Uniwersytetu Łódzkiego”, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Dosi G., [1998], *The Contribution of Economic Theory to the Understanding of a Knowledge-Based Economy*, [w:] D. Neef, G.A. Siesfeld, J. Cefola (red.), *The Economic Impact of Knowledge*, Butterworth Heinemann, USA.
- Fagerberg J., [1987], *Technology Gap Approach to Why Growth Paths Differ*, *Research Policy*, Vol. 16.

- Foray D., Lundvall B. A., [1998], *The Knowledge-Based Economy: From the Economics of Knowledge to the Learning Economy*, [w:] D. Neef, G.A. Siesfeld, J. Cefola (red.), *The Economic Impact of Knowledge*, Butterworth Heinemann, USA.
- Green W.H., [2008], *Econometric Analysis*, Sixth Edition, Prentice Hall, New York.
- Hausman J.A., [1978], *Specification Tests in Econometrics*, *Econometrica*, Vol. 46.
- Hausman J.A., Taylor W.E., [1981], *Panel Data and Unobservable Individual Effects*, *Econometrica*, Vol. 49.
- Miedziński M., [2001], *Koordinacja procesów innowacji na przykładzie polskiego województwa*, [w:] *Gospodarka oparta na wiedzy, Wyzwanie dla Polski XXI w.*, KBN, Warszawa.
- Nauka i technika w 2007 r.*, [2008], Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Suchecky B., [2000], *Panel Data and Multivariate Models In the Economic Researches*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Świczewska I., [2007], *Łączna produktywność czynników produkcji: Ucieleśniony kapitał wiedzy*, [w:] W. Welfe (red.), *Gospodarka oparta na wiedzy*, PWE, Warszawa.
- Wiktorowicz J., [2006], *Ekonometryczna analiza skutków oddziaływania podatku VAT na funkcjonowanie gospodarstw rolnych*, [w:] W. Starzyńska (red.), *VAT w rolnictwie*, Zeszyt Naukowy Folia Oeconomica nr 202, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.

## R&D EXPENDITURE AND GDP IN EU COUNTRIES

### Summary

The changes that have taken place in the global economy in recent years have testified to a transformation of an industrial economy into a knowledge-based economy, using technological and innovative potential. This transformation has highlighted the competitive advantages of countries and regions specializing in the production of high-tech products. Innovativeness is considered to be one of the most important factors determining the rate and quality of economic growth. Consequently, highly developed countries are conducting research to seek new sources of innovativeness and methods for creating innovative potential. The key determinants of the innovativeness of an economy are expenditure on research and development and the results of R&D efforts embodied in the form of innovations.

The article aims to check a theory by Norwegian economist Jan Fagerberg that the technological potential of an economy, expressed as a relation of R&D expenditure to GDP or as a number of patents per capita, determines positively the rate of GDP growth. In the article, the authors analyze the influence of R&D expenditure on GDP per capita in EU countries in 1999-2008. Panel model estimation methods are used in the research. The results of the analysis show that R&D expenditure determines GDP per capita in the studied countries, the authors conclude.

**Keywords:** innovation, innovativeness, R&D expenditure, GDP growth