

5. Czynniki wydajności pracy i aktywności patentowej w makroregionach

Utrzymanie przewagi konkurencyjnej gospodarki w warunkach postępującej globalizacji wymaga wykorzystywania kapitału wiedzy. Stwierdzenie to wydaje się prawdziwe niezależnie od skali, w jakiej rozpatrujemy gospodarkę, ale początkowo odnoszono je głównie do gospodarek narodowych i przedsiębiorstw¹. Przenoszenie uogólnień z makro i mikroskali na poziom mezoskali musi być jednak ostrożne. Stopień otwartości gospodarki regionów i wewnątrz krajowe przepływy międzyregionalne są większe niż między krajami. Mimo postępującej globalizacji wzrasta geograficzne zróżnicowanie przebiegu procesów rozwoju i transformacji gospodarek w skali regionów. Różnorodność naturalnych i społecznych warunków rozwoju jest między regionami większa niż między krajami, większe są też możliwości specjalizacji gospodarek regionów, a bliskość geograficzna może ułatwiać przepływ informacji oraz współpracę międzyregionalną. Proces konwergencji technologii między regionami i krajami może też mieć niejednorodny przebieg – regiony peryferyjne, również w krajach wysoko rozwiniętych, charakteryzują się wyraźnie niższym poziomem zaawansowania gospodarki opartej na wiedzy niż regiony rdzeniowe.

Problemem staje się wyjaśnienie czy, i jak silnie kapitał wiedzy oraz wybrane elementy kapitału ludzkiego istotne dla gospodarki opartej na wiedzy wpływają na wydajność pracy w makroregionach. Produktywność zasobów pracy w postępowaniu badawczym traktowana jest jako główny miernik wzrostu gospodarczego – przyjmuje się, że miernik ten jest wskazany dla badań zmian w krótkim okresie, podczas gdy dla opisu zmian w długim przedziale bardziej odpowiedni jest ogólny miernik produktywności nakładów (*TFP*). Wiele studiów gdzie estymowano wpływ wielkości nakładów na badania i rozwój na wzrost gospodarczy obejmowało analizą produktywność zasobów pracy (Kafourous 2008).

¹ Wpływ wydatków na badania i rozwój na wzrost gospodarczy w mikro i makro skali analizował m.in. Gomułka (1998). Rozważania w skali regionów patrz np. Köse, Moomaw (2006); Lever (2002).

Badaniami objęto 82 makroregiony, których status administracyjny jest różny². Do jednostek tych zalicza się niektóre kraje (np. Irlandia, Czechy, Szwecja), landy niemieckie (np. Hesja, Bawaria), historycznie ukształtowane regiony brytyjskie (np. Walia, Szkocja), a także jednostki statystyczne, bez władz samorządowych i bez samodzielnie prowadzonej polityki wewnętrznej (np. polski makroregion północny, makroregion południowy w Austrii).

W postępowaniu badawczym wykorzystano analizę regresji. Przy szacowaniu modeli z jednym czynnikiem, w pierwszym kroku postępowania stosowano uliniowanie, natomiast modele wieloczynnikowe oszacowano metodą iteracyjną, bez uliniowania funkcji, minimalizując sumę kwadratów odchyłeń³.

Zmienne zależne objaśniane w analizie to: 1) wydajność pracy w gospodarce makroregionu wyrażona w PKB (ceny bieżące) lub zamiennie WDB (ceny bazowe) na pracującego w *euro* i 2) liczba patentów zgłoszonych do EPO na mln mieszkańców z makroregionu. Podstawowe charakterystyki tych zmiennych pokazują bardzo duże zróżnicowanie makroregionów, z tym że pod względem aktywności patentowej było ono zdecydowanie większe niż pod względem wydajności pracy w gospodarce.

Zmienne niezależne objaśniające, to: 1) intensywność nakładów na badania i rozwój na pracującego w gospodarce w *euro* w układzie: nakłady na B+R ogółem (*GERD total*), nakłady sektora przedsiębiorstw (*GERD business*), nakłady sektora rządowego (*GERD gov*) i nakłady na badania i rozwój uczelni (*GERD he*); 2) zasoby ludzkie dla nauki i techniki z wykształceniem wyższym w liczbie ludności ogółem (*HRST core*); 3) zatrudnienie w sektorze badawczo-rozwojowym w stosunku do liczby pracujących w gospodarce (jako *FTE – full time equivalents*); 4) zatrudnienie w usługach wiedzy wysokich technologii, jako procent ogółu pracujących; 5) liczba jednostek badawczo-rozwojowych na 1000 przedsiębiorstw przetwórstwa przemysłowego; 6) wskaźnik urbanizacji (procent ludności mieszkającej w miastach liczących ponad 100 tys. mieszkańców) i 7) zatrudnienie w przemyśle przetwórczym wysokiej i średniowysokiej techniki.

5.1. Nakłady na badania i rozwój a wydajność pracy w makroregionach

Jednym z najważniejszych elementów zapewniających możliwości tworzenia i wykorzystywania wiedzy w gospodarce regionu są nakłady ponoszone na badania

² Pominęto, ze względu na brak wiarygodnych danych oraz specyfikę gospodarki, małe kraje – Luksemburg, Cypr i Malte, terytoria zamorskie Francji, Hiszpanii i Portugalii oraz makroregiony Bułgarii i Rumunii. W analizie wykorzystuje się dane dostępne w Eurostacie, które w niektórych przypadkach musiały być ekstrapolowane lub uzupełniane informacjami ze stron internetowych regionów. W niektórych równaniach cząstkowych nie udało się jednak utrzymać pełnej liczby jednostek.

³ Obliczenia statystyczne i oszacowanie parametrów modeli wykonał W. Gedymin, Centrum Informatyki Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, wykorzystując programy Statistica i NLREG – Non-linear Regression Analysis (P. H. Sherrod).

i rozwój. W pierwszym kroku postępowania badawczego przyjmuje się, że wykorzystywanie wiedzy w gospodarce warunkuje wystarczająco wysoka intensywność nakładów na działalność badawczo-rozwojową w danym roku, a właściwie jej utrzymywanie w długim okresie. Możliwości wykorzystywania długich przekrojów czasowych mogą być jednak obciążone błędami szacowania wartości nakładów na B+R wobec zmienności wskaźników inflacji w czasie i przestrzeni badanych krajów. Wstępnie przyjmuje się założenie, że nakłady na badania i rozwój wydatkowane w sektorze wykonawczym przedsiębiorstw, sektorze rządowym i sektorze uczelni, ze względu na specyfikę typów prowadzonych prac oraz źródeł finansowania, wpływają z różną siłą i w różny sposób na wzrost gospodarczy.

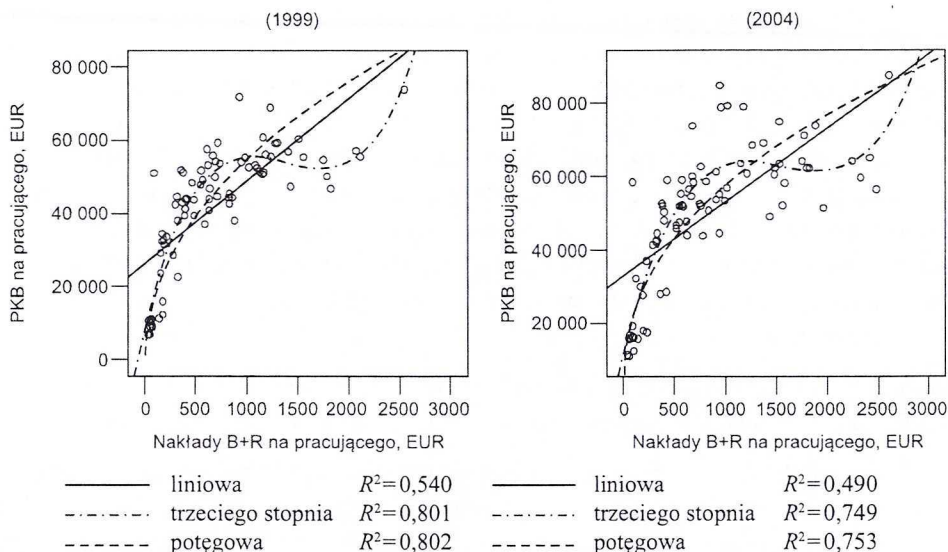
Hipoteza 1. *Intensywność nakładów na badania i rozwój (GERD total) istotnie wpływa na wydajność pracy w makroregionach. Wpływ ten zmniejsza się w czasie.*

W latach 1999-2004 zależności między wydajnością pracy a intensywnością nakładów *GERD total* na pracującego w gospodarce w makroregionach miały charakter krzywoliniowy⁴. Funkcja potęgowa, a także wielomian trzeciego stopnia wyraźnie lepiej odwzorowywały te zależności niż funkcja liniowa (wskaźnik determinacji regresji liniowej wyniósł w 1999 r. zaledwie 54%, a potęgowej 80,2%; ryc. 5.1). Podobną uwagę można odnieść do analizy wpływu intensywności *GERD total* na wydajność pracy w makroregionach z jednorocznym opóźnieniem zmiennej objaśniającej. Potwierdza to, że wzrost intensywności nakładów *GERD total* wpływa na wzrost wydajności pracy nieliniowo.

Stopień wyjaśnienia wariancji zmiennej zależnej (PKB i WDB na pracującego) przez zmienną niezależną (*GERD total* € na pracującego) w makroregionach wykazywał tendencję obniżania się zarówno w równaniach bez opóźnień, jak i z opóźnieniem, wartości zmiennej objaśniającej. Spadek wskaźnika determinacji w równaniach, gdzie wydajność pracy liczono jako PKB na pracującego wyniósł 4,9 pkt proc., a gdzie jako WDB na pracującego – aż 6,1 pkt proc. w ciągu sześciu lat. Zmniejszenie stopnia wyjaśnienia przy jednorocznym opóźnieniu zmiennej objaśniającej (za lata 2000-2005) było jeszcze większe i przekroczyło 7 pkt proc. Może to potwierdzać przypuszczenie o zmniejszaniu się wpływu intensywności nakładów *GERD total* na wydajność pracy w makroregionach.

Stopniowe obniżanie się wpływu intensywności nakładów *GERD total* na wydajność pracy w makroregionach w badanych latach pokazuje też zmniejszanie się współczynników regresji. Występowało ono zarówno w równaniach, gdzie zmienną objaśnianą była wydajność pracy określona jako PKB na pracującego (w 1999 r. – współczynnik potęgowy 0,48, a w 2004 r. – 0,41), jak i w tych, gdzie wydajność pracy określono na podstawie WDB na pracującego (w 1999 r. – współczynnik potęgowy 0,49, a w 2004 r. – 0,42). Spadek wartości współczynników regresji o 0,07-0,08 pkt proc. w ciągu sześciu

⁴ W 2004 r. najwyższą intensywność *GERD total* w gospodarce osiągały makroregiony: Île de France 2687 € i Szwecja 2418 €, a najniższą makroregion wschodni w Polsce – 33 € i Łotwa – 46 € na pracującego w gospodarce. Rozrzut tych wartości jest więc bardzo duży (wskaźnik max:min sięgał 81,4).



Ryc. 5.1. Nakłady GERD total a wydajność pracy w makroregionach ($n=82$)

Równania bez opóźnień w czasie między zmiennymi przyjmowały postać:

$$\begin{aligned}
 y_{i(1999)} &= 1997,9 \cdot x_{i(1999)}^{0,479} ; & R^2 &= 0,802 \\
 y_{i(2000)} &= 2149,8 \cdot x_{i(2000)}^{0,470} ; & R^2 &= 0,810 \\
 y_{i(2003)} &= 2967,6 \cdot x_{i(2003)}^{0,425} ; & R^2 &= 0,783 \\
 y_{i(2004)} &= 3333,8 \cdot x_{i(2004)}^{0,413} ; & R^2 &= 0,753
 \end{aligned}$$

z rocznym opóźnieniem zmiennej objaśniającej postać (najlepsze dopasowania):

$$\begin{aligned}
 y_{i(2000)} &= 2520,9 \cdot x_{i(1999)}^{0,450} ; & R^2 &= 0,812 \\
 y_{i(2001)} &= 2678,9 \cdot x_{i(2000)}^{0,442} ; & R^2 &= 0,800 \\
 y_{i(2002)} &= 3097,6 \cdot x_{i(2001)}^{0,421} ; & R^2 &= 0,773 \\
 y_{i(2003)} &= 2951,5 \cdot x_{i(2002)}^{0,427} ; & R^2 &= 0,768 \\
 y_{i(2004)} &= 3430,8 \cdot x_{i(2003)}^{0,410} ; & R^2 &= 0,779 \\
 y_{i(2005)} &= 4370,0 \cdot x_{i(2004)}^{0,379} ; & R^2 &= 0,741
 \end{aligned}$$

a z uwzględnieniem średniorocznej wartości zmiennej objaśniającej postać:

$$y_{i(2005)} = 3452,5 \cdot \bar{x}_{i(1999-2004)}^{0,414} ; \quad R^2 = 0,778$$

gdzie:

y_i – wydajność pracy w gospodarce makroregionu w danym roku (PKB na pracującego),
 x_i – intensywność GERD total w gospodarce makroregionu (€ na pracującego).

lat wydaje się znaczny. W 1999 r., jeżeli intensywność nakładów na badania i rozwój wzrosła o 1%, to wydajność pracy w makroregionach wzrastała w tym samym roku o 0,48%, a w 2004 r. o 0,41%.

Podobne zależności można zidentyfikować na podstawie równań z jednorocznym opóźnieniem wartości zmiennej objaśniającej. Współczynnik regresji potęgowej (wskaźnik determinacji 81,2%) pokazuje, że wzrost intensywności *GERD total* o 1% w 1999 r. powodował w 2000 r. wzrost wydajności pracy o 0,45%. Natomiast wzrost intensywności *GERD total* na pracującego o 1% w 2004 r. powodował w 2005 r. wzrost już tylko o 0,38% wydajności pracy (wskaźnik determinacji 74,1%). Współczynnik regresji potęgowej obniżył się również 0,07 pkt proc. w ciągu sześciu lat. Możemy zauważyć, że jednoroczne opóźnienie nie poprawiło stopnia wyjaśnienia zmienności przestrzennej wydajności pracy przez intensywność nakładów *GERD total* w makroregionach.

Wylimitowanie wahań nakładów na badania i rozwój oraz wprowadzenie do równania wartości średniorocznej zmiennej objaśniającej (za sześć lat) pozwala stwierdzić, że wyjaśniła ona prawie 78% zróżnicowania wydajności pracy gospodarki makroregionów w 2005 r. Średnioroczny wzrost intensywności *GERD total* na pracującego w latach 1999-2004 o 1% podnosił wydajność pracy w makroregionach o 0,41% w 2005 r. Współczynnik regresji potęgowej był niższy niż w latach 1999-2001, ale wyższy niż w latach 2003-2004, zarówno w równaniach bez opóźnienia, jak i z jednorocznym opóźnieniem zmiennej objaśniającej.

W badanym zbiorze makroregionów wpływ intensywności nakładów *GERD total* na wydajność pracy był pozytywny, ale mniej niż proporcjonalny. W makroregionach słabo i średnio rozwiniętych wzrost intensywności nakładów *GERD total* na pracującego wyraźniej wpływał na wzrost wydajności pracy niż w makroregionach wysoko rozwiniętych. Poziom wzrostu gospodarczego determinuje wartość czynników niezbędnych do jego podniesienia. W regionach o bardzo wysokim poziomie rozwoju (rdzeniowe, metropolitalne), gdzie nakłady na badania i rozwój były stabilne i bardzo wysokie, żeby podnieść wydajność pracy na wyższy poziom, potrzebny jest większy względny wzrost intensywności *GERD total* niż w regionach słabo rozwiniętych (peryferyjnych, o niskiej wydajności pracy i niskiej oraz bardzo niskiej intensywności nakładów na badania i rozwój w gospodarce).

W 1999 r. pozytywne oddziaływanie intensywności nakładów B+R na wydajność pracy w gospodarce, a pośrednio na konkurencyjność gospodarki makroregionu, ujawniało się nieco wcześniej niż w 2004 r., ale realny wpływ był widoczny po przekroczeniu ok. 200 € na pracującego. Krzywa trzeciego stopnia (ryc. 5.1), która również pokazywała względnie wysoki stopień dopasowania (w 2004 r. wskaźnik determinacji 74,9%), sugeruje, że zależność między zmiennymi stabilizuje się przy wydajności pracy w gospodarce na poziomie 55-60 tys. € PKB na pracującego. Mimo osiągnięcia intensywności *GERD total* w regionie między 1000-1500 € na pracującego, jej wpływ na wzrost gospodarczy ujawnia się w ograniczonym stopniu (przebieg krzywej). Prawdopodobnie w regionach najlepiej rozwiniętych, wysoka intensywność

nakładów *GERD total* odgrywa rolę stabilizującą i pozwala utrzymywać przewagę konkurencyjną gospodarki.

Przeprowadzona analiza pozwala pozytywnie zweryfikować hipotezę, że intensywność nakładów na badania i rozwój istotnie, ale w sensie statystycznym mniej niż proporcjonalnie, wpływała na wydajność pracy w gospodarce makroregionów oraz, że wpływ ten zmniejszał się w latach 1999-2005. Obniżanie się siły oddziaływania intensywności nakładów *GERD total* na wydajność pracy gospodarki można tłumaczyć koniecznością większego wysiłku finansowo-organizacyjnego, w tym koniecznością ponoszenia większych nakładów na postęp naukowo-techniczny oraz wdrażanie innowacji po wyczerpaniu możliwości wykorzystywania prostych rozwiązań i coraz większej złożoności procesów produkcyjnych oraz nasilenia się konkurencyjności w zglobalizowanej gospodarce (Segerstrom 1998).

Hipoteza 2. *Nakłady ponoszone na działalność badawczo-rozwojową w sektorze biznesu, sektorze rządowym i sektorze uczelni wpływają w różny sposób i w różnym stopniu na wydajność pracy w gospodarce makroregionów, a ich wpływ zmniejsza się w czasie.*

W literaturze często pojawiają się twierdzenia, że największe znaczenie dla innowacyjności i rozwoju gospodarki opartej na wiedzy mają nakłady ponoszone na badania i rozwój w sektorze przedsiębiorstw⁵. Wynika to z tego, że sektor ten realizuje głównie prace rozwojowe i badania stosowane. W pozostałych sektorach większe znaczenie mają badania podstawowe. Zróżnicowane są też źródła finansowania – w sektorze biznesu dominują środki prywatne, a w pozostałych większe znaczenie mają środki publiczne. Przy wykorzystywaniu środków komercyjnych (niepublicznych) efektywność ekonomiczna nakładów na B+R w sektorze biznesu jest łatwiejsza do zidentyfikowania, a spodziewane efekty inwestorów i producentów nie powinny być nadmiernie oddalone w czasie. Intensywność nakładów na działalność badawczo-rozwojową w sektorze rządowym i sektorze uczelni może więc, przynajmniej teoretycznie, w mniejszym stopniu wpływać na tworzenie przewagi konkurencyjnej gospodarki. Wpływ ten może też być bardziej oddalony w czasie albo trudniejszy do zmierzenia i tym samym zidentyfikowania. Nakłady wydatkowane w sektorze biznesu charakteryzują się jednak bardzo dużymi wahaniami, są istotnie uzależnione od kondycji finansowej przedsiębiorstw oraz struktury gospodarki.

Intensywność nakładów sektora biznesu na działalność badawczo-rozwojową również wpływa mniej niż proporcjonalnie na wydajność pracy w makroregionach. Zależność między zmienną objaśnianą a zmienną objaśniającą nie ma charakteru prostoliniowego, a stopień wyjaśnienia przestrzennej zmienności wydajności pracy przez

⁵ Intensywność *GERD business* wykazuje bardzo duże zróżnicowanie w makroregionach. W 2004 r. najwyższa intensywność wystąpiła w makroregionie Eastern (GB) 1848 €, Île de France 1835 €, a najniższa w makroregionach Grecji: Nisia Aigaiou, Kriti 4,9 € i Kentriki Ellada 11,4 €. W tym samym czasie w makroregionie Północno-Wschodnim Polski wynosiła 12,6 € na pracującego w gospodarce (wskaźnik max:min sięgał 374,5).

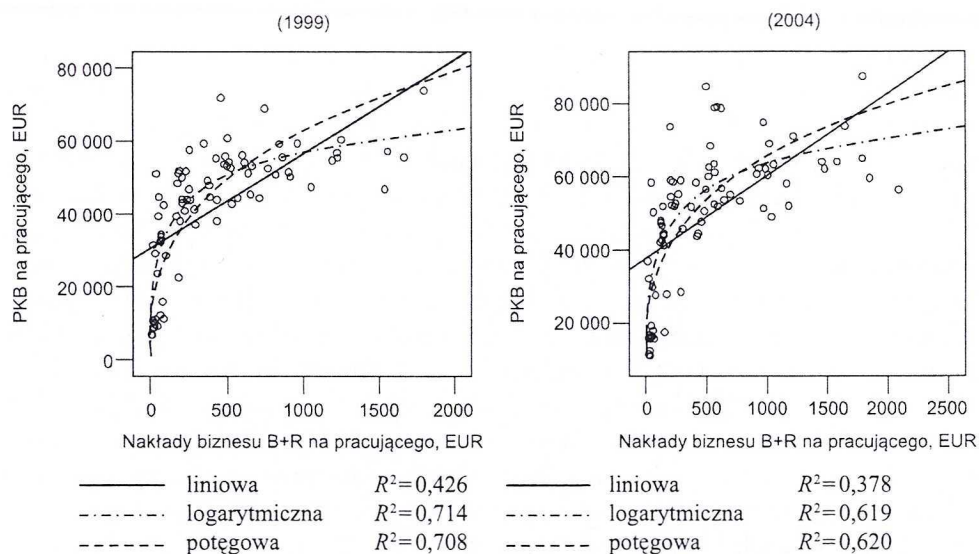
intensywność *GERD business* obniżał się w kolejnych latach. W 1999 r. wskaźnik determinacji regresji potęgowej sięgał 71%, a do 2004 r. spadł o 9 pkt proc. Obniżenie było większe niż w przypadku zależności między wydajnością pracy a intensywnością *GERD total* (por. ryc. 5.1 i 5.2). Obniżanie się siły oddziaływania intensywności *GERD business* na wydajność pracy w makroregionach w latach 1999-2005 – określone na podstawie współczynników regresji – wystąpiło zarówno bez opóźnienia zmiennej objaśniającej, jak i w równaniach z jej jednorocznym opóźnieniem o 0,06 pkt proc. Przedsiębiorstwa chcąc utrzymać swoją przewagę konkurencyjną w globalnej gospodarce muszą ponosić coraz większe wysiłki na badania i rozwój. Wpływ tych wysiłków na wzrost zysków przedsiębiorstwa, a pośrednio konkurencyjności, może być oddalony w czasie albo pojawiać się tylko w niektórych jednostkach. Wykorzystywanie *renty lidera*, pierwszego wdrażającego nowy produkt czy nowy proces, może być problematyczne lub krótkotrwałe wobec łatwości przesyłania informacji i upowszechnienia dostępu do zasobów wiedzy. Jednocześnie trzeba zwrócić uwagę, że udział nakładów na badania i rozwój w nakładach innowacyjnych ogółem w przedsiębiorstwach jest często niewielki, a rośnie udział wydatków na maszyny i urządzenia oraz marketing i szkolenia. Te ostatnie elementy nie są uwzględnione w statystykach *GERD business*⁶.

Interpretacja współczynników regresji pozwala stwierdzić, że wzrost intensywności nakładów sektora biznesu na badania i rozwój o 1% powodował w 1999 r. wzrost wydajności pracy o 0,34%, a w 2004 r. o 0,28% w gospodarce makroregionu. Najlepsze dopasowanie zależności między zmiennymi to krzywa potęgowa, której przegięcie pojawia się na poziomie 500 € *GERD business* na pracującego i ok. 60 tys. € PKB na pracującego w makroregionie (ryc. 5.2). Dalsze, efektywne zwiększanie nakładów na badania i rozwój w biznesie wymaga prawdopodobnie współwystępowania i wykorzystywania w gospodarce innych czynników wzrostu. Można także zauważyć, że realny pozytywny wpływ nakładów *GERD business* na wzrost gospodarczy występuje również dopiero po przekroczeniu pewnej granicznej sumy na pracującego, która zapewni osiągnięcie efektu skali. Jednocześnie regiony najlepiej rozwinięte osiągają wysoką wydajność gospodarki w efekcie dotychczasowej ścieżki rozwoju i wykorzystywania wielorakich czynników przewagi konkurencyjnej, w tym korzyści skali i nowoczesnej struktury gospodarki, typowej dla regionów rdzeniowych, w tym w wielu przypadkach gospodarki opartej na wiedzy.

Nakłady publiczne na badania i rozwój (*GERD gov*) są relatywnie niskie i mają w wielu makroregionach europejskich znaczenie uzupełniające⁷. Zgodnie z założeniami

⁶ W zbiorach Eurostatu nie są dostępne informacje o nakładach na innowacje w sektorze przedsiębiorstw za lata 1999-2004.

⁷ Informacje o nakładach *GERD gov* w makroregionach były ograniczone, co wymagało ekstrapolacji. Najwyższa intensywność *GERD gov* w 2004 r. występowała w makroregionie Berlina 570 € i Bremy 380 €, a najniższa w North East (2,7 €) i makroregionie Wschodnim Polski (6,5 €) na pracującego w gospodarce. Wskaźnik max:min sięgał 211,0 – był zdecydowanie wyższy niż wskaźnik zróżnicowania przestrzennego intensywności *GERD total*, ale niższy niż zróżnicowanie intensywności *GERD business*.



Ryc. 5.2. Nakłady *GERD business* a wydajność pracy w makroregionach ($n=82$)

Równania bez opóźnień w czasie między zmiennymi przyjmowały postać:

$$\begin{aligned} y_{i(1999)} &= 5991,6 \cdot x_{i(1999)}^{0,340}; & R^2 &= 0,708 \\ y_{i(2000)} &= 5888,7 \cdot x_{i(2000)}^{0,346}; & R^2 &= 0,711 \\ y_{i(2003)} &= 8335,7 \cdot x_{i(2003)}^{0,296}; & R^2 &= 0,675 \\ y_{i(2004)} &= 9487,4 \cdot x_{i(2004)}^{0,280}; & R^2 &= 0,620 \end{aligned}$$

z rocznym opóźnieniem zmiennej objaśniającej postać (najlepsze dopasowania):

$$\begin{aligned} y_{i(2000)} &= 6987,9 \cdot x_{i(1999)}^{0,322}; & R^2 &= 0,728 \\ y_{i(2001)} &= 6901,2 \cdot x_{i(2000)}^{0,326}; & R^2 &= 0,703 \\ y_{i(2002)} &= 7910,5 \cdot x_{i(2001)}^{0,305}; & R^2 &= 0,662 \\ y_{i(2003)} &= 8166,5 \cdot x_{i(2002)}^{0,301}; & R^2 &= 0,681 \\ y_{i(2004)} &= 9290,3 \cdot x_{i(2003)}^{0,285}; & R^2 &= 0,672 \\ y_{i(2005)} &= 11409,8 \cdot x_{i(2004)}^{0,257}; & R^2 &= 0,611 \end{aligned}$$

a z uwzględnieniem średniorocznej wartości zmiennej objaśniającej postać:

$$y_{i(2005)} = 8754,6 \cdot \bar{x}_{i(1999-2004)}^{0,299}; \quad R^2 = 0,680$$

gdzie:

y_i – wydajność pracy w gospodarce makroregionu w danym roku (PKB na pracującego),
 x_i – intensywność *GERD business* w gospodarce makroregionu (€ na pracującego).

Strategii Lizbońskiej ich znaczenie powinno zmniejszać się na rzecz środków komercyjnych sektora biznesu, który powinien finansować 60%-70% nakładów na badania i rozwój. Zauważa się, że może to jednak zależeć od etapu rozwoju regionu: regiony słabiej rozwinięte wymagają większego wsparcia badań i rozwoju z sektora publicznego niż regiony wysoko rozwinięte, o dobrej kondycji finansowej i wysokim poziomie konkurencyjności przedsiębiorstw. Analiza regresji między wydajnością pracy a intensywnością *GERD gov* na pracującego w gospodarce nie pozwala potwierdzić statystycznie istotnych zależności między tymi zmiennymi w makroregionach. Dopasowanie linii regresji jest bardzo słabe (wskaźnik determinacji funkcji potęgowej w 1999 r. sięgał zaledwie 35%, a w 2004 r. – 30%) i pokazuje, że zmienność wydajności pracy w makroregionach była w niewielkim stopniu powiązana z intensywnością *GERD gov* na pracującego.

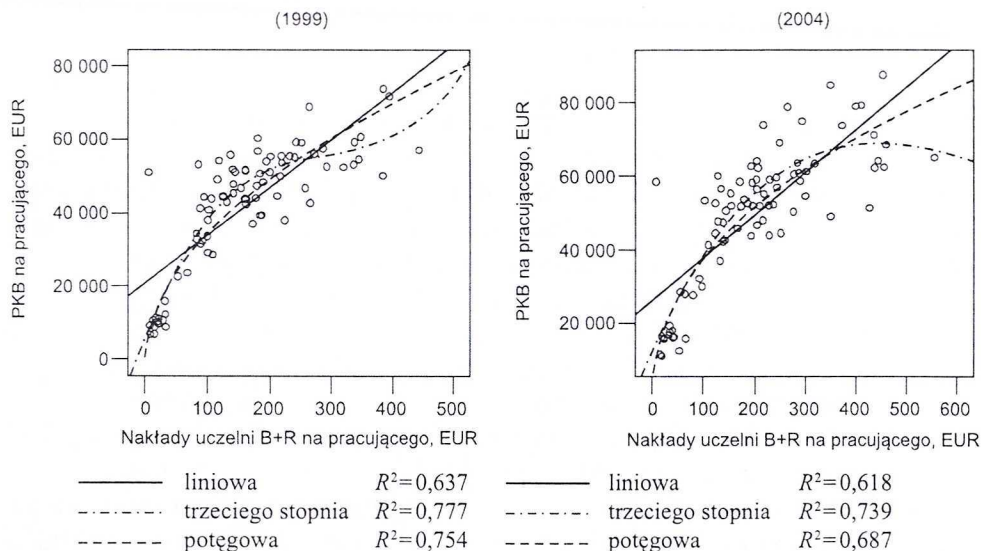
Trudności statystycznego zidentyfikowania wpływu intensywności nakładów na badania i rozwój w sektorze rządowym na wzrost wydajności pracy mogą wynikać z małej liczby makroregionów, gdzie intensywność ta była wysoka. Kształt i przebieg krzywej zależności między badanymi zmiennymi sugeruje (przy dużym rozproszeniu punktów), że można spodziewać się istotnego oddziaływania intensywności nakładów *GERD gov* na wzrost gospodarczy dopiero po przekroczeniu 100 € na pracującego. Przy tak niskim dopasowaniu linii regresji wydaje się, że nakłady ponoszone w tym sektorze na badania i rozwój muszą być wzmacniane nakładami w pozostałych sektorach wykonawczych, rozwiązaniami prawnymi i strukturami organizacyjnymi umożliwiającymi współpracę między sektorami wykonawczymi, komercjalizację większej części badań i wzrost powiązań sektora rządowego badań i rozwoju z praktyką gospodarczą⁸.

Znaczenie nakładów ponoszonych na badania i rozwój w sektorze szkolnictwa wyższego jest często, głównie przez polityków, deprecjonowane⁹. Należy zwrócić uwagę, że sektor ten wyraźnie szerzej wpływa na zmiany wydajności pracy w gospodarce niż sektor biznesu czy sektor rządowy. Oddziaływanie to występuje nie tylko przez bezpośrednie tworzenie wartości dodanej, ale także pośrednie oddziaływanie na kapitał ludzki i niewymierne elementy kapitału społecznego. Uczelnie pełniąc przede wszystkim funkcje kształcenia i przekazywania wiedzy mogą wykorzystywać doświadczenia z przeprowadzanych prac badawczych w działalności dydaktycznej, podnosić jakość kształcenia i generować dodatkową wartość na rynku pracy.

Określone, na podstawie dostępnych informacji statystycznych, równania regresji jednoczynnikowej pokazują pozytywny wpływ intensywności nakładów na badania i rozwój w sektorze uczelni na wydajność pracy w gospodarce makroregionów. Najlepsze do-

⁸ Dobrym przykładem mogą być rozwiązania wykorzystywane w Szwecji i Finlandii; <http://www.itsweden.com>; www.helsinki.fi/eurooffice/suomi/tiedstteet/system.pdf.

⁹ Intensywność *GERD he* na pracującego w makroregionach była zróżnicowana. Najwyższa intensywność w 2004 r. wystąpiła w makroregionie Londynu (763 €) i Szwecji (555 €), a najniższa w takich regionach, jak: Åland (Finlandia) 5 € i polski makroregion Wschodni 14 €. Wskaźnik max:min 152,6. W makroregionie Åland występowały jednak wyższe wskaźniki *GERD business*, a także *GERD gov* niż w makroregionie Wschodnim.



Ryc. 5.3. Nakłady GERD *he* a wydajność pracy w makroregionach ($n=82$)

Równania bez opóźnień w czasie między zmiennymi przyjmowały postać:

$$y_{i(1999)} = 0,002x_{(1999)}^3 - 1,350x_{(1999)}^2 + 432,5x_{(1999)} + 6868; \quad R^2 = 0,777$$

$$y_{i(2000)} = 0,001x_{(2000)}^3 - 1,174x_{(2000)}^2 + 412,0x_{(2000)} + 7327; \quad R^2 = 0,783$$

$$y_{i(2003)} = 0,00002x_{(2003)}^3 - 0,530x_{(2003)}^2 + 305,1x_{(2003)} + 11231; \quad R^2 = 0,746$$

$$y_{i(2004)} = 0,00002x_{(2004)}^3 - 0,534x_{(2004)}^2 + 3310,6x_{(2004)} + 12226; \quad R^2 = 0,739$$

z rocznym opóźnieniem zmiennej objaśniającej postać (najlepsze dopasowania):

$$y_{i(2000)} = 0,001x_{(1999)}^3 - 1,325x_{(1999)}^2 + 432,7x_{(1999)} + 8355; \quad R^2 = 0,769$$

$$y_{i(2001)} = 0,001x_{(2000)}^3 - 0,979x_{(2000)}^2 + 381,8x_{(2000)} + 9851; \quad R^2 = 0,755$$

$$y_{i(2002)} = 0,001x_{(2001)}^3 - 0,802x_{(2001)}^2 + 352,7x_{(2001)} + 11091; \quad R^2 = 0,741$$

$$y_{i(2003)} = 0,001x_{(2002)}^3 - 0,807x_{(2002)}^2 + 357,9x_{(2002)} + 9772; \quad R^2 = 0,726$$

$$y_{i(2004)} = 0,0003x_{(2003)}^3 - 0,562x_{(2003)}^2 + 315,8x_{(2003)} + 12444; \quad R^2 = 0,744$$

$$y_{i(2005)} = 0,0002x_{(2004)}^3 - 0,516x_{(2004)}^2 + 304,3x_{(2004)} + 14948; \quad R^2 = 0,725$$

a z uwzględnieniem średniorocznej wartości zmiennej objaśniającej postać:

$$y_{i(2005)} = 0,0002\bar{x}_{(1999-2004)}^3 - 0,683\bar{x}_{(1999-2004)}^2 + 342,4\bar{x}_{(1999-2004)} + 12623; \quad R^2 = 0,742$$

lub

$$y_{i(2005)} = -0,714\bar{x}_{(1999-2004)}^3 + 28,6\bar{x}_{(1999-2004)}^2 + 2523,9\bar{x}_{(1999-2004)} - 35531; \quad R^2 = 0,707$$

gdzie:

y_i – wydajność pracy w gospodarce makroregionu w danym roku (PKB na pracującego),

x_i – intensywność GERD *he* w gospodarce makroregionu (€ na pracującego).

pasowanie między zmienną zależną i niezależną pokazuje wielomian i funkcja potęgowa (wskaźniki determinacji regresji potęgowej w 1999 r. = 75%, a w 2004 r. = 69%; ryc. 5.3).

Wpływ intensywności *GERD he* na pracującego na wydajność pracy w gospodarce makroregionów zmniejszał się również w latach 1999-2005. Spadek był jednak mniejszy niż w przypadku intensywności *GERD total* i *GERD business*. Wskaźniki determinacji najlepszego dopasowania obniżyły się zaledwie o 4 pkt proc., a współczynniki regresji potęgowej spadły o 0,06 pkt proc. (ryc. 5.3). Interpretacja równań regresji bez opóźnienia jednorocznego pozwala stwierdzić, że wzrost nakładów na badania i rozwój w sektorze szkolnictwa wyższego o 1% spowodował wzrost wydajności pracy w 1999 r. o 0,52%, a w 2004 r. o 0,45%. Wpływ średniorocznej intensywności *GERD he* (1999-2004) na wydajność pracy w makroregionach w 2005 r. był również wysoki – wzrost tej intensywności o 1% spowodował wzrost wydajności pracy o 0,45%, czyli był wyższy niż wpływ intensywności nakładów na badania i rozwój w pozostałych sektorach.

Intensywność nakładów *GERD he* na pracującego w gospodarce wpływała również mniej niż proporcjonalnie na wydajność pracy w makroregionach. Wpływ ten ujawniał się nieco później, ponadto w makroregionach słabiej rozwiniętych był nieco słabszy niż wpływ intensywności nakładów *GERD business*. Linia zależności (krzywa potęgowa) między intensywnością *GERD he* a wydajnością pracy w początkowej fazie wykresu (ryc. 5.3) była bardziej pochyła niż dla zależności między intensywnością nakładów *GERD gov* i *GERD business* a wydajnością pracy w gospodarce. Kształt i przebieg krzywej trzeciego stopnia w 1999 r. pokazał, że przekroczenie 150 € na pracującego *GERD he* stabilizuje wydajność pracy na poziomie ok. 50 tys. € na pracującego. Zależność w 2004 r. nie była już tak wyraźna, ale przecięcie krzywych zdaje się potwierdzać stabilizującą rolę nakładów B+R w szkolnictwie wyższym. Zależność między intensywnością nakładów *GERD he* a wydajnością pracy w makroregionach mogła też być interpretowana jako zależność prostoliniowa. Wskaźnik determinacji regresji prostoliniowej dopasowania zmiennych był wyraźnie wyższy niż w przypadku *GERD total*, a także *GERD business* i *GERD gov*¹⁰.

5.2. Cechy kapitału ludzkiego i struktura gospodarki a wydajność pracy

Dla gospodarki opartej na wiedzy istotne znaczenie ma udział pracujących w sektorze badawczo-rozwojowym, zasoby ludzkie dla nauki i techniki, zatrudnienie w usługach wiedzochłonnych zaawansowanych technologii, a także niektóre elemen-

¹⁰ Podjęto także próbę oceny oddziaływania wartości skumulowanych nakładów na B+R na poziom wydajności pracy w makroregionach w 2004 r. Skumulowanie tych nakładów pozwoliło wyeliminować wahania wielkości nakładów w poszczególnych latach, a tym samym pośrednio uwzględnić wpływ długotrwałości. Porównywano oddziaływanie kumulacji nakładów ogółem (*GERD total*) oraz nakładów w sektorze biznesu (*GERD business*) i uczelni (*GERD he*) w sześciu (1999-2004) i czterech latach (2001-2004). Wskaźniki determinacji poprawiły się, szczególnie w modelach zależności między wydajnością pracy a intensywnością skumulowanych nakładów *GERD business*, które wykazywały właśnie duże wahania w czasie.

ty zagospodarowania przestrzennego (zurbanizowanie i gęstość jednostek badawczo-rozwojowych).

Hipoteza 3. *Nasylenie gospodarki zasobami ludzkimi dla nauki i techniki jest istotne dla rozwoju gospodarki opartej na wiedzy i pozytywnie wpływa na wydajność pracy w makroregionach. Wpływ ten wzrasta w czasie.*

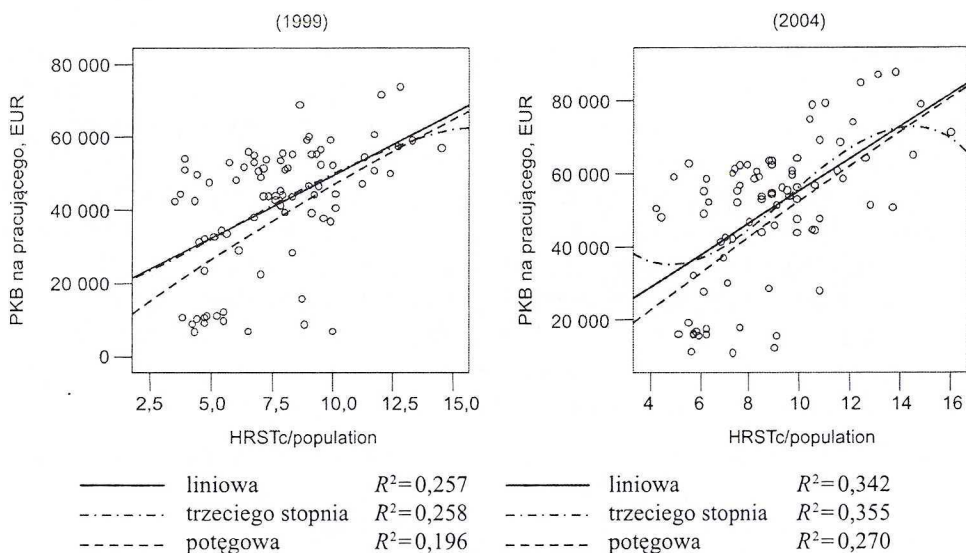
Zasoby ludzkie dla nauki i techniki (*HRST*) to liczba osób aktualnie zajmujących się lub potencjalnie mogących zająć się pracą związaną z tworzeniem, rozpowszechnianiem i zastosowaniem wiedzy naukowo-technicznej¹¹. Zróznicowanie makroregionów europejskich według tego wskaźnika było wyraźnie mniejsze niż pod względem intensywności nakładów na badania i rozwój w gospodarce¹². Regiony z niskimi wskaźnikami zasobów *HRST core* to głównie te, gdzie dominującą rolę w gospodarce odgrywa turystyka, regiony peryferyjne Unii Europejskiej, w tym wyspy.

Pracujący z wykształceniem wyższym w zawodach związanych z nauką i techniką wpływają na wzrost gospodarczy przez tworzenie zasobów wiedzy oraz ułatwianie komercjalizacji wyników badań i ich wykorzystywania w nowoczesnych gałęziach wytwórczości wysokich technologii, a także ułatwianie przepływów wiedzy i informacji między przedsiębiorstwami. Wskaźnik *HRST core* odzwierciedla też nowoczesność gospodarki danego regionu. W badanych sześciu latach nasycenie gospodarki zasobami *HRST core* stopniowo wzrastało zarówno w makroregionach słabo, jak i wysoko rozwiniętych, ale wzrost ten w makroregionach wysoko rozwiniętych był szybszy niż w makroregionach słabo i średnio rozwiniętych.

Stopień wyjaśnienia wariacji wydajności pracy w gospodarce przez nasycenie zasobami *HRST core* nie pozwala na pełną interpretację współczynników regresji (ryc. 5.4). Przy bardzo niskich wskaźnikach determinacji współczynniki regresji potęgowej były jednak wyższe niż w analizie zależności między wydajnością pracy a intensywnością nakładów *GERD total*, *GERD business* i *GERD he*. Charakterystyczny był również odwrócony kierunek zmian wskaźników determinacji. Między *HRST core* a wydajnością pracy stopień wyjaśnienia wariacji zmiennej zależnej (wydajność pracy zarówno jako PKB na pracującego, jak i WDB na pracującego) przez zmienną objaśniającą wzrastał (wskaźnik determinacji wielomianu trzeciego stopnia w 1999 r. wynosił 25,8%, a w 2004 r. – 35,5%), natomiast wskaźniki determinacji zależności między intensywnością nakładów na badania i rozwój a wydajnością pracy w gospo-

¹¹ Za: *Nauka i technika* w 2002 r., s. 185. Zasoby te można szacować według poziomu posiadanych kwalifikacji albo według wykonywanego zawodu. To drugie rozwiązanie zastosowano w prezentowanej analizie – wskaźnik *HRST core by occupation*, czyli liczba zatrudnionych z wykształceniem wyższym w zawodach związanych z tworzeniem, rozpowszechnianiem i zastosowaniem wiedzy naukowo-technicznej w ogólnej liczbie pracujących (według danych Eurostatu).

¹² Maksymalne wskaźniki *HRST core* w 2004 r. wystąpiły w Danii (16%), West-Nederland (14,8%) i Szwecji (14,5%), a najniższe w makroregionach włoskich: Południowym (4,4%) oraz Isole (4,2%), a także w makroregionie Południowym i Zachodnim Austrii (po 6,1%).



Ryc. 5.4. Zasoby ludzkie dla nauki i techniki z wykształceniem wyższym a wydajność pracy w gospodarce ($n=82$)

darce makroregionów zmniejszały się (por. ryc. 5.4 i 5.1). Zmiany wskaźników determinacji oddziaływania *HRST core* na wydajność pracy w gospodarce makroregionów w latach 1999-2004 można interpretować jako wzrost znaczenia tego elementu kapitału ludzkiego dla gospodarki opartej na wiedzy.

Niski stopień dopasowania zależności między wartościami zmiennych nie pozwala pozytywnie zweryfikować postawionej hipotezy – w latach 1999-2004 wpływ *HRST core* na wydajność pracy gospodarki makroregionów nie był istotny statystycznie. Jednocześnie można pozytywnie zweryfikować drugą część tej hipotezy – znaczenie zasobów ludzkich dla nauki i techniki w procesie wzrostu gospodarczego makroregionów wzrasta w czasie.

Hipoteza 4. *Udział zatrudnionych w sektorze badawczo-rozwojowym w ogólnej liczbie pracujących w gospodarce wpływa na wydajność pracy w gospodarce makroregionów. Wpływ ten wzrasta w czasie.*

Pracujący w sektorze badań i rozwoju są częścią zasobów ludzkich dla nauki i techniki w makroregionie. Zmienna ta obrazuje głównie zasoby ludzkie dla tworzenia zasobów wiedzy, dotyczy pracujących w sferze podaży badań w gospodarce makroregionu. Natomiast wskaźnik zasobów *HRST core* obejmuje pracujących zarówno w sferze podaży badań, jak i popytu – wykorzystywanie techniki w procesach produkcji. Udział zatrudnionych w sektorze B+R w ogólnej liczbie pracujących w gospodarce makroregionu jest wyraźnie niższy niż wskaźnik *HRST core*.

Liczba pracujących w sektorze badań i rozwoju określana jest na podstawie ekwiwalentu pełnego czasu pracy¹³. Duża liczba pracujących w tym sektorze może odzwierciedlać potencjał naukowo-badawczy makroregionu, a tym samym kapitał wiedzy zasobów ludzkich. Regiony wysoko rozwinięte charakteryzują się nieco wyższym wskaźnikiem zatrudnionych w tym sektorze niż regiony słabiej rozwinięte¹⁴.

Również w przypadku nasycenia rynku pracy zatrudnionymi w sektorze badań i rozwoju wskaźniki determinacji funkcji rosły w czasie zarówno w odwzorowaniu krzywo, jak i prostoliniowym między zmienną objaśnianą a objaśniającą. Niski stopień dopasowania linii regresji nie pozwala jednak pozytywnie zweryfikować tezy, że wysoki udział pracujących w sektorze badań i rozwoju istotnie wpływa na wydajność pracy. Potwierdza to brak związków między stroną podażową badań (nauka) a produktywnością zasobów pracy makroregionu w krótkim czasie.

Hipoteza 5. *Wysoki udział zatrudnionych w usługach wiedzochłonnych współwystępuje z wysokim poziomem wydajności pracy. Usługi wiedzy wysokich technologii¹⁵ istotnie oddziałują na osiąganą wydajność pracy w makroregionach. Wpływ ten w miarę postępu naukowo-technicznego i globalizacji gospodarki zwiększa się.*

Rola usług w tworzeniu wartości dodanej brutto wzrasta zarówno w krajach, jak i w makroregionach. Wysoko rozwinięte regiony już w końcu XX w. charakteryzowały się bardzo wysokim udziałem usług w WDB¹⁶.

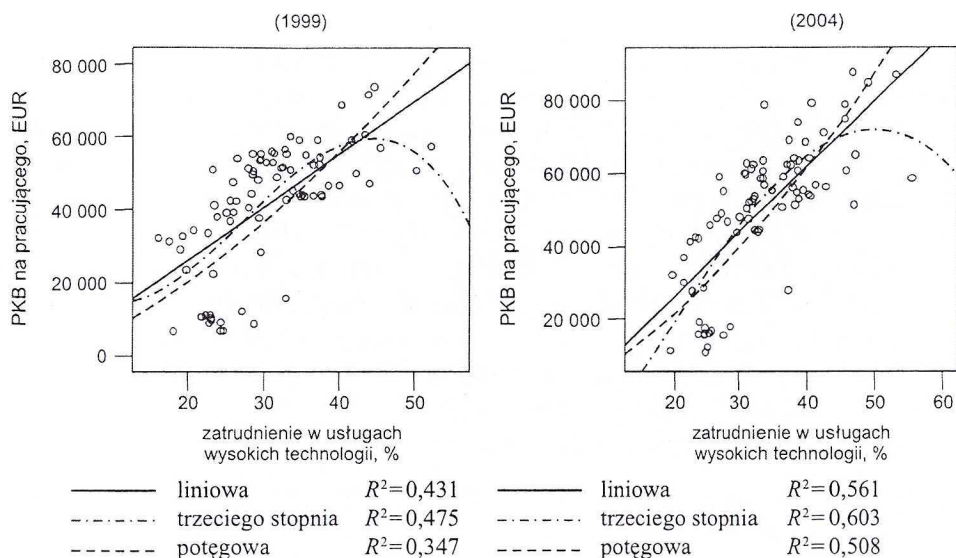
Nowoczesność gospodarki makroregionu, czy inaczej poziom zaawansowania gospodarki opartej na wiedzy, można określić na podstawie udziału pracujących w usługach wiedzy wysokich technologii, które ułatwiają przepływy wiedzy między przedsiębiorstwami i wspomagają wykorzystywanie wysoko zaawansowanych

¹³ Miernik ekwiwalentu pełnego czasu pracy zatrudnionych w sektorze badawczo-rozwojowym (*FTE*) został wprowadzony w badaniach statystycznych ze względu na nieporównywalność danych o liczbie osób pracujących w poszczególnych jednostkach B+R, a także dlatego, że tylko część czasu pracy jest poświęcana na działalność badawczą w sektorze badawczym uczelni. Jednocześnie w wielu państwach europejskich występuje problem wieloetatowości osób zatrudnionych w jednostkach badawczo-rozwojowych. Sposób szacowania wskaźników *FTE* jest obarczony błędami, a dane między państwami wydają się nadal trudno porównywalne.

¹⁴ W 2004 r. największy udział zatrudnionych w B+R wyrażony w *FTE* osiągały: Île de France (2,52%), Manner-Suomi (2,48%), Baden-Württemberg (1,92%) i Berlin (1,79%), a najniższy Dunántúl (0,2%) i Åland (0,15% pracujących w gospodarce). Niestety, nie udało się uzyskać informacji dla Szwecji.

¹⁵ Statystyki Eurostatu wyodrębniają w ramach usług wiedzy następujące typy: 1) usługi wiedzy wysokich technologii (obejmujące dział 64 – usługi poczty i telekomunikacji, dział 72 – usługi technologii informatycznych i dział 73 – badania i rozwój); 2) wiedzochłonne usługi rynkowe i 3) wiedzochłonne usługi finansowe (według www.epp.eurostat.ec).

¹⁶ W 2004 r. usługi wytwarzały ponad 80% WDB w regionach metropoliach np. Londyn 89,2%, region Brukseli 87,8%, Île de France 84,7%, Hamburg 82,2%, Berlin 81,1%. Również w regionach słabo rozwiniętych usługi wytwarzały ponad 50% WDB – np. Słowacja 60,2%, Czechy 59,3%, Centro i Noreste (Hiszpania) po 59%. Wyjątkiem była Irlandia, gdzie w tym czasie według Eurostatu usługi wytwarzały zaledwie 33,3% WDB.



Ryc. 5.5. Zatrudnienie w usługach wiedzy wysokich technologii
a wydajność pracy w gospodarce ($n=82$)

Równania przyjmowały postać

$$y_{i(1999)} = -2,289x_{(1999)}^3 + 187,4x_{(1999)}^2 - 3117,4x_{(1999)} + 29017; \quad R^2=0,475$$

$$y_{i(2000)} = -1,549x_{(2000)}^3 + 123,1x_{(2000)}^2 - 1212,9x_{(2000)} + 10845; \quad R^2=0,537$$

$$y_{i(2003)} = -1,475x_{(2003)}^3 + 120,8x_{(2003)}^2 - 1227,6x_{(2003)} + 12336; \quad R^2=0,540$$

$$y_{i(2004)} = -0,714x_{(2004)}^3 + 28,6x_{(2004)}^2 + 2523,9x_{(2004)} - 36531; \quad R^2=0,603$$

lub

$$y_{i(2004)} = 220,1x_{i(2004)}^{1,530}; \quad R^2=0,508$$

a dla wartości średniorocznych zmiennej objaśniającej postać:

$$y_{i(2005)} = -1,972\bar{x}_{(1999-2004)}^3 + 161,9\bar{x}_{(1999-2004)}^2 - 2193,4\bar{x}_{(1999-2004)} + 21065; \quad R^2=0,545$$

gdzie:

y_i – wydajność pracy w gospodarce makroregionu w danym roku (PKB na pracującego),
 x_i – zatrudnienie w usługach wiedzy wysokich technologii (% pracujących ogółem
w makroregionie).

technologii w przetwórstwie przemysłowym¹⁷. W grupie tej znajdują się zarówno pracujący w działalności badawczo-rozwojowej (którą możemy traktować jako dział

¹⁷ Informacje o *Knowledge-intensive high-technology services (se-kis-ht)* są dostępne w bazach Eurostatu dla większości makroregionów (oprócz makroregionu Åland i Szwecji) za lata 1999-2006.

tworzenia zasobów wiedzy), jak i pracujących w usługach związanych z technologiami informatycznymi, których znaczenie we współczesnej gospodarce rośnie wobec postępu w zakresie wytwarzania, gromadzenia i przesyłania informacji.

Wskaźniki determinacji pozwalają na ostrożną interpretację współczynników regresji i stwierdzenie, że intensywność zatrudnienia w usługach wiedzy zaawansowanych technologii jest istotna dla wzrostu wydajności pracy w gospodarce makroregionów. Wskaźniki determinacji rosły w czasie (w ciągu sześciu lat dla wielomianu trzeciego stopnia o 12,8 pkt proc., a dla funkcji potęgowej aż o 16,1 pkt proc.), co potwierdza, że wpływ tej zmiennej objaśniającej na wydajność pracy, a pośrednio wzrost gospodarczy, wzrasta. Współczynniki regresji równań potęgowych pozwalają stwierdzić, że wpływ udziału pracujących w *se-kis-ht* jest pozytywny i więcej niż proporcjonalny. Wzrost intensywności zatrudnienia w *se-kis-ht* o 1% w 2004 r. spowodował w tym samym roku wzrost wydajności pracy aż o 1,5%.

Hipoteza 6. *Występowanie dużych miast istotnie podnosi wydajność pracy w gospodarce makroregionu.*

Miernikiem poziomu urbanizacji do weryfikacji hipotezy 6. był udział ludności makroregionu zamieszkującej w dużych miastach (przyjęto, że są to miasta liczące w danym roku ponad 100 tys. stałych mieszkańców)¹⁸.

Wyniki analizy nie pozwalają statystycznie potwierdzić hipotezy o istotnym statystycznie, pozytywnym oddziaływaniu występowania dużych miast na osiąganą wydajność pracy w gospodarce makroregionów w latach 1999-2004. Wskaźniki determinacji między zmiennymi nie przekraczały 10%. Liczebnie w zbiorze makroregionów dominowały jednostki, w których 15%-30% ludności, zarówno w 1999 r., jak i w 2004 r., mieszkało w dużych miastach, ale były to regiony o bardzo zróżnicowanym poziomie wydajności pracy. Jednocześnie można zauważyć, że makroregiony, gdzie udział ludności w dużych miastach był wysoki (powyżej 75% ludności ogółem) charakteryzowały się wysoką i bardzo wysoką wydajnością pracy. W grupie tej znalazły się wszystkie makroregiony metropolitalne w zbiorze. Niska zależność statystyczna między zmiennymi może wynikać z rozkładu liczebności jednostek, ale być może także z błędnie przyjętej wartości brzegowej wielkości miasta. Wyniki mogą też potwierdzać, że w skali makroregionów – przy tak dużym zróżnicowaniu jednostek pod względem funkcji administracyjnych i stopnia samodzielności samorządowej władz – obecność dużego miasta nie jest współcześnie decydująca dla wzrostu gospodarczego.

W 2004 r. najwyższy udział pracujących w *se-kis-ht* wystąpił w Île de France (7,5%), South East GB (6%) i Londynie (5,8%), a najniższy w makroregionach greckich Voreia Ellada (1,1%) i Kentriki Ellada (0,9%). W Polsce wskaźnik *se-kis-ht* np. w makroregionie Wschodnim wynosił 1,2%.

¹⁸ Najwyższe wskaźniki tak określonego stopnia urbanizacji występowały w regionach metropolitalnych stolic, a także np. w Hamburgu i Bremie osiągając 100%, najniższe w makroregionach Nord-Pas de Calais (5,5%), Kentriki Ellada (6,7%) i Centro w Hiszpanii (8,3%).

Hipoteza 7. *Duża liczba jednostek naukowo-badawczych w stosunku do liczby lokalnych przedsiębiorstw przetwórstwa przemysłowego w makroregionie pozytywnie wpływa na wydajność pracy w gospodarce.*

Bliskość przestrzenna i łatwość kontaktów z jednostkami sektora badawczo-rozwojowego w przestrzeni może być traktowana jako czynnik ułatwiający wykorzystywanie wiedzy w gospodarce i wdrażanie innowacji procesowych oraz produktowych. Bliskość ta jest szczególnie istotna dla małych i średnich przedsiębiorstw, które chcąc podnosić innowacyjność i konkurować na rynku ponadlokalnym, powinny współpracować z jednostkami badawczo-rozwojowymi.

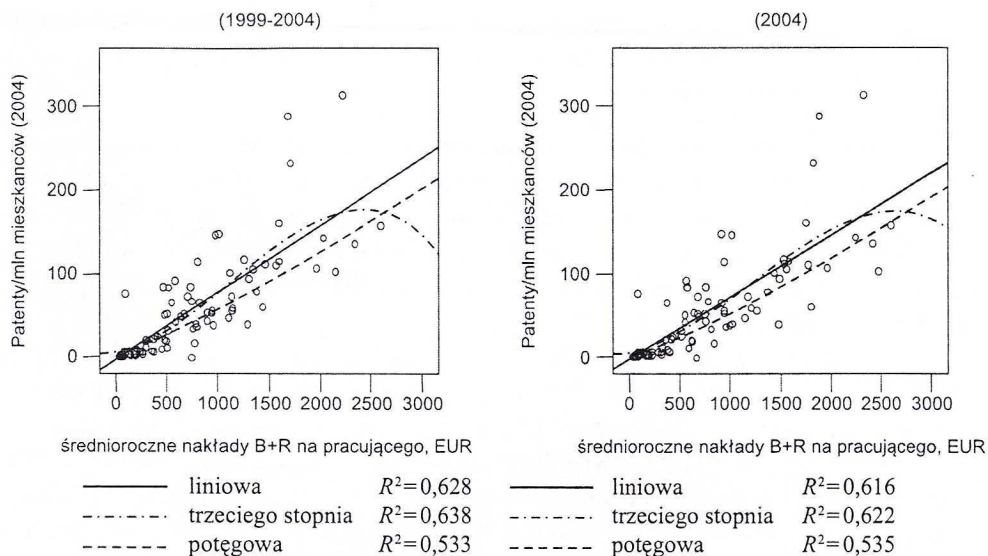
Linie zależności między gęstością jednostek naukowo-badawczych w liczbie lokalnych firm przetwórstwa przemysłowego a wydajnością pracy w gospodarce nie pozwalają pozytywnie zweryfikować postawionej hipotezy. Najwyższy wskaźnik determinacji w 1999 r. sięgał zaledwie 17,3% (wielomian trzeciego stopnia), a w 2004 r. – 20,9% (funkcja potęgowa). Łatwość przesyłania informacji na duże odległości i rosnąca dostępność komunikacyjna wielu punktów w przestrzeni może osłabiać znaczenie bliskości przestrzennej między przedsiębiorstwami a jednostkami badawczo-rozwojowymi dla wdrażania innowacji¹⁹. Możemy tylko przypuszczać, że w skali regionów zależności między gęstością jednostek badawczo-rozwojowych a wydajnością pracy będą większe.

5.3. Aktywność działalności patentowej

Wnioski patentowe zgłaszane z danego terytorium traktuje się jako wymierny efekt kapitału wiedzy w popytowo-podażowych modelach rozwoju gospodarki opartej na wiedzy. Aktywność patentową w makroregionach (NUTS 1) na podstawie zgłoszeń do Europejskiego Biura Patentowego można analizować za lata 1999-2004²⁰. Identyfikuje się zależności cząstkowe między poziomem aktywności patentowej a tymi samymi elementami kapitału wiedzy, które traktowano jako czynniki wydajności pracy. Dodatkowo jako zmienną objaśniającą wprowadza się udział zatrudnionych w przemyśle wysokiej i średniowysokiej techniki w ogólnej liczbie pracujących w makroregionie.

¹⁹ Być może większe znaczenie dla wdrażania nowych rozwiązań i adaptacji innowacji ma bliskość organizacyjna i kulturowa ułatwiająca współpracę między jednostkami produkcyjnymi oraz współpracę między sektorem badawczo-rozwojowym a sektorem produkcyjnym. Patrz: Boschma 2005, s. 61-74.

²⁰ Dane Eurostatu o liczbie patentów są trudne do wykorzystania i wydają się obarczone błędami. Za rok 2004 wystąpiły braki dla niektórych makroregionów, zbiór wymagał „czyszczenia”, ekstrapolacji i uzupełnień. Aktywność patentowa w makroregionach wykazywała duże wahania. Najwyższą liczbę patentów zgłoszono na mln mieszkańców do EPO w 2004 r. z makroregionów: Baden-Württemberg (314), Zuid-Nederland (288), Bayren (233) i Hessen (141 patentów). Najniższa aktywność patentowa występowała w Szkocji (0,07) i makroregionach polskich – Wschodnim (0,89), Północnym (1,22) i Południowym (1,43 patentów na mln mieszkańców). W makroregionie Centralnym (Polska) wskaźnik ten w tym samym roku sięgał 2,7 i był minimalnie wyższy niż na Litwie i Łotwie. Patrz także rozdz. 4.



Ryc. 5.6. Nakłady *GERD total* a aktywność patentowa w makroregionach ($n=82$)

$$y_{i(2004)} = -2,891 + 0,084 \cdot \bar{x}_{i(1999-2004)}; \quad R^2=0,628$$

$$y_{i(2004)} = -2,956 + 0,074 \cdot x_{i(1999-2004)}; \quad R^2=0,616$$

Zależność między intensywnością nakładów *GERD total* a liczbą zgłoszonych patentów na mln ludności do EPO jest pozytywna i może być odwzorowana funkcją liniową. Wielomian trzeciego stopnia minimalnie tylko zwiększył stopień wyjaśnienia przestrzennej zmienności aktywności patentowej przez intensywność nakładów *GERD total*. Uwzględnienie intensywności średniorocznej nakładów za sześć lat również w niewielkim stopniu poprawiło wyjaśnienie zależności w stosunku do modeli jednorocznych (ryc. 5.6). Interpretacja równań jest utrudniona wobec skośnego rozkładu zmiennej zależnej. Odrzucenie makroregionów z bardzo wysoką aktywnością patentową nieco zwiększyło wskaźnik determinacji, ale istotnie obniżyła się wartość współczynnika regresji liniowej²¹.

Ostrożna interpretacja regresji prostoliniowej pozwala stwierdzić, że średnioroczny wzrost intensywności nakładów *GERD total* o ok. 0,1 € na pracującego w go-

²¹ W równaniu prostoliniowym dla $n=65$ wskaźnik determinacji wynosił 61,4%, ale współczynnik regresji zaledwie 0,023 (aktywność patentową przyjęto jako średnią liczbę patentów w latach 1999-2004 na mln mieszkańców w makroregionie, a zmienną objaśniającą jako średnioroczną intensywność *GERD total* na pracującego w tych samych latach). Wzrost aktywności patentowej o 1 patent zgłoszony do EPO na mln mieszkańców wymagał średniorocznego wzrostu intensywności nakładów *GERD total* tylko o 0,023 € na pracującego w gospodarce – stwierdzenie to jest prawdziwe tylko dla regionów o średniej, niskiej i bardzo niskiej aktywności patentowej.

spodarcze podnosił aktywność patentową w makroregionie o 1 patent zgłoszony do EPO na mln mieszkańców w 2004 r. Natomiast interpretacja współczynnika regresji potęgowej (wskaźnik determinacji – 53%) pozwala wnioskować, że wzrost o 1% średniorocznej intensywności nakładów *GERD total* w latach 1999-2004 na pracującego spowodował w 2004 r. wzrost o 1,14% liczby zgłoszonych patentów na mln mieszkańców w makroregionie.

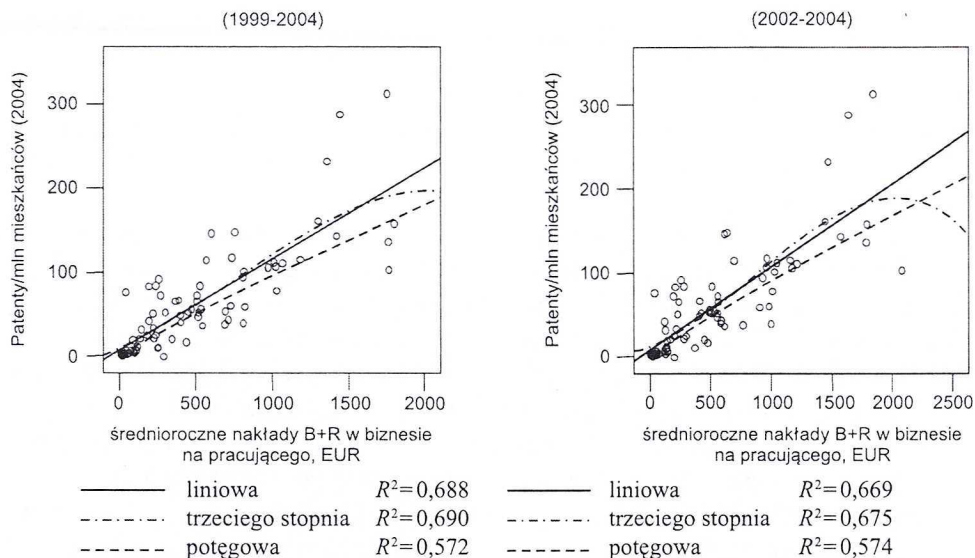
Przyjęcie za zmienną objaśniającą średniorocznej intensywności *GERD total* (za sześć, cztery i trzy lata) minimalnie zwiększało wskaźniki determinacji funkcji krzywoliniowych, a współczynniki regresji nieco wzrosły w stosunku do równań bez opóźnień. Wystąpiło też niewielkie zmniejszenie dopasowania funkcji liniowej przy rosnącym wskaźniku determinacji funkcji krzywoliniowych. Oznacza to, że zależność między zmiennymi komplikuje się, zmienia z prostoliniowej w krzywoliniową, mimo analizowania tylko sześciu lat, z tym że dopasowanie liniowe zmienności przestrzennej analizowanych cech jest wystarczające dla interpretacji równań.

Można oczekiwać, że intensywność nakładów *GERD business* będzie bardziej wpływać na aktywność patentową w makroregionach niż intensywność nakładów *GERD total*. Sektor przedsiębiorstw realizuje, w stosunku do pozostałych sektorów, w największym stopniu prace rozwojowe istotnie połączone z wdrażaniem nowych idei i rozwiązań do produkcji. Najczęściej właśnie efekty tych prac, albo efekty prac na styku badań podstawowych z pracami rozwojowymi, są chronione jako własność intelektualna.

Zgodnie z oczekiwaniami zależności między intensywnością nakładów *GERD business* w gospodarce a liczbą zgłoszonych patentów do EPO z makroregionu są wyraźnie pozytywne. Wielomian trzeciego stopnia i funkcja potęgowa w niewielkim stopniu podnosi wskaźniki determinacji w stosunku do regresji prostoliniowej (ryc. 5.7).

Interpretacja współczynników regresji liniowej pozwala stwierdzić, że wzrost średniorocznej intensywności *GERD business* w ciągu sześciu lat o 0,11 € powodował wzrost o 1 liczby patentów zgłoszonych do EPO na mln mieszkańców w 2004 r. z makroregionu. Ostrożna interpretacja równania potęgowego (wskaźnik determinacji zaledwie 57%) pozwala stwierdzić, że wzrost o 1% średniorocznych nakładów *GERD business* na pracującego (w latach 1999-2004) spowodował w 2004 r. wzrost o 0,9% liczby patentów zgłoszonych do EPO na 1 mln mieszkańców z makroregionu. Interpretacja współczynników musi być jednak bardzo ostrożna wobec bardzo dużego zróżnicowania zbioru tak pod względem wartości zmiennej zależnej, jak i zmiennej niezależnej²².

²² Odrzucenie makroregionów z bardzo wysoką aktywnością patentową i zmniejszenie liczby jednostek do 65 w równaniach regresji zmniejszyło wskaźnik determinacji regresji prostoliniowej do 60,5% (o 8,3 pkt proc. w stosunku do $n=82$), a jednocześnie wyraźnie obniżyło współczynnik regresji. Jego interpretacja pozwala stwierdzić, że wzrost średniorocznej aktywności o 1 patent zgłaszany do EPO w latach 1999-2004 wymagał średniorocznego wzrostu intensywności *GERD business* na pracującego w gospodarce makroregionów w tym samym czasie o 0,033 €. Można tym samym stwierdzić, że w pomniejszonym zbiorze makroregionów potrzebny dla podniesienia aktywności patentowej przyrost intensywności *GERD business* był niższy niż w całym zbiorze makroregionów.



Ryc. 5.7. Nakłady *GERD business* a aktywność patentowa w makroregionach ($n=82$)

$$y_{i(2004)} = 6,883 + 0,108 \cdot \bar{x}_{i(1999-2004)}; \quad R^2=0,688$$

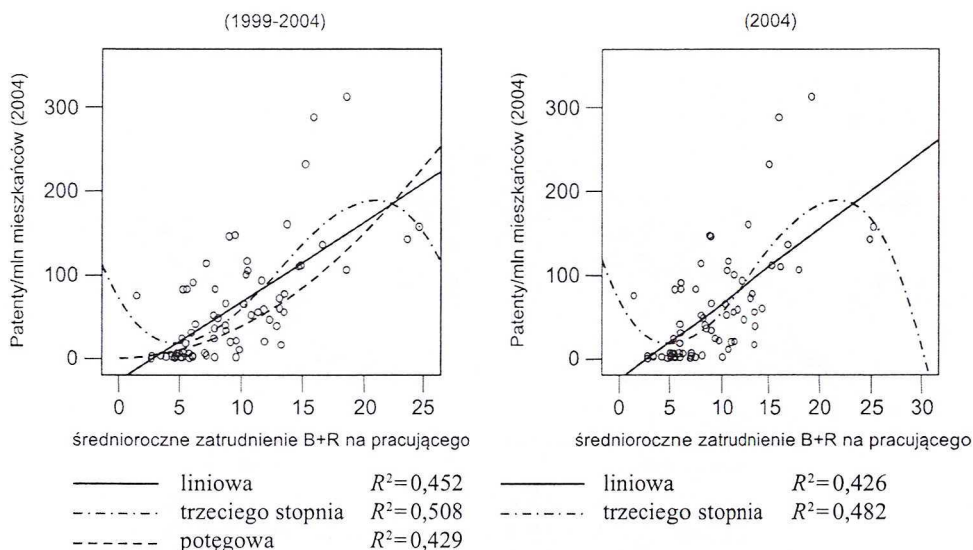
$$y_{i(2004)} = 8,042 + 0,099 \cdot x_{i(2004)}; \quad R^2=0,669$$

Analiza wpływu intensywności nakładów na działalność badawczo-rozwojową w sektorze rządowym i w sektorze szkół wyższych na liczbę zgłoszonych patentów na mln mieszkańców w makroregionach nie pokazała istotnych statystycznie zależności między zmiennymi. Stopień dopasowania funkcji jest bardzo niski i pozwala jedynie stwierdzić, że utrzymująca się wiele lat wysoka intensywność nakładów *GERD gov* zwiększa prawdopodobieństwo wzrostu aktywności patentowej (wskaźnik determinacji funkcji potęgowej przy uwzględnieniu średniorocznej intensywności nakładów *GERD gov* sięgał 23,7%, a intensywności *GERD gov* w jednym roku zaledwie 18%).

Niskie dopasowanie linii regresji jednoczynnikowej właściwie nie potwierdza pozytywnej siły oddziaływania nakładów rządowych i nakładów uczelni wyższych na aktywność działalności patentowej w makroregionach, albo wręcz pozwala stwierdzić, że wpływ ten w takiej skali przestrzennej nie występuje.

Analiza zależności między udziałem zatrudnionych w sektorze B+R w liczbie pracujących ogółem w gospodarce a liczbą zgłoszonych patentów do EPO na mln mieszkańców pokazuje różnice oddziaływania różnych sektorów wykonawczych działalności badawczo-rozwojowej makroregionu.

Możemy wnioskować, że utrzymujący się w dłuższym okresie wysoki udział pracujących w sektorze badawczo-rozwojowym (sześć lat) miał nieco większy wpływ na aktywność patentową niż wskaźnik jednoroczny (ryc. 5.8). Identyfikacja zależności między

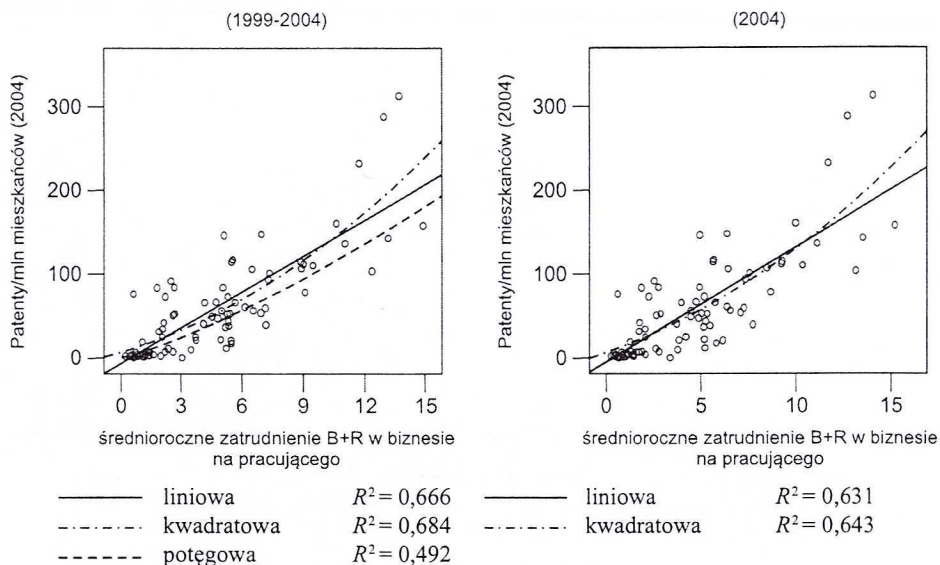


Ryc. 5.8. Zatrudnienie w sektorze badawczo-rozwojowym ogółem a aktywność patentowa ($n=70$)

zatrudnieniem w sektorze badawczo-rozwojowym ogółem a aktywnością patentową jest trudna wobec niskiego stopnia dopasowania modeli. Ogólnie można stwierdzić, że udział pracujących w sektorze B+R (w *FTE*) miał w latach 1999-2004 niewielki wpływ na liczbę zgłoszonych patentów na mln mieszkańców z makroregionu do Europejskiego Biura Patentowego. Dostępność danych o pracujących w działalności badawczo-rozwojowej sektora biznesu jest lepsza niż dostępność informacji o zatrudnieniu ogółem²³.

Wpływ zatrudnienia w działalności badawczo-rozwojowej sektora biznesu na aktywność działalności patentowej w makroregionach jest wyraźnie wyższy niż wpływ zatrudnienia ogółem w sektorze B+R (ryc. 5.8 i 5.9). Ujawnia się także nieco lepsze dopasowanie linii regresji między liczbą patentów na mln mieszkańców w 2004 r. a udziałem pracujących w działalności B+R w sektorze biznesu, jeżeli bierzemy pod uwagę wartości średnioroczne za sześć lat. Modele ze zmiennymi objaśniającą i objaśnianą z tego samego roku (2004) nieznacznie obniżają stopień dopasowania, ale pozwalają również określić wpływ zatrudnienia w działalności B+R sektora biznesu na liczbę zgłaszanych patentów do Europejskiego Biura Patentowego. Interpretacja funkcji liniowej musi być ostrożna. Można jednak stwierdzić, że wzrost nasycenia zatrudnieniem w sektorze badawczo-rozwojowym biznesu w gospodarce o 1 pkt proc. w 2004 r. pod-

²³ Informacje o zatrudnieniu w sektorze B+R ogółem były dostępne dla 70 jednostek, a o zatrudnieniu w działalności badawczo-rozwojowej sektora biznesu dla 82 makroregionów. Różnica liczebności wynika z braku danych o liczbie pracujących w sektorze rządowym i sektorze uczelni w niektórych makroregionach.



Ryc. 5.9. Zatrudnienie w działalności badawczo-rozwojowej sektora biznesu
a aktywność patentowa ($n = 82$)

$$y_{i(2004)} = -6,799 + 14,204 \cdot \bar{x}_{i(1999-2004)}; \quad R^2 = 0,666$$

$$y_{i(2004)} = -5,001 + 13,452 \cdot x_{i(2004)}; \quad R^2 = 0,631$$

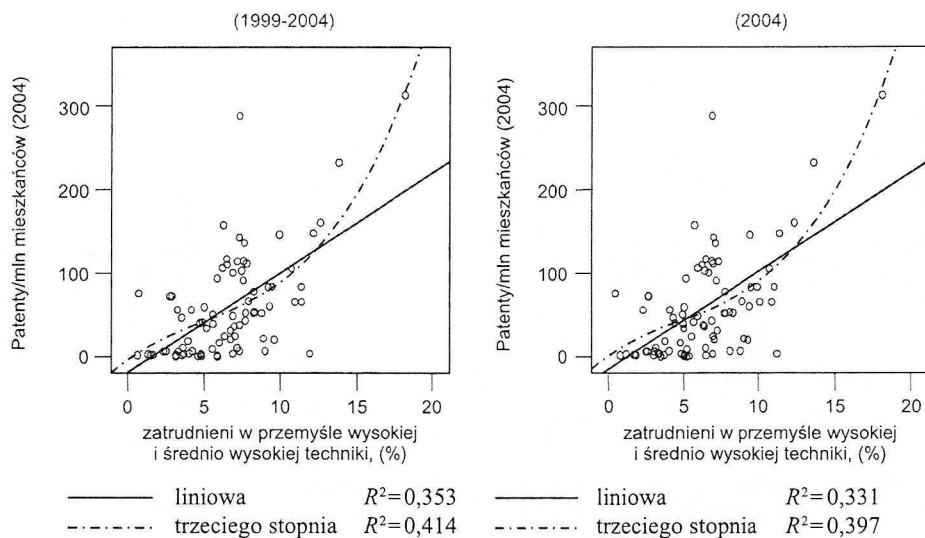
niósł o 13,4 liczbę patentów na mln mieszkańców zgłoszonych do EPO w tym samym roku w badanych makroregionach²⁴.

Nie zidentyfikowano istotnego statystycznie wpływu udziału zatrudnionych w sektorze rządowym i sektorze uczelni B+R w liczbie pracujących ogółem ani wpływu udziału zasobów ludzkich dla nauki i techniki (*HRST core*) w liczbie ludności ogółem na aktywność patentową w makroregionach. Niskie dopasowanie linii regresji nie pozwala interpretować równań (wskaźnik determinacji 18,4% dla średniorocznej wartości zmiennej objaśniającej).

Z cech struktury zatrudnienia w gospodarce makroregionu analizowano wpływ na aktywność patentową dwóch zmiennych: udział zatrudnionych w przemyśle przetwórczym wysokiej i średniowysokiej techniki²⁵ oraz udział zatrudnionych w usługach

²⁴ W 2004 r. w sektorze wykonawczym biznesu B+R zatrudnieni stanowili średnio 0,47% pracujących ogółem w makroregionie. Najwyższe wskaźniki wystąpiły w makroregionach: Île de France 1,52%, Baden-Württemberg 1,42% Manner-Suomi 1,39%, Eastern (GB) 1,37%, a najniższe w: Nisia Aigaiou, Kriti 0,02%, Åland 0,4% i polskim makroregionie Północno-Zachodnim 0,05%.

²⁵ Udział zatrudnionych w przemyśle przetwórczym wysokiej i średniowysokiej techniki w liczbie pracujących był najwyższy w makroregionach niemieckich, gdzie przekraczał często 10%. Wskaźniki te wykazują w tych regionach stabilizację, a w niektórych, w wyniku procesów automatyzacji produkcji



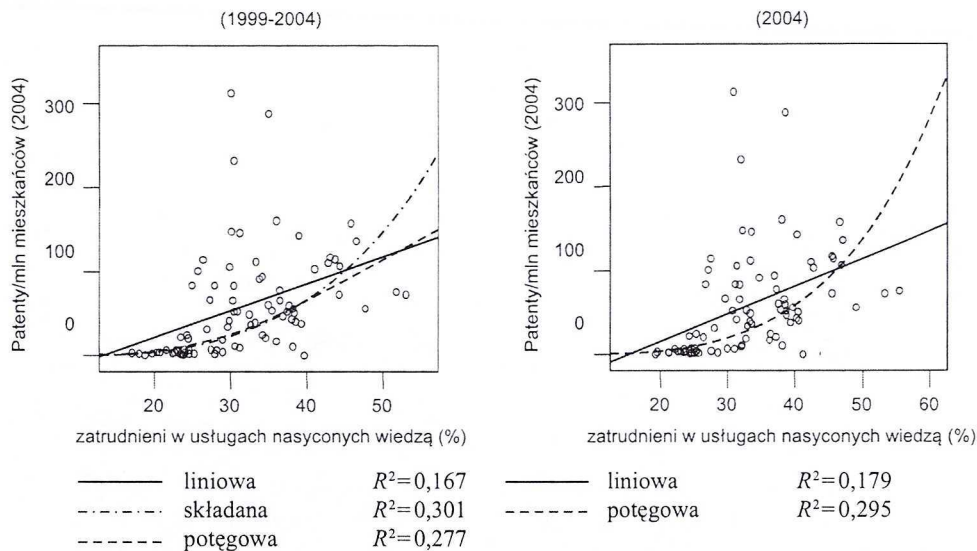
Ryc. 5.10. Zatrudnienie w przetwórstwie przemysłowym wysokiej i średniowysokiej techniki a aktywność patentowa ($n=82$)

gach wiedzy wysokich technologii²⁶. Wyraźnie większy wpływ na liczbę zgłoszonych patentów na mln mieszkańców do EPO miało zatrudnienie w przemyśle wysokiej i średniowysokiej techniki (ryc. 5.10) niż zatrudnienie w usługach wiedzy wysokich technologii (ryc. 5.11). Wskaźnik determinacji wielomianu trzeciego stopnia między średnim udziałem zatrudnionych w przemyśle wysokiej i średniowysokiej techniki (za sześć lat) a aktywnością patentową sięgał 41,4%.

Oszacowane modele pokazujące brak wpływu udziału zatrudnionych w usługach wiedzy wysokich technologii odzwierciedliły niewielką liczbę regionów, gdzie usługi te w sposób istotny nawiązywały do zaawansowania technologicznego przetwórstwa przemysłowego. Nie mają one wpływu (przy przyjętych w Eurostacie zasadach ich określania w strukturze gospodarki) na aktywność patentową. Wyraźnie

– nawet spadek (np. w makroregionie Bawarii w 2004 r. wskaźnik sięgał 13,6%, a w 2006 r. już tylko 12,0%). Niestety nie ma możliwości wykorzystania wskaźników udziału tych działów w wytwarzaniu wartości dodanej brutto. Najniższy wskaźnik udziału zatrudnionych w przemyśle przetwórczym wysokiej i średniowysokiej techniki wystąpił w regionach peryferyjnych (turyistycznych) np. Isole, Voreia Ellada i wyspy greckie, ale także w słabo rozwiniętych makroregionach Europy Środkowo-Wschodniej (np. Łotwa) oraz w makroregionach o bardzo wysokim poziomie rozwoju bazujących na usługach, np. Bruksela (w 2004 r. poniżej 2%).

²⁶ Informacje o usługach wiedzy patrz przypis 15. Najwyższe wskaźniki udziału pracujących w przemyśle wysokich i średniowysokich technologii występowały w 2004 r. w niemieckich makroregionach pozametropolitalnych np. Baden-Württemberg (18,1%), Bayren (13,6%) i Hessen (12,3%), a najniższe w regionach greckich: Voreia Ellada (1,7%), Kentriki Ellada (1,2%), Nisia Aigaiou, Kriti (0,8% pracujących ogółem). Według Eurostatu z makroregionów polskich w 2005 r. najwyższy wskaźnik wystąpił w Południowo-Zachodnim (6,6%) i Południowym (5,4%).



Ryc. 5.11. Zatrudnienie w usługach wiedzy wysokich technologii
a aktywność patentowa ($n=82$)

większy jest wpływ udziału pracujących w przetwórstwie przemysłowym wysokiej i średniowysokiej techniki na aktywność patentową w makroregionach.

Nie zidentyfikowano również ważnego statystycznie, pozytywnego wpływu większej gęstości jednostek badawczo-rozwojowych na aktywność patentową w makroregionach (wskaźnik determinacji funkcji potęgowej między średnioroczną za sześć lat gęstością JBR/1000 firm przetwórstwa przemysłowego a aktywnością patentową sięgał zaledwie 20,7%).

Interpretacja zależności cząstkowych wpływu poszczególnych czynników na aktywność patentową w makroregionach europejskich jest wyraźnie bardziej skomplikowana niż analiza czynników wydajności pracy w gospodarce. W dużym stopniu wynika to ze skomplikowania zależności cząstkowych, a także z konieczności uwzględnienia informacji o patentach zgłoszonych do Europejskiego Biura Patentowego z danego obszaru. Przyjęcie tego rozwiązania umożliwiło porównywalność makroregionów, ale nie obejmuje w pełni krajowej aktywności patentowej poszczególnych regionów.

5.4. Modele wieloczynnikowe

Zidentyfikowane zależności cząstkowe między wydajnością pracy oraz aktywnością patentową a elementami kapitału wiedzy w makroregionach wykorzystano do zbudowania modeli wieloczynnikowych dających możliwość uwzględnienia jednoczesnego oddziaływania wielu czynników na zmienne objaśniane. Na podstawie analizy zależności cząstkowych przyjęto, że model wieloczynnikowy będzie budowany na

podstawie iloczynów funkcji potęgowych poszczególnych zmiennych objaśniających. Współczynniki modelu zostaną oszacowane dla każdego z sześciu badanych lat oraz dla wartości zmiennych średniorocznych.

Do określenia czynników objaśniających zmiany wydajności pracy w makroregionach wykorzystuje się trzy modele. W pierwszym, wśród zmiennych objaśniających uwzględniono intensywność nakładów na badania i rozwój (*GERD total*), w drugim, tylko intensywność tych nakładów w sektorze badawczym biznesu, a w trzecim zarówno nakłady na badania i rozwój w sektorze biznesu, jak i w sektorze uczelni wyższych. Pozostałe zmienne objaśniające w każdym z modeli były takie same i znalazły się wśród nich także aktywność patentowa oraz udział nakładów na innowacje w procencie obrotów ogółem kraju, do którego należał makroregion²⁷.

$$(1) \quad Y_{i(t_1-t_6)} = b_0 \cdot x_{igt(t_1-t_6)}^{a_1} \cdot z_{i(t_1-t_6)}^{a_2} \cdot u_{i(t_1-t_6)}^{a_3} \cdot r_{i(t_1-t_6)}^{a_4} \cdot w_{i(t_1-t_6)}^{a_5} \cdot p_{i(t_1-t_6)}^{a_6} \cdot k^{a_7}$$

gdzie:

Y – PKB na pracującego w *euro* (ceny bieżące) w danym roku w makroregionie,

x_{gt} – intensywność *GERD total* w *euro* na pracującego w gospodarce makroregionu,

z – *HRST core* % ludności,

u – zatrudnienie (*FTE*) w sektorze badań i rozwoju w ogólnej liczbie pracujących,

r – liczba jednostek badawczo-rozwojowych na 1000 lokalnych firm przetwórstwa przemysłowego,

w – udział pracujących w usługach wiedzy wysokich technologii,

p – liczba patentów na mln ludności,

k – nakłady na innowacje w % obrotów ogółem w kraju,

$t_1 - 1999, \dots, t_6 - 2004; \quad i = 1, 2, 3 \dots, 82$

Siedem wyselekcjonowanych zmiennych w modelu regresji potęgowej (1) wyjaśniało w kolejnych latach ok. 90% przestrzennej zmienności wydajności pracy, a po przyjęciu wartości średniorocznych 91,4% (tab. 5.1). Liczba jednostek w modelu została jednak ograniczona do 69 (brak informacji o nakładach *GERD gov* w makroregionach brytyjskich i Szwecji), a tym samym zróżnicowanie wewnętrzne zbioru w zakresie branż pod uwagę zmiennych zostało zmniejszone.

Parametry modelu przyjmowały zarówno wartości ujemne, jak i dodatnie²⁸. Ujemne współczynniki potęgowe występowały stale jako parametr zmiennej opisującej wpływ udziału zatrudnionych w sektorze badawczo-rozwojowym w ogólnej liczbie pracujących, z tym że były względnie małe w 1999 r. (-0,39), następnie wahały się osiągając w 2004 r. aż -0,54. Można to tłumaczyć wysokimi kosztami utrzymania zatrudnienia w sektorze badawczo-rozwojowym. Wykładniki potęgowe dla zmiennej

²⁷ Udział nakładów na innowacje jako procent obrotów ogółem określono na podstawie wartości krajowych według *European Innovation Scoreboard 2005* (EIS); <http://www.trendchart.org>.

²⁸ Interpretacja związków między zmiennymi w modelach wieloczynnikowych musi być ostrożna, ponieważ pominięto analizę istotności statystycznej poszczególnych parametrów. Pominięcie to było możliwe, ponieważ współczynniki determinacji w poszczególnych równaniach były bardzo wysokie.

Tabela 5.1

Oszacowane wartości współczynników modelu (1)*

Współczynniki	1999	2000	2001	2002	2003	2004	t_1-t_6
b_0	342,6	101,8	137,9	90,0	140,4	143,0	92,4
a_1	0,6056	0,6027	0,5849	0,6256	0,6197	0,5492	0,6483
a_2	-0,1610	-0,0524	-0,0734	-0,0054	0,0222	0,0617	0,0036
a_3	-0,3925	-0,5543	-0,5037	-0,5996	-0,4949	-0,5382	-0,5996
a_4	-0,0165	-0,0137	-0,0160	-0,0540	-0,0584	-0,0730	-0,0468
a_5	0,4282	0,7268	0,6912	0,7154	0,5910	0,6880	0,6811
a_6	-0,0369	-0,0439	-0,0421	-0,0289	-0,0497	-0,0078	-0,0534
a_7	-0,0811	-0,0881	-0,1144	-0,1159	-0,1075	-0,0730	-0,1199
Wskaźnik R^2	0,912	0,917	0,889	0,903	0,902	0,892	0,914

* Modele oszacowano metodą iteracyjną, minimalizując sumę kwadratów odchyłeń.

HRST core były do 2002 r. ujemne, a następnie ich wartość wzrastała (w 2004 r. sięgając 0,06). Bardzo wysoki, pozytywny w całym zbiorze zmiennych objaśniających, był wpływ udziału pracujących w usługach wiedzy wysokich technologii. Jeżeli pominiemy oddziaływanie sześciu innych zmiennych na wzrost wydajności pracy, wzrost udziału zatrudnionych w *se-kis-h*t o 1 pkt proc. powodował wzrost wydajności pracy o 0,68% w gospodarce makroregionu.

Zmienną decydującą o wzroście wydajności pracy w gospodarce makroregionów, obok udziału zatrudnionych w usługach wiedzy wysokich technologii, była intensywność nakładów *GERD total* na pracującego w gospodarce. Wykładnik potęgowy tej zmiennej w modelu (1) wahał się od 0,54 (2004 r.) do 0,63 (2002 r.). Możemy stwierdzić, że pomijając wpływ branych pod uwagę pozostałych zmiennych objaśniających, w efekcie wzrostu intensywności nakładów *GERD total* w gospodarce o 1% wydajność pracy wzrastała średnio o 0,65%. W modelu wystąpiły bardzo niskie, ale ujemne współczynniki przy zmiennej aktywność patentowa (od -0,01 do -0,05). Można to tłumaczyć potencjalnie wysokim obciążeniem finansowym prac nad patentami i ich zgłaszaniem do EPO. Pozytywne efekty między wydajnością pracy a aktywnością patentową mogą być oddalone w czasie. Zastanawiający jest natomiast ujemny współczynnik regresji przy zmiennej opisującej udział nakładów na innowacje w ogólnym obrocie przedsiębiorstw, którego wartość wahała się od -0,08 do -0,1. Może to wynikać nie tylko ze sposobu oszacowania wartości zmiennej (przeniesienie zmiennej krajowej na poziom makroregionów), ale także z odsunięcia w czasie pozytywnego wpływu nakładów innowacyjnych na wydajność pracy w gospodarce.

W modelu (2) główną zmienną objaśniającą jest intensywność nakładów na badania i rozwój w sektorze biznesu na pracującego w gospodarce makroregionu, a pozosta-

Tabela 5.2

Oszacowane wartości współczynników modelu (2)

Współczynniki	1999	2000	2001	2002	2003	2004	t_1-t_6
b_0	408,1	460,4	467,3	451,5	397,3	576,5	322,6
a_1	0,5592	0,4778	0,4202	0,4520	0,5229	0,3265	0,5476
a_2	-0,0691	-0,0733	-0,0383	0,0263	0,0967	0,0986	0,0651
a_3	-0,5211	-0,4103	-0,3685	-0,4067	-0,4944	-0,2922	-0,5431
a_4	0,0136	0,0172	0,0216	0,0109	-0,0098	-0,0217	0,0006
a_5	0,3019	0,4458	0,5284	0,4620	0,3327	0,5942	0,3309
a_6	0,0097	0,0033	0,0045	0,0020	-0,0013	0,0263	0,0166
a_7	0,0433	0,0026	-0,0107	-0,0746	-0,0654	-0,0342	-0,0514
Wskaźnik R^2	0,838	0,816	0,762	0,786	0,774	0,746	0,809

Je sześć zmiennych odgrywa w założeniu rolę ułatwiającą lub utrudniającą wykorzystywanie wiedzy w regionie. Również w tym modelu pozostaje cecha obrazująca wielkość nakładów na innowacje w gospodarce kraju.

$$(2) \quad Y_{i(t_1-t_6)} = b_0 \cdot x_{igb(t_1-t_6)}^{a_1} \cdot z_{i(t_1-t_6)}^{a_2} \cdot u_{i(t_1-t_6)}^{a_3} \cdot r_{i(t_1-t_6)}^{a_4} \cdot w_{i(t_1-t_6)}^{a_5} \cdot p_{i(t_1-t_6)}^{a_6} \cdot k^{a_7}$$

gdzie:

Y – PKB na pracującego w *euro* (ceny bieżące) w danym roku w makroregionie,

x_{gb} – intensywność *GERD business* w *euro* na pracującego w gospodarce makroregionu, pozostałe oznaczenia jak w modelu (1).

W modelu (2) główną zmienną objaśniającą w kolejnych latach, oprócz 2001 i 2004 r., była intensywność nakładów *GERD business*. Jej największy wpływ wystąpił w 1999 r., kiedy wykładnik potęgowy sięgał 0,56, a najmniejszy 2004 r. (tab. 5.2). Podobny obraz zmniejszania się wpływu tych nakładów pokazały modele regresji jednoczynnikowej. Na podstawie wartości średniorocznych za sześć lat możemy stwierdzić, że pomijając wpływ pozostałych zmiennych objaśniających, wzrost intensywności *GERD business* o 1% powodował średnio wzrost wydajności pracy o 0,55% w latach 1999-2005. Porównanie znaków wykładników potęgowych i ich wartości pokazuje, że w stosunku do modelu (1) wzrosło oddziaływanie *HRST core* na wydajność pracy. Do 2001 r. były one ujemne w modelu (2), a następnie zaczęły wyraźnie rosnąć, sięgając +0,1 w latach 2003 i 2004 (por. tab. 5.1 i 5.2). W modelu tym ujawnił się minimalny pozytywny wpływ liczby jednostek badawczo-rozwojowych na 1000 firm przetwórstwa przemysłowego.

$$(3) \quad Y_{i(t_1-t_6)} = b_0 \cdot x_{igb(t_1-t_6)}^{a_1} \cdot x_{igh(t_1-t_6)}^{a_2} \cdot z_{i(t_1-t_6)}^{a_3} \cdot u_{i(t_1-t_6)}^{a_4} \cdot r_{i(t_1-t_6)}^{a_5} \cdot w_{i(t_1-t_6)}^{a_6} \cdot p_{i(t_1-t_6)}^{a_7} \cdot k^{a_8}$$

gdzie:

Y – PKB na pracującego w *euro* (ceny bieżące) w danym roku w makroregionie,
 x_{gb} – intensywność *GERD business* w *euro* na pracującego w gospodarce makroregionu,
 x_{gh} – intensywność *GERD he* w *euro* na pracującego w gospodarce makroregionu,
pozostałe oznaczenia jak w modelu (1).

Uwzględnienie w grupie zmiennych objaśniających, obok intensywności nakładów *GERD business*, również intensywności *GERD he* znacznie zwiększyło stopień wyjaśnienia zmienności przestrzennej wydajności pracy (3). Po odjęciu oddziaływania intensywności nakładów w *GERD he* (oraz wszystkich pozostałych zmiennych objaśniających) nakłady *GERD business* oddziaływały wyraźnie słabiej na wydajność pracy w makroregionach. W 2004 r. wykładnik potęgowy zmiennej intensywności *GERD he* sięgał 0,22 a zmiennej intensywności *GERD business* już tylko 0,18 (tab. 5.3). W modelu uwzględniającym osiem zmiennych objaśniających nie pojawiły się ujemne wykładniki potęgowe dla zmiennej aktywności patentowej. Utrzymały się ujemne znaki wykładników dla udziału zatrudnionych w działalności badawczo-rozwojowej sektora biznesu, z tym że w stosunku do modelu (2) ich negatywny wpływ na wydajność pracy zmniejszał się.

Tabela 5.3

Oszacowane wartości współczynników modelu (3)

Współczynniki	1999	2000	2001	2002	2003	2004	t_1-t_6
b_0	462,4	780,2	949,9	638,2	599,8	556,4	492,2
a_1	0,4585	0,3287	0,2632	0,3302	0,3389	0,1823	0,3853
a_2	0,1534	0,1769	0,2058	0,1412	0,1863	0,2179	0,1692
a_3	-0,0570	-0,0780	-0,0770	-0,0163	0,0500	0,0666	0,0284
a_4	-0,4447	-0,2919	-0,2224	-0,2992	-0,3357	-0,2316	-0,4045
a_5	0,0036	0,0077	0,0110	0,0002	-0,0226	-0,0416	-0,0108
a_6	0,2437	0,3265	0,3643	0,4205	0,3261	0,5595	0,2975
a_7	0,0028	0,0131	0,0055	0,0046	0,0050	0,0454	0,0246
a_8	0,0115	-0,0286	-0,0527	-0,0805	-0,0667	-0,0484	-0,0646
Wskaźnik R^2	0,871	0,851	0,803	0,808	0,816	0,833	0,843

Oszacowanie modelu odwzorowującego ilościowe zależności między aktywnością patentową a wybranymi elementami kapitału wiedzy okazało się zdecydowanie trudniejsze niż modelu opisującego czynniki wydajności pracy w makroregionach.

Przyjęto dwa modele, próbujące wyjaśnić, jakie czynniki decydowały o aktywności patentowej w makroregionach. W pierwszym modelu (4) za zmienne objaśniające przyjęto jedynie intensywność nakładów *GERD business* na pracującego w gospodarce oraz zmienną charakteryzującą udział wydatków na technologie

informatyczne w produkcie krajowym brutto, kraju, w którym znajdował się dany makroregion²⁹. Ponieważ modele dla kolejnych lat pokazywały dużą zmienność parametrów, której nie udało się logicznie wytłumaczyć model określono tylko na podstawie danych średniorocznych. Zakładano, że zmiennymi objaśniającymi będzie intensywność nakładów *GERD business* i nasycenie gospodarki pracującymi w działalności badawczo-rozwojowej sektora biznesu uzupełnione wskaźnikiem udziału wydatków na technologie informatyczne (w % PKB). Wobec dużego skorelowania ze sobą dwóch pierwszych zmiennych, zrezygnowano z uwzględnienia w modelu zmiennej opisującej udział zatrudnionych w sektorze badawczo-rozwojowym biznesu w ogólnej liczbie pracujących w makroregionie.

$$(4) \quad \bar{Y}_i = 0,000316 \cdot \bar{x}_{1i}^{1,295} \cdot \bar{x}_{2i}^{1,714}, \quad R^2 = 0,671$$

gdzie:

$\bar{Y}_i$ – średnioroczna liczba patentów zgłoszonych do EPO na mln mieszkańców z makroregionu w latach 1999-2004,

$\bar{x}_{1i}$ – intensywność nakładów na badania i rozwój w sektorze biznesu w *euro* na pracującego w gospodarce makroregionu w latach 1999-2004,

$\bar{x}_{2i}$ – wydatki na technologie informatyczne w procencie PKB kraju, do którego należy makroregion w latach 1999-2004,

$i = 1, 2, 3 \dots, 82$

Parametry modelu (4) pokazują pozytywny, więcej niż proporcjonalny, wpływ intensywności nakładów na badania i rozwój sektora biznesu w gospodarce oraz wyraźnie pozytywne oddziaływanie udziału wydatków na technologie informatyczne w produkcie krajowym brutto kraju na liczbę zgłoszonych do EPO patentów na mln mieszkańców makroregionu w latach 1999-2004. Stopień wyjaśnienia wariancji aktywności patentowej w makroregionach przez oddziaływanie tych dwóch zmiennych objaśniających był tak wysoki, że można interpretować zależności. Wartości parametrów modelu (4) potwierdzają duże znaczenie indeksu społeczeństwa informacyjnego, zidentyfikowanego w ESPON dla aktywności patentowej w makroregionach europejskich.

W następnym modelu (5) opisującym czynniki aktywności patentowej w makroregionach wzięto pod uwagę cztery zmienne niezależne, w tym: 1) wielkość środków na badania i rozwój na jednego pracującego (*FTE*) w sektorze wykonawczym biznesu; 2) udział nakładów *GERD total* w regionalnym produkcie brutto; 3) udział pracujących w działach wysokich i średniowysokich technologii przetwórstwa przemysłowego i 4) udział wydatków na technologie informatyczne w PKB kraju.

$$(5) \quad Y_{i(t_1-t_6)} = b_0 \cdot x_{i1(t_1-t_6)}^{a_1} \cdot x_{i2(t_1-t_6)}^{a_2} \cdot z_{i(t_1-t_6)}^{a_3} \cdot k_{ic/PKB}^{a_4}$$

gdzie:

²⁹ Zmienną opisującą wydatki na technologie informacyjne określono na podstawie wartości krajowych według *European Innovation Scoreboard 2005*, *op. cit.*

- Y_i – aktywność patentowa, liczba patentów zgłaszanych do EPO na mln mieszkańców z makroregionu,
 x_{1i} – intensywność *GERD business* w *euro* na pracującego w sektorze wykonawczym biznesu makroregionu,
 x_{2i} – nakłady *GERD total* jako procent PKB makroregionu,
 z_i – udział zatrudnionych w przetwórstwie przemysłowym wysokiej i średniowysokiej techniki w ogólnej liczbie pracujących makroregionu,
 k_{ic} – wydatki na technologie informatyczne w procencie PKB kraju, do którego należy makroregion,
 $t_1 - 1999, \dots, t_6 - 2004; \quad i = 1, 2, 3, \dots, 82$

Stopień wyjaśnienia aktywności patentowej w makroregionach (model 5) przez cztery przyjęte zmienne niezależne okazał się relatywnie słaby. Względnie wysokie dopasowanie wystąpiło dla 2004 r., gdzie wskaźnik determinacji wyniósł 67,8% (tab. 5.4). Wpływ każdej ze zmiennych niezależnych we wspólnym oddziaływaniu na aktywność patentową w makroregionach był pozytywny. Wysoka aktywność patentowa współwystępowała w makroregionach najczęściej z wysokimi nakładami na badania i rozwój na pracującego w sektorze wykonawczym biznesu oraz dużym zaangażowaniem wydatków na technologie informatyczne kraju, do którego należał makroregion przy wysokim udziale nakładów *GERD total* w wytworzonym produkcie brutto makroregionu. Istotną rolę w wyjaśnieniu różnic aktywności patentowej w makroregionach odgrywał udział zatrudnionych w przemyśle wysokiej i średniowysokiej techniki.

Zmiany parametrów pokazują, że wpływ wielkości nakładów wewnętrznych na badania i rozwój, jakie były do dyspozycji jednego pracownika zatrudnionego w działalności badawczo-rozwojowej sektora biznesu w największym stopniu wpływał na aktywność patentową w 2002 i 2003 r. (tab. 5.4). Jednocześnie wydatki na technologie informatyczne w kraju, do którego należał makroregion wyraźniej oddziaływały na aktywność patentową do 2002 r., a słabiej w roku 2004. Może to oznaczać, że już w la-

Tabela 5.4

Oszacowane wartości współczynników modelu (5)

Współczynniki	1999	2000	2001	2002	2003	2004	$t_1 - t_6$
b_0	0,000456	0,001688	0,1055	0,1886	0,000618	2,1698	0,1413
a_1	0,4812	0,4184	0,5599	0,8453	0,7712	0,2467	0,5523
a_2	0,3917	0,3672	0,4657	0,4163	0,3357	0,1670	0,3018
a_3	0,3514	0,3461	0,4031	0,3741	0,3644	0,1487	0,2701
a_4	0,7471	0,7010	0,8976	0,7516	0,6109	0,4988	0,6868
Wskaźnik R^2	0,601	0,594	0,463	0,473	0,479	0,678	0,551

tach wcześniejszych, w regionach o ponad średniej aktywności patentowej, poniesiono wysokie środki na rozwój infrastruktury informatycznej i osiągnięto wysokie zaawansowanie indeksu społeczeństwa informacyjnego.

Oszacowane parametry modelu (5) dla wartości średniorocznych (1999-2004) pokazują, że w największym stopniu pozytywnie na aktywność patentową w makroregionach wpływał stopień zaangażowania nakładów na technologie informatyczne w kraju oraz wielkość środków, jakimi dysponował sektor wykonawczy biznesu działalności badawczo-rozwojowej. Uzupełniające, ale także istotne znaczenie miał udział nakładów *GERD total* w wytworzonym produkcie brutto makroregionu. Ilościowe opisanie czynników wpływających na aktywność patentową w makroregionach potwierdza, że jest ona istotnie powiązana z realizacją podstawowych celów Strategii Lizbońskiej.