

SŁAWOMIR DOROCCI

Uniwersytet Pedagogiczny, Kraków, Polska • Pedagogical University of Cracow, Poland

ALINA KULA

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, Polska • AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

Przestrzenne zróżnicowanie rozwoju nanotechnologii w Europie

Spatial diversity of nanotechnology development in Europe

Streszczenie: Celem artykułu jest przedstawienie przestrzennego zróżnicowania rozwoju nanotechnologii w Europie. Analizę rozwoju nanotechnologii przeprowadzono na poziomie krajowym, wykorzystując dane obrazujące liczbę patentów nanotechnologicznych, liczbę i strukturę firm nanotechnologicznych, liczbę konferencji o tematyce nanotechnologicznej oraz liczbę publikacji nanotechnologicznych. W artykule oparto się na analizie statystycznej danych liczbowych pozyskanych w wyniku kwerend przeprowadzonych na portalach internetowych: Cientifica Plc, Biotechgate, Nanoforum, Nanowerk, Nanotechnology Now, Web of Science i PubMed oraz danych publikowanych przez OECD i Eurostat. Nanotechnologia zaliczana jest do jednego z głównych działów aktywności sektora nauki, technologii i innowacji i jawi się współcześnie jako technologia przyszłości. Na całym świecie panuje przekonanie o rewolucyjnym potencjale nanotechnologii. W latach 2001–2014 ponad 60 krajów podjęło finansowanie inicjatyw z dziedziny nanotechnologii. Są to zarówno rozwinięte przemysłowo kraje Europy Zachodniej, Japonia, Kanada czy Australia, jak i wschodzące rynki Rosji, Chin, Brazylii i Indii, jak i kraje rozwijające się, np. Nepal i Pakistan. Według liczby zgłoszeń patentowych z nanotechnologii na świecie dominują kraje rozwinięte: USA, Japonia i Niemcy. W latach 90. XX wieku nastąpił wyraźny wzrost liczby patentów nanotechnologicznych. W przestrzeni europejskiej pod względem liczby patentów nanotechnologicznych dominują Niemcy oraz Francja i Wielka Brytania. Jeśli rozpatrujemy liczbę ogółu instytucji nanotechnologicznych, to wyróżniają się w Europie dwa kraje: Niemcy i Wielka Brytania. W Niemczech przeważają instytucje działające w relacji B2B, podczas gdy w Wielkiej Brytanii są to instytucje badawcze non profit.

Analizując liczbę patentów i firm nanotechnologicznych oraz liczbę publikacji i konferencji, należy stwierdzić, że rozwój nanotechnologii w Europie jest bardzo zróżnicowany. Sektor ten rozwija się głównie w krajach rozwiniętych gospodarczo. Europejskim liderem nanotechnologicznym są Niemcy. Innymi państwami z wysokim poziomem rozwoju nanotechnologii są: Wielka Brytania, Francja, Szwajcaria, Szwecja, Holandia i Hiszpania. Rozwój nanotechnologii stymulowany jest głównie przez publiczne instytucje badawcze, jednakże komercjalizacja badań następuje dzięki udziałowi firm prywatnych.

Abstract: The aim of this article is to present the spatial diversity of nanotechnology development in Europe. The analysis of the nanotechnology development was performed on the national level, using data which illustrated the figures about nanotechnology's patents, amount and structure of nanotechnology businesses and the number of publications about this topic. In this article the statistical analy-

sis was performed using the data from websites: Cientifica Plc, Biotechgate, Nanoforum, Nanowerk, Nanotechnology Now, Web of Science and PubMed, and the data published by OECD and Eurostat. Nanotechnology is included in one of the main areas of the Science, Technology and Innovation Sector's activity and is seen to be the technology of the future because of its potential. In 2001 – 2014 more than sixty countries started funding nanotechnology projects. These countries include industrially developed countries, like Western Europe countries, Japan, Canada, Australia, and developing countries, like Russia, China, Brasil, India, Nepal, Pakistan. According to the number of patents in this field, industrially developed countries, for example USA, Japan, Germany, are dominating in this area. In the 1990s there was a significant growth in the number of nanotechnology patents. In Europe this area is dominated by Germany, France and United Kingdom. Based on the number of nanotechnology faculties in the country, we must distinguish Germany and United Kingdom. In Germany there are more faculties operating in business to business relation while in United Kingdom there are more non-profit research centers.

Based on the number of patents, nanotechnology faculties, publications and conferences it should be noted that nanotechnology development in Europe is diversified. Nanotechnology is more developed in the industrially developed countries, the most prominent country in Europe is Germany, next ones are: United Kingdom, France, Switzerland, Sweden, Netherlands and Spain. Nanotechnology development is stimulated mostly by public research faculties, however the commercialization of this technology is possible because of the private businesses.

Słowa kluczowe: biomedyczne nauki; Europa; GOW; nanotechnologia; patenty, publikacje

Keywords: biomedical sciences; Europe; knowledge-based economy; nanotechnology; patents; publications

Otrzymano: 4 stycznia 2015

Received: 4 January 2015

Sugerowana cytacja / Suggested citation:

Dorocki, S., Kula A. (2015). Przestrzenne różnicowanie nanotechnologii w Europie. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 29(1), 27–41.

WSTĘP

Nanotechnologia (NT) zaliczana jest do jednego z głównych działów aktywności sektora nauki, technologii i innowacji (Science, Technology and Innovation, S&T&I) i jawi się jako technologia przyszłości. Współcześnie kreowane są wizje przyszłości, w których rozwiązania nanotechnologiczne zostaną zastosowane we wszystkich aspektach ludzkiego życia. Rozwiązania oferowane przez nanotechnologię wykorzystywane są obecnie w takich dziedzinach życia, jak: rolnictwo, komunikacja, energetyka, informatyka, przemysł spożywczy, ochrona zdrowia, higiena, astronautyka, robotyka, jednakże przewiduje się, że najsilniejszy wpływ nanotechnologii w ujęciu komercyjnym będzie miał miejsce w medycynie (Roszek i in., 2005), natomiast w ujęciu politycznym w przemyśle zbrojeniowym (Feder, 2003). Dlatego zauważa się, że jest to technologia tzw. podwójnego zastosowania, która niesie ze sobą zarówno szanse na postęp i rozwój ludzkości, jak i jednocześnie stanowi poważne zagrożenie w aspekcie zastosowania jej w celach wojskowych. Dodatkowo nanoproducty ze względu na swe rozmiary oraz swoją specyfikę, jako materiały nierozpuszczalne i biotrwale, stanowią zagrożenie dla środowiska i ludzi. Dlatego m.in. w Europie od 2011 roku powstają uregulowania prawne wpływające na rozwój nanotechnologii. Unia Europejska wydała w latach

2001–2012 ok. 19 mln euro na projekty związane z obsługą prawną rozwoju nanotechnologii. Wszystkie te wymienione cechy nanotechnologii wpływają na uznanie jej za technologię rewolucyjną, która w najbliższych latach doprowadzi do znaczących zmian w życiu ludzi i gospodarce światowej.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie zróżnicowania rozwoju nanotechnologii w wybranych krajach Europy. Analizę rozwoju przeprowadzono, wykorzystując dane obrazujące m.in. liczbę patentów nanotechnologicznych oraz ich dynamikę, liczbę i strukturę firm nanotechnologicznych, liczbę konferencji i spotkań o tematyce NT oraz liczbę publikacji nanotechnologicznych. W artykule oparto się na analizie statystycznej danych liczbowych pozyskanych w wyniku kwerend przeprowadzonych na portalach internetowych: Cientifica Plc, Biotechgate, Nanoforum, Nanowerk, Nanotechnology Now, Web of Science i PubMed oraz danych publikowanych przez OECD i Eurostat. Na podstawie przeprowadzonej analizy przedstawiona została hierarchia rozwoju nanotechnologii w Europie.

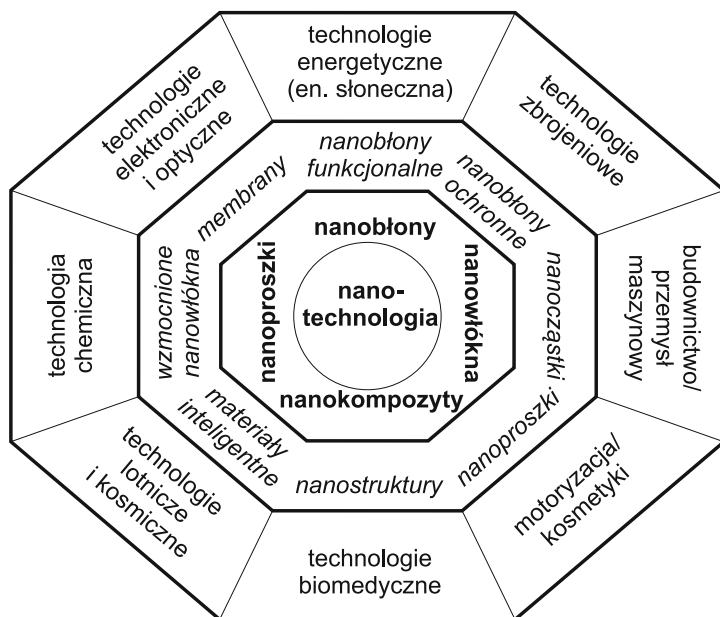
NANOTECHNOLOGIA NA ŚWIECIE

Nanotechnologia zajmuje się tworzeniem, projektowaniem oraz użytkowaniem materiałów mających przynajmniej jeden wymiar, którego jednostką jest nanometr. Jej rozwój datowany jest na lata 80. XX wieku i wynika z wynalezienia mikroskopów STM oraz AFM. Same początki rozwoju nanotechnologii nie były zbyt spektakularne, ale dały podstawy do rozwoju tej dziedziny nauki. Od 2000 roku produkowane są struktury nanotechnologiczne, takie jak koloidy czy nanocząsteczki, które spotkać możemy w środkach czystości i higieny (np. dezodoranty z cząsteczkami srebra). Również od tego roku produkowane są polimery wykorzystywane w nanotechnologii i ceramice. Od roku 2005 nanotechnologie zaczęto wdrażać na polu medycyny, m.in. nanocząsteczki złota stosowane zarówno w diagnostyce medycznej, jak i terapii, np. raka jajnika. W dziedzinie elektroniki także można było zauważyć znaczący udział nanotechnologii. Nanotechnologiczne materiały zaczęły służyć do produkcji wzmacniaczy i innych struktur elektronicznych. Celem nanotechnologii jest stworzenie nanosystemów, które tworzyłyby np. miniaturowe roboty, których zastosowanie w medycynie daje ogromne możliwości diagnostyczne i terapeutyczne. W dalszej przyszłości projektowanie nanotechnologicznych układów elektronicznych w tzw. elektronice spinowej może stanowić poważny krok do zmian w przemyśle komputerowym. Do najpopularniejszych materiałów nanotechnologicznych zaliczamy m.in.: nanorurki, grafen, nanocząstki i kropki kwantowe.

Nanorurki węglowe to alotropowe odmiany struktur węgla mające postać walców o średnicy rzędu nanometrów, powstałych ze zwiniętej jednoatomowej płaszczyzny grafitowej. Ich zastosowanie odnajdujemy w czujnikach biomedycznych i chemicznych, transporterach leków, nanosilnikach, nanołożyskach i jako warstwy adhezyjne. Grafen stanowiący pojedynczą warstwę atomów węgla wchodzących w skład grafitu znajduje zastosowanie w coraz większej liczbie obszarów naszego życia, m.in. w elektronice i medycynie. Nanocząstki to struktury zawierające atomy danego metalu, stosowane głównie w medycynie. Kropki kwantowe to półprzewodnikowe nanokryształy, które dzięki swym właściwościom

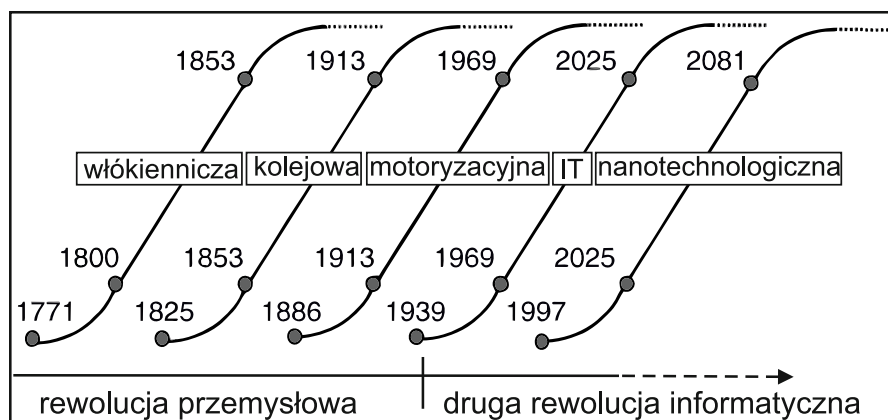
fizycznym wzmacniają sygnał pochodzący od komórek biologicznych. W ten sposób wspomagają proces obrazowania biologicznego, np. w obrazowaniu magnetyczno-rezonansowym. Wymienione materiały znajdują zastosowanie w wielu sektorach gospodarki, również w sektorach zaliczanych do najbardziej innowacyjnych, jak technologie kosmiczne czy medyczne (ryc. 1). Dlatego N.P. Poire (Poire, 2011) uznaje NT jako następną falę innowacji technologicznej rewolucji informatycznej po okresie rozwoju sektora IT (ryc. 2).

Ryc. 1. Schemat technologicznych zastosowań materiałów nanotechnologicznych



Źródło: opracowanie własne na podstawie www.gardencitycollege.edu

Ryc. 2. Cykle technologiczne według N.P. Poire'a

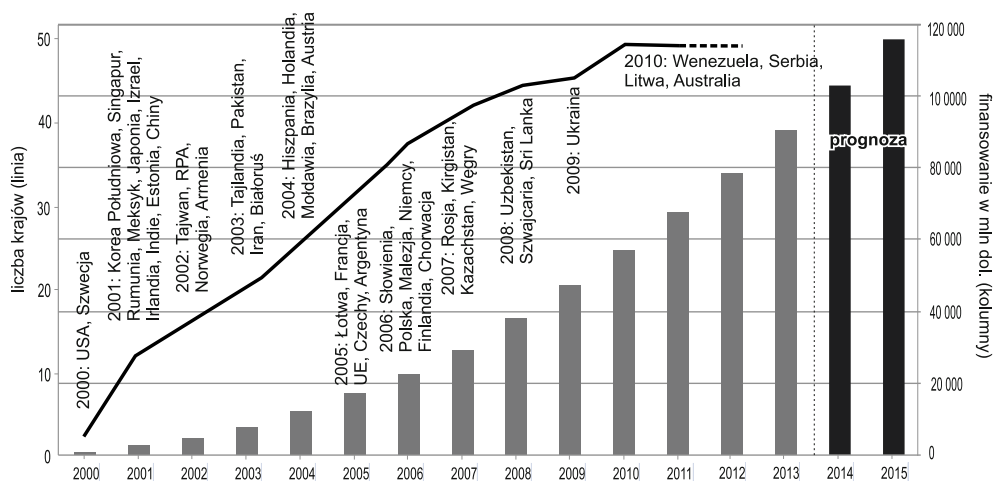


Źródło: opracowanie własne na podstawie Poire'a (2011)

Na całym świecie panuje przekonanie o rewolucyjnym potencjale nanotechnologii, zarówno w aspekcie rozwoju gospodarki i obronności, jak i w aspekcie wzrostu międzynarodowej hierarchii geopolitycznej. W latach 2001–2014 ponad 60 krajów po Stanach Zjednoczonych podjęło finansowanie inicjatyw z dziedziny nanotechnologii (ryc. 3). Są to zarówno rozwinięte przemysłowo kraje Europy Zachodniej, Japonia, Kanada czy Australia, jak i wschodzące rynki Rosji, Chin, Brazylii oraz Indie i kraje rozwijające się, np. Nepal i Pakistan (Clunan, Rodine-Hardy, 2014). O znaczeniu NT dla rozwoju gospodarczego może świadczyć wzrost wielkości inwestycji przeznaczanych na rozwój tego sektora technologii. Od 2000 do 2013 roku na całym świecie w sektor NT zainwestowano ok. 67 mld dol. (Berger, 2013). Według szacunków w samym 2011 roku na rozwój nanotechnologii wydano na świecie około 5 mld dol., jednakże przewiduje się, że rynek materiałów przemysłowych, produktów i procesów opartych na nanotechnologii będzie wart w 2015 roku 1 bln dol. (Rediguiერი, 2009) i znajdą one zastosowanie we wszystkich sektorach gospodarki jako technologia ogólnego przeznaczenia. Dodatkowo sektor ten będzie tworzyć nowe rodzaje działalności usługowych dla nanotechnologii oraz rozwijać inne przedsiębiorstwa związane z jej klastrowym charakterem (Menz, Ott, 2011).

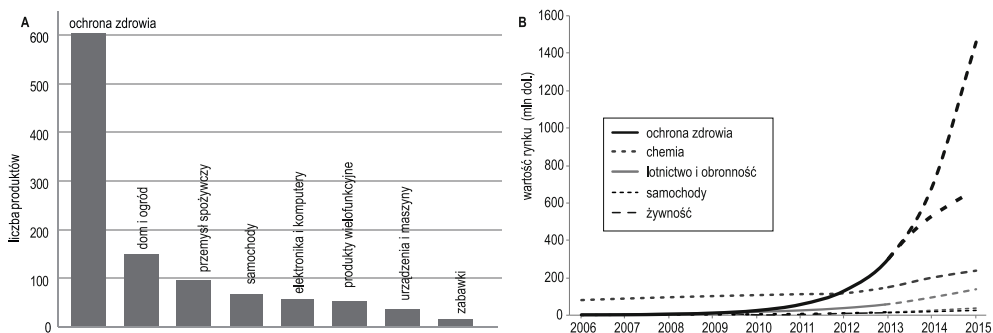
Nanotechnologia podobnie jak biotechnologia należy do nowoczesnych dyscyplin naukowych, które charakteryzuje interdyscyplinarność. Nanotechnologia jest ściśle związana m.in. z medycyną i elektroniką, ale czerpie z wielu innych dziedzin nauki i techniki (Porter, Youtie, 2009), funkcjonując w ramach klastrów (Menz, Ott, 2011). Dlatego rozwój tej dziedziny możliwy jest tylko w rozwiniętych ośrodkach naukowych z wyspecjalizowaną kadrą naukową. Analizując cytacje w czasopismach naukowych, można dostrzec, że dyscyplinami, które najsilniej korzystają z osiągnięć nanotechnologii, są: materiałoznawstwo, fizyka i chemia, w związku z czym naukę tę można zaliczyć do nauk podstawowych.

Ryc. 3. Liczba krajów wprowadzających politykę rozwoju nanotechnologii oraz wartość finansowania nanotechnologii na świecie w latach 2000–2015



Źródło: opracowanie własne na podstawie raportów Cientifica Plc

Ryc. 4. Struktura produktów nanotechnologicznych na świecie w 2009 roku (A) oraz wartość rynku nanotechnologii na świecie w latach 2006–2015 (B)



Źródło: opracowanie własne na podstawie Cientifica Plc, OECD

Przewiduje się, że rozwiązania nanotechnologiczne znajdą zastosowanie głównie w szeroko rozumianej ochronie zdrowia. Już dziś zarówno pod względem liczby produktów, jak i wartości rynku ochrona zdrowia dominuje nad innymi dziedzinami gospodarki wykorzystującymi technologie NT (ryc. 4).

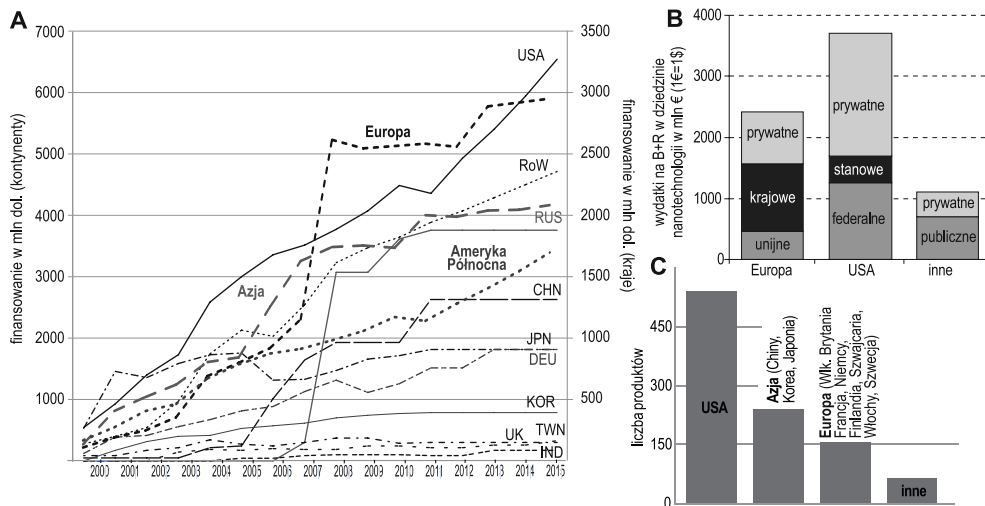
ROZWÓJ NANOTECHNOLOGII W EUROPIE

Europa po Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej jest współcześnie jednym z głównych potentatów branży NT. Pod względem wartości inwestycji w rozwój nanotechnologii od 2006 roku Europa wyprzedziła Azję i Amerykę Południową (ryc. 5A). Ten skok inwestycyjny stał się możliwy głównie dzięki inwestycjom dokonany przez Rosję, przy niewielkim wzroście inwestycji dotychczasowych europejskich liderów: Niemiec i Wielkiej Brytanii. Świadczy to o wzroście zainteresowania nanotechnologią krajów rozwijających się, zwłaszcza krajów Ameryki Południowej, gdzie bardzo prędko rozwija się sektor biomedyczny (Wójtowicz, Dorocki, 2014). Jednakże rozwój nanotechnologii, podobnie jak innych sektorów zaawansowanej technologii, generowany jest nie tylko przez wielkość inwestycji, lecz głównie przez zaplecze badawczo-naukowe i powiązania klastrowe (Johnson, 2008), charakterystyczne dla wysoko rozwiniętych krajów. Dlatego pomimo działań prowadzonych w Europie na rzecz rozwoju nanotechnologii, w skali globalnej wciąż w sektorze tym dominują Stany Zjednoczone Ameryki Północnej (ryc. 5C).

Institutionalny rozwój nanotechnologii w Europie miał miejsce w 1990 roku, kiedy to kilka krajów europejskich (w tym Niemcy, Francja, Holandia i Wielka Brytania) rozpoczęło krajowe działania w celu określenia priorytetów rozwoju dla polityki tej nowej technologii (Cuenat, Winkless, 2010). W Europie w dużej mierze rozwój nanotechnologii oparty jest na projektach rządowych i programach europejskich (ryc. 5B). W Europie inicjatywy publiczne w dziedzinie badań w tym sektorze stanowią około 70,1%, podczas gdy w USA 35,7% (Redigueri 2009). Według europejskich badań Lux Research and Spinverse (Crawley i in., 2012) rozwój NT w 50% finansowany jest z funduszy publicznych (udział ten wykazuje

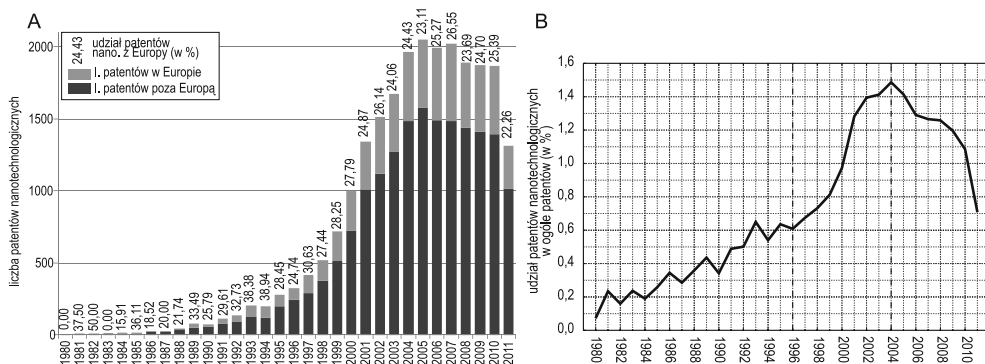
tendencję wzrostową), a w 46% przez firmy prywatne. Jedynie 4% inwestycji finansowane jest przez venture capital. Według European Nanotechnology Landscape Report udział środków publicznych stanowi ok. 77%, przy czym najwięcej środków, czyli 88%, jest kierowanych do sektorów: nanomedycyny, elektroniki i nanomateriałów, natomiast najmniej (50%) do sektora produkcji żywności. W ramach 7PR na lata 2007–2013 ok. 3475 mln euro zostało przeznaczonych na nanonauki.

Ryc. 5. Wartość finansowania nanotechnologii na świecie w latach 2000–2015 (A), struktura finansowania badań w 2006 roku (B) i liczba produktów nanotechnologicznych w 2010 roku (C)



Źródło: opracowanie własne na podstawie Cientifica Plc, OECD, nanotechproject.org

Ryc. 6. Liczba zgłoszeń patentowych WIPO z dziedziny NT wg miejsca zgłoszenia (A) oraz ich udział w ogóle patentów (B) w latach 1980–2011



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych OECD

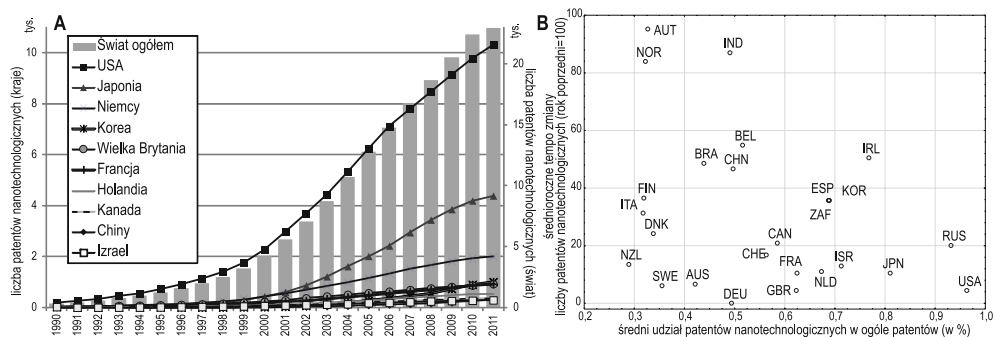
Uwzględniając fakt, że współcześnie rozwój gospodarki opartej na wiedzy w znaczącym stopniu oparty jest na ochronie patentowej, w pierwszej kolejności poddano analizie

nanotechnologiczne zgłoszenia patentowe na świecie. Trwający od lat 80. XX wieku stały wzrost liczby patentów nanotechnologicznych na świecie zahamował dopiero kryzys gospodarczy (wzrost poniżej 0%). Można spodziewać się, że nanotechnologia po okresie szybkiego rozwoju (faza wstępna – badawcza) przejdzie w fazę komercjalizacji badań, co może spowodować zahamowanie liczby zgłoszeń patentowych. Udział patentów europejskich w początkowej fazie był bardzo wysoki, w latach 90. XX wieku wynosił ok. 39%. Współcześnie utrzymuje się na poziomie ok. 25% ogółu zgłoszeń patentowych (ryc. 6A).

Według udziału patentów nanotechnologicznych w ogóle zgłoszonych patentów największy rozwój NT miał miejsce w latach 1996–2004. Późniejszy spadek udziału może być związany z kryzysem i dużym ryzykiem inwestycyjnym oraz opóźnieniami w procesie patentowym (Chen i in., 2008).

Według liczby zgłoszeń patentowych z nanotechnologii na świecie najczęściej patentów mają kraje najbardziej rozwinięte: USA, Japonia, Niemcy, które zwiększyły liczbę patentów na początku XXI wieku (ryc. 7A). Największy udział w ogóle patentów mają: USA, Rosja i Japonia. Najszybszy wzrost liczby patentów odnotowały Austria, Indie i Norwegia oraz w mniejszym stopniu Belgia, Brazylia, Chiny i Irlandia (ryc. 7B).

Ryc. 7. Liczba patentów NT (A) i średni udział patentów oraz średnioroczne tempo wzrostu liczby patentów nanotechnologicznych (B) w wybranych krajach w latach 1990–2011



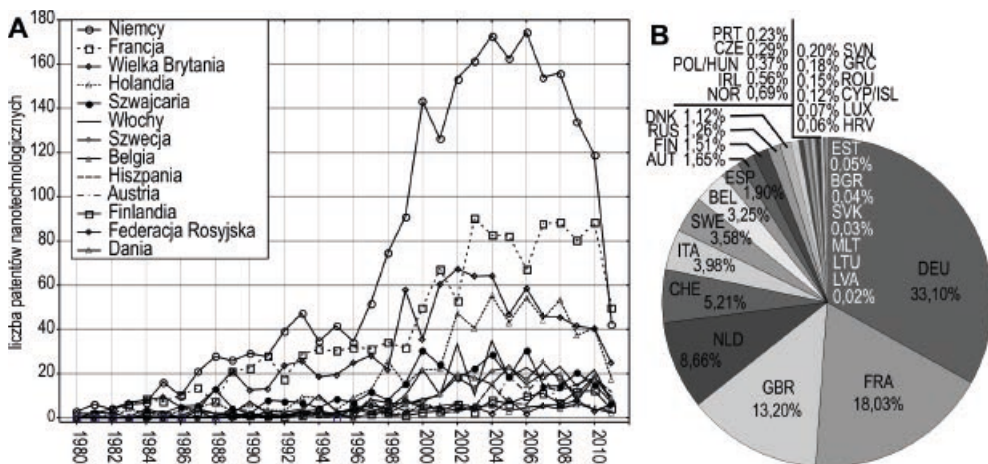
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych OECD

W przestrzeni europejskiej pod względem liczby patentów nanotechnologicznych wg European Patent Office (EPO) dominują Niemcy (33,1%), następnie Francja (18,0%) i Wielka Brytania (13,2%) (ryc. 8A). W czołówce państw znajdują się również: Holandia, Szwajcaria, Włochy oraz Szwecja i Belgia. Śledząc zmiany liczby patentów w wybranych krajach Europy, można zauważyć, że w latach 90. XX wieku nastąpił wyraźny wzrost liczby patentów w Niemczech, a na początku XXI wieku we Francji (ryc. 8B). Ponadto krajami, które odnotowały wyraźny wzrost liczby patentów nanotechnologicznych, są Wielka Brytania i Holandia.

Instytucje nanotechnologiczne skupione są głównie w rozwiniętych krajach. W 2008 roku na 3,6 tys. firm nanotechnologicznych 48,9% stanowiły firmy amerykańskie, a 30,6% firmy zlokalizowane na terenie Unii Europejskiej (Cuenat, Winkless, 2010) i w przeważającej większości są to MŚP (Schimke i in., 2012). W aspekcie analizy rozmieszczenia instytucji

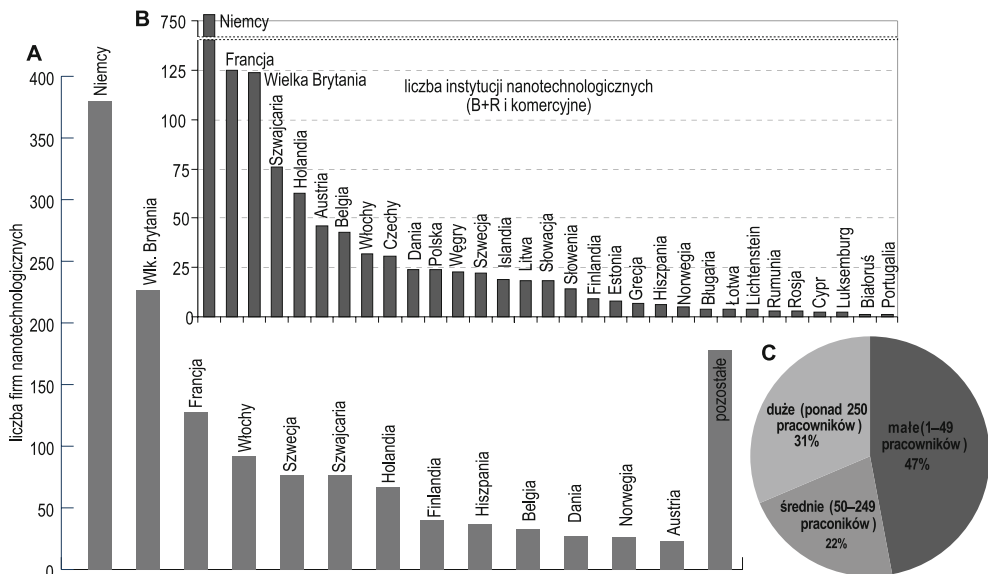
nanotechnologicznych trzeba zwrócić uwagę na brak porównywalnych danych. W wielu przypadkach publikowane dane odnoszące się do liczby podmiotów nanotechnologicznych w różnych źródłach mają różne wartości. Związane to może być z różnymi kryteriami zaliczającymi dane podmioty do firm nanotechnologicznych.

Ryc. 8. Liczba patentów NT EPO w wybranych krajach (A) oraz ich udział w ogóle patentów EPO w Europie (B) zgłoszonych w latach 1980–2011



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych OECD

Ryc. 9. Liczba firm NT w 2005 roku (A) i instytucji nanotechnologicznych w 2008 roku (B) oraz ich struktura wg wielkości w 2010 roku (C)

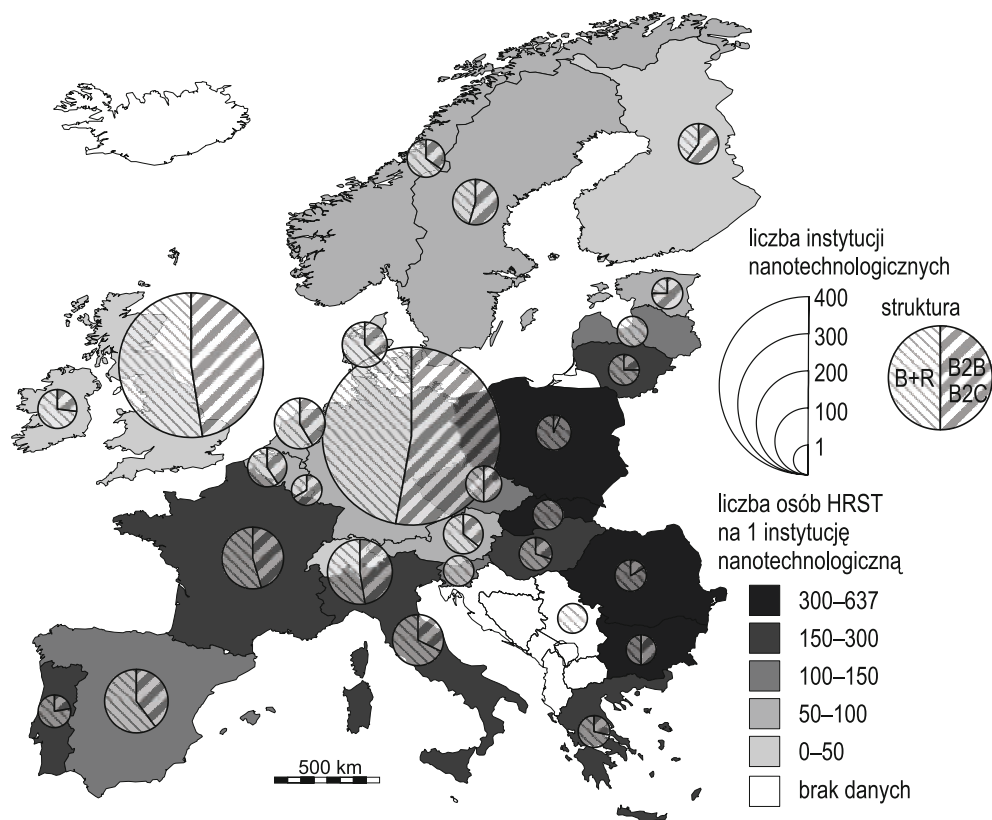


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych na www.nanoforum.org i raportów OECD

W odniesieniu do liczby firm nanotechnologicznych w Europie ich największą liczbę zarówno pod względem liczby instytucji komercyjnych, jak i badawczych odnotowały Niemcy, które są europejskim liderem w nanotechnologii. Następnymi krajami pod względem liczby instytucji nanotechnologicznych są Francja i Wielka Brytania (ryc. 9A i B). Podobnie jak w przypadku innych przedsiębiorstw sektora gospodarki opartej na wiedzy dominują małe i średnie przedsiębiorstwa (ryc. 9C), stanowiące zespoły badawcze (Dorocki, Jastrzębski, 2012).

Według przeprowadzonej kwerendy internetowej na portalu internetowym Nanowerk pod względem liczby instytucji nanotechnologicznych wyróżniają się w Europie dwa kraje: Niemcy i Wielka Brytania. W przypadku Niemiec można zauważyć niewielką przewagę instytucji działających w relacji Business to Business (B2B) lub rządziej Business to Customer (B2C) nad publicznymi instytucjami badawczo-rozwojowymi. Natomiast w Wielkiej Brytanii instytucje naukowe przeważają nad komercyjnymi.

Ryc. 10. Instytucje NT i ich struktura na tle kapitału ludzkiego w Europie



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Nanowerk i OECD

Biorąc pod uwagę liczbę instytucji nanotechnologicznych w przeliczeniu na liczbę osób zaliczonych do zasobów ludzkich dla nauki i techniki (HRST – human resources in science

and technology), można wyróżnić kraje, w których liczba instytucji nanotechnologicznych jest największa w stosunku do kadr naukowych. Najwięcej instytucji nanotechnologicznych w stosunku do zasobów ludzkich w 2014 roku było w najbardziej rozwiniętych krajach Europy: Wielkiej Brytanii, Szwajcarii, Danii, Finlandii i Irlandii. Wartości te świadczą z jednej strony o rozwoju tej branży nauki, ale z drugiej o aktywności gospodarczej na poziomie spin-off, której nadrzędnym celem jest komercjalizacja wiedzy naukowej i technologii (Dawidko, 2012). Przykładem może być uniwersytet Tartu w Estonii, gdzie powstały firmy typu spin-off: Maico Metrics, TorroSen.

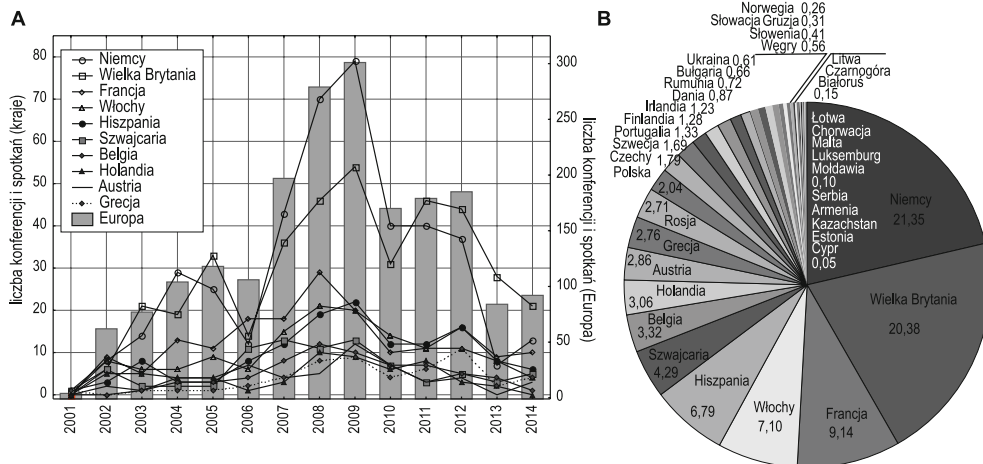
Większe wartości zasobów ludzkich dla nauki i techniki w przeliczeniu na liczbę instytucji nanotechnologicznych posiadają Niemcy, Austria, Estonia oraz kraje skandynawskie i Beneluksu. Jest to związane z faktem, że w tych krajach większy udział mają nanotechnologiczne firmy produkcyjne. Przykładem może być Hiszpania, gdzie rozwinięta została produkcja materiałów nanotechnologicznych, w tym grafenu (Bejerano, 2013). Najgorsza sytuacja w rozwoju nanotechnologii występuje w krajach Europy Wschodniej, takich jak: Polska, Słowacja, Bułgaria i Rumunia. Potwierdza to fakt, że poziom innowacyjności jest w Europie bardzo zróżnicowany, co wynika głównie z poziomu rozwoju gospodarczego oraz potencjału naukowego (Dominiak, Churski, 2012).

Jednym z podstawowych czynników rozwoju nowoczesnych gałęzi gospodarki jest przepływ informacji i wymiana wiedzy, zarówno pomiędzy instytucjami badawczymi, jak i podmiotami produkcyjnymi. Budowanie sieci wymiany wiedzy jest szczególnie ważne w przypadku dyscyplin interdyscyplinarnych, np. nanotechnologii. Dlatego w dalszych rozważaniach podjęto zagadnienie lokalizacji konferencji i kongresów nanotechnologicznych w Europie. W ujęciu dynamicznym w Europie najwięcej spotkań o tematyce nanotechnologicznej miało miejsce w latach 2007–2012. W latach tych wyraźna jest dominacja Niemiec oraz Wielkiej Brytanii, co potwierdza znaczenie tych krajów dla rozwoju nanotechnologii w Europie. Po 2012 roku następuje wyraźny spadek liczby konferencji w Europie, w tym głównie w Niemczech. Spadek ten może być związany ze wzrostem liczby konferencji w Azji, np. w Japonii i Chinach.

W analizowanym okresie ok. 42% konferencji o tematyce NT miało miejsce w Niemczech i Wielkiej Brytanii. Następnymi w kolejności były takie kraje, jak: Francja, Włochy, Hiszpania, Szwajcaria, Belgia i Holandia (ryc. 11B).

Jako ostatnie kryterium zróżnicowania rozwoju nanotechnologii w Europie przyjęto liczbę artykułów o tematyce NT. Kwerendę bibliograficzną przeprowadzono na podstawie dwóch baz danych: Web of Science i PubMed. W kwerendzie wykorzystano nazwy głównych materiałów i produktów NT. Najwięcej publikacji o tematyce nanotechnologicznej w latach 1980–2014 pojawiło się w Wielkiej Brytanii, Niemczech i Francji. Dużo publikacji ukazało się również w Hiszpanii i we Włoszech. O komercjalizacji badań może świadczyć liczba publikacji NT przypadających na jeden patent nanotechnologiczny. Najlepsze wykorzystanie badań NT ma miejsce w Europie Zachodniej, w takich krajach jak: Niemcy, Francja, Holandia oraz Norwegia i Islandia. Można przyjąć, że w krajach tych rozwój nanotechnologii jest w dużej mierze powiązany z rozwojem przemysłu NT. Najmniejszy udział patentów w przeliczeniu na liczbę publikacji odnotowano w Europie Wschodniej oraz Portugalii.

Ryc. 11. Liczba konferencji i spotkań branżowych z NT w wybranych krajach Europy w latach 2001–2014 (A) oraz ich udział w Europie w latach 2001–2014 (B)

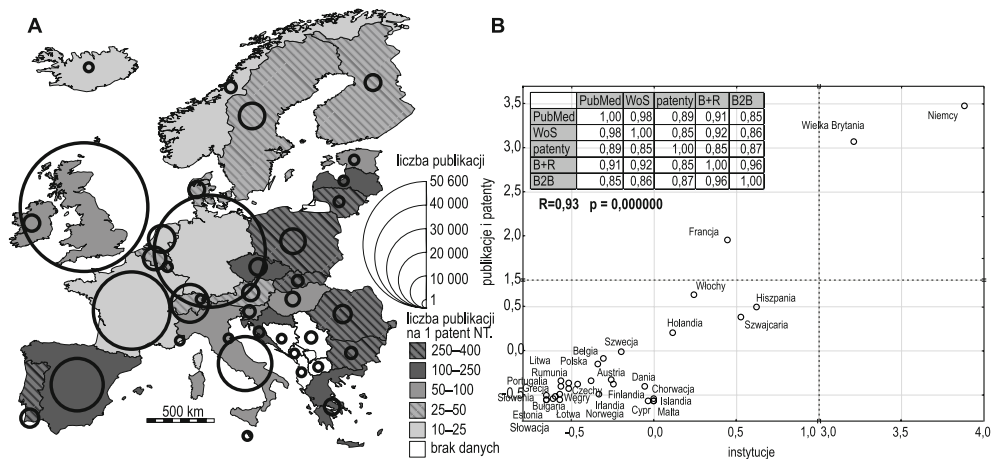


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Nanotechnology Now

Badając relacje pomiędzy sferą biznesu oraz nauki, dokonano zestawienia wartości standaryzowanych dla liczby instytucji NT oraz wartości dla liczby patentów i publikacji z zakresu NT w Europie. W zestawieniu tym zarówno pod względem rozwoju sektora B+R, jak i biznesu wyróżniają się Niemcy (ryc. 12B). Następna w kolejności Wielka Brytania wykazuje większe zaawansowanie rozwoju NT w sferze nauki niż biznesu. Pozostałe kraje wyraźnie odstają od wymienionych liderów. Następnie w kolejności pod względem rozwoju NT wyróżnione zostały Francja, Włochy, Hiszpania, Szwajcaria i Holandia. Są one również wiodącymi krajami pod względem lokalizacji największych firm na kontynencie (Raźniak, Winiarczyk-Raźniak, 2015). Pod względem liczby instytucji biznesu NT lepiej rozwinięte są Hiszpania i Szwajcaria, natomiast pod względem nauki i badań Francja, Włochy i Holandia. Następnymi w kolejności w rozwoju NT są Szwecja, Belgia oraz Dania i Austria. Jednakże w przypadku tych, jak i pozostałych krajów zróżnicowanie rozwoju jest niewielkie. Ogólnie można potwierdzić, że kraje Europy Wschodniej i Południowej (np. Polska, Litwa, Rumunia, Portugalia) mają względnie lepiej rozwinięty sektor B+R niż sektor biznesu NT. Jednocześnie największe korporacje tego regionu coraz bardziej liczą się na arenie międzynarodowej, o czym świadczy ich coraz większy potencjał finansowy potwierdzony pozycją na liście Forbes Global 2000 (Raźniak, Nowotnik, 2015; Raźniak, Winiarczyk-Raźniak, 2014).

Powiązanie sfery nauki i biznesu w przypadku nanotechnologii jest bardzo duże, wartość korelacji kanonicznej pomiędzy tymi dwiema sferami wynosi 0,93. Przy czym sfera biznesu najsilniej powiązana jest z liczbą patentów oraz instytucji badawczych. Można zatem uznać, że współcześnie to właśnie powiązania biznesu z nauką odpowiadają za rozwój nanotechnologii w Europie. Dlatego wydaje się zasadne wspieranie polityki mającej na celu rozwój klastrów (skupień) naukowo-przemysłowych.

Ryc. 12. Liczba publikacji nt. NT w Europie w latach 1980–2014 (A) oraz relacja pomiędzy liczbą publikacji NT a patentami i instytucjami NT w Europie (B)



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Nanowerk, OECD, Web of Science i PubMed

WNIOSKI

Podsumowując, należy stwierdzić, że rozwój nanotechnologii w Europie jest bardzo zróżnicowany przestrzennie. Sektor ten rozwija się głównie w krajach wysoko rozwiniętych gospodarczo. Światowym liderem nanotechnologicznym są Stany Zjednoczone Ameryki Północnej, a wśród państw europejskich – Niemcy. Innymi państwami z wysokim poziomem rozwoju nanotechnologii w Europie są: Wielka Brytania, Francja, Szwajcaria, Szwecja, Holandia, Hiszpania. Można przyjąć, że w krajach rozwiniętych rozwój NT jest bardziej związany ze sferą biznesu niż w przypadku pozostałych krajów Europy. W krajach rozwiniętych zauważalne jest również większe zróżnicowanie produkcji nanotechnologicznej oraz większa sieć powiązań pomiędzy sferą biznesu i nauki. W Europie rozwój nanotechnologii stymulowany jest głównie przez publiczne instytucje badawcze, jednakże komercjalizacja badań następuje przy udziale firm prywatnych. W ostatnich latach zauważalny jest wzrost zainteresowania nanotechnologią w krajach rozwijających się, np. w Rosji, oraz zahamowanie wzrostu badań nanotechnologicznych w Europie Zachodniej, co może być związane ze skutkami kryzysu finansowego oraz dużym ryzykiem i czasochłonnymi procesami wynikającymi z wdrażania nowych rozwiązań nanotechnologicznych, które znajdują swoje zastosowanie głównie w sferze ochrony zdrowia.

Literatura References

- Bejerano, P.G. (2013, 6 września). *Spain at the forefront of graphene production*. Pozyskano z <http://blogthinkbig.com/en/spain-forefront-graphene-production>.
- Berger, M. (2013, 1 lipca). *An overview of the European Union's nanotechnology projects*. Pozyskano z <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=31109.php>.

- Chen, H., Roco, M.C., Li, X., Lin, Y. (2008). Trends in nanotechnology patents. *Mature nanotechnology*, 3, 123–125.
- Clunan, A.L., Rodine-Hardy, K. (2014). Nanotechnology in a Globalized World: Strategic Assessments of an Emerging Technology. *CCC PASC Reports*, 6.
- Crawley, T., Koponen, P., Tolvas, L., Marttila, T. (2012). *Finance and investor models in nanotechnology*. Pozyskano z <http://www.oecd.org/sti/nano/49932116.pdf>.
- Cuenat, A., Winkless, L. (2010). *Nanotechnology Survey. Summary Report*. Teddington: Queens Printer and Controller of HMSO.
- Dawidko, P. (2012). Biotechnologiczne spółki spin-off Uniwersytetu Jagiellońskiego jako mechanizm transferu technologii. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 20, 95–107.
- Dominiak, J., Churski, P. (2012). Rola innowacji w kształtowaniu regionów wzrostu i stagnacji gospodarczej w Polsce. *Studia Regionalne i Lokalne*, 4(46), 54–77.
- Dorocki, S., Jastrzębski, J. (2012). Regionalne zróżnicowanie rozwoju biotechnologii w Europie. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 20, 67–94.
- Feder, B.J. (2003, 8 kwietnia). Frontier of military technology is the size of a molecule. *The New York Times*. Pozyskano z <http://www.nytimes.com/2003/04/08/business/technology-frontier-of-military-technology-is-the-size-of-a-molecule.html>.
- Johnson, D. (2008). Nanotechnology in Russia is Booming... or is it? *IEEE Spectrum Blog*. Pozyskano z http://spectrum.ieee.org/tech-talk/semiconductors/devices/nanotechnology_in_russia_is_bo.
- Menz, N., Ott, I. (2011). On the role of general purpose technologies within the Marshall-Jacobs controversy: The case of nanotechnologies. *ECONSTOR Working paper series in economics*, 18. Pozyskano z <http://hdl.handle.net/10419/44973>
- Poire, N.P. (2011). *The Great Transformation of 2021. How the Looming Sustainability Crisis will Revolutionize Capitalism, Fracture the Nation-State, and Topple American Supremacy*. Raleigh: Lulu-Norman P. Poire.
- Porter, A.L., Youtie, J. (2009). Where does nanotechnology belong in the map of science? *Nature Nanotechnology*, 4, 534–536. Doi:10.1038/nnano.2009.207.
- Raźniak, P., Nowotnik, D. (2015). Pozycja gospodarcza miast Europy Środkowo-Wschodniej na tle świata. *Ekonomia Międzynarodowa*, 4(23–39).
- Raźniak, P., Winiarczyk-Raźniak, A. (2014). Sytuacja finansowa korporacji europejskich w dobie kryzysu. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 27, 99–107.
- Raźniak, P., Winiarczyk-Raźniak, A. (2015). Did the 2008 global economic crisis affect large firms in Europe? *Acta Geographica Slovenica*, 55(1), 127–139.
- Redigueri, C.F. (2009). Study on the development of nanotechnology in advanced countries and in Brazil. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 45(2), 189–199.
- Roszek, B., De Jonga, W.H., Geertsma, R.E. (2005). *Nanotechnology in medical applications: state-of-the-art in materials and devices*. Pozyskano z http://www.rivm.nl/en/Documents_and_publications/Scientific/Reports/2005/oktober/Nanotechnology_in_medical_applications_state_of_the_art_in_materials_and_devices.
- Schimke, A., Teichert, N., Ott, I. (2012). Impact of local knowledge endowment on employment growth in nanotechnology. *Working Paper Series in Economics*, 38. Pozyskano z <http://hdl.handle.net/10419/55142>.
- Winans, B.C., Kauhanen, L. The European Nanotechnology Innovation Landscape. W: *European Nanotechnology Landscape Report*, 12–32.
- Wójtowicz, M., Dorocki, S. (2014). Regional differences in the development of the biotechnology industry in Latin America, with particular emphasis on Brazil and Mexico. W: M. Wójtowicz, A. Winiarczyk-Raźniak (red.). *Environmental and socio-economic transformations in developing areas as the effect of globalization*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego, 111–135.

Sławomir Dorocki, dr, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, Instytut Geografii, Zakład Przedsiębiorczości i Gospodarki Przestrzennej. Absolwent studiów z zakresu geografii społeczno-ekonomicznej Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie, doktor nauk humanistycznych w dyscyplinie historia (Instytut Europeistyki – Uniwersytet Jagielloński). Adiunkt w Instytucie Geografii Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. Zainteresowania badawcze autora skupiają się wokół problematyki regionów i procesów regionalizacji społeczno-gospodarczej, ze szczególnym uwzględnieniem zróżnicowania przestrzeni europejskiej oraz procesów integracji europejskiej i uwarunkowań historycznych.

Sławomir Dorocki, graduated from Pedagogical University of Cracow with the MS degree in geography, Ph.D. in history (Institute of European Studies of the Jagiellonian University). Adiunkt (assoc. professor) at the Pedagogical University of Cracow, Institute of Geography. His research interests are tied with regional problems and processes of socio-economic regionalization, with particular emphasis put on the diversity of Europe, processes of European integration and historical conditions.

Adres/address:

Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie
Instytut Geografii
Zakład Przedsiębiorczości i Gospodarki Przestrzennej
ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków, Polska
e-mail: sdorocki@up.krakow.pl

Alina Kula, inż., Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej. Absolwentka studiów pierwszego stopnia z zakresu fizyki medycznej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, studentka studiów magisterskich z zakresu fizyki medycznej ze specjalnością techniki obrazowania i biometria na Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie. Zainteresowania badawcze autorki są skupione wokół tematyki biologii radiacyjnej, analizy śladowej oraz nanotechnologii.

Alina Kula, graduated the AGH University of Science and Technology in Cracow with an engineer degree in medical physics, Master's degree student of medical physics specialized in biometrics and imaging techniques at the AGH University of Science and Technology in Cracow. Her research interests are focused on biological dosimetry, traces analysis and nanotechnology

Adres/address:

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
e-mail: alina3@interia.eu