

PODLASKA STRATEGIA ROZWOJU NANOTECHNOLOGII

DO 2020 ROKU
PRZEŁOMOWA WIZJA REGIONU



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WYDZIAŁ ZARZĄDZANIA
POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ



POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



PODLASKA STRATEGIA
ROZWOJU NANOTECHNOLOGII DO 2020 ROKU
Przełomowa wizja regionu

Redakcja naukowa

JOANICJUSZ NAZARKO

Białystok 2013

recenzenci

prof. dr hab. inż. Adam Mazurkiewicz
prof. dr hab. inż. Wiesław Kowalczewski

© copyright by

Politechnika Białostocka

Białystok 2013

ISSN 0867-096X

Rozprawy Naukowe Nr 246
Biblioteka Nauk o Zarządzaniu

redaktor wydawnictwa

Janina Demianowicz

projekt okładki

Krystyna Krakówka

projekt i skład komputerowy



Agencja Wydawnicza Ekopress
Andrzej Poskrobko
tel. 601 311 838

druk i oprawa

Ofcyna Wydawnicza
Politechniki Białostockiej

zespół autorów

Joanicjusz Nazarko
– koordynator merytoryczny projektu
Norbert Brzostowski
Joanna Ejdys
Ewa Glińska
Alicja Gudanowska
Katarzyna Halicka
Anna Kononiuk
Anna Kowalewska
Elżbieta Krawczyk-Dembicka
Witold Łojkowski
Łukasz Nazarko
Wiesław Urban
Jerzy Paszkowski
Andrzej Pawluczuk
Adam Skorek
Anna Wasiluk

współpraca

Tomasz Trochimczuk

*Projekt współfinansowany ze środków
Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
oraz środków budżetu państwa
w ramach Programu Operacyjnego
Innowacyjna Gospodarka*

KOMITET STERUJĄCY

prof. dr hab. inż. **Joanicjusz Nazarko**

*Koordynator Merytoryczny Projektu
Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
– Dziekan*

dr hab. **Robert W. Ciborowski**, prof. nzw.

*Uniwersytet w Białymstoku
– Prorektor do spraw ekonomicznych*

Jarosław Zygmunt Dworzański

Marszałek Województwa Podlaskiego

prof. dr hab. inż. **Lech Dzieńis**

Politechnika Białostocka – Rektor

dr hab. **Beata Godlewska-Żyłkiewicz**,
prof. nzw. UwB

*Uniwersytet w Białymstoku – Prorektor
do spraw Nauki i Współpracy z Zagranicą*

Halina Grzelakowska

*Rada Federacji Stowarzyszeń Naukowo-
-Technicznych NOT w Białymstoku –
Dyrektor Biura*

prof. dr hab. **Zofia Kędzior** (Ś.P. † 29.11.2011 r.)

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

dr **Jolanta Koszelew**

Politechnika Białostocka

prof. dr hab. inż. **Krzysztof Kurzydłowski**

Narodowe Centrum Bdań i Rozwoju – Dyrektor

Włodzimierz Leszek Kusak

Rada Miejska w Białymstoku – Przewodniczący

dr **Andrzej Magruk**

*Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
– Przewodniczący Grupy Wsparcia*

red. **Krzysztof Michalski**

Program I Polskiego Radia

prof. dr hab. inż. **Andrzej Napieralski**

*Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki,
Elektroniki, Informatyki i Automatyki*

prof. dr hab. n. med. **Jacek Nikliński**

Uniwersytet Medyczny w Białymstoku – Rektor

Andrzej Parafiniuk

Podlaska Fundacja Rozwoju Regionalnego – Prezes

prof. dr hab. **Bogdan Piasecki**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Zarządzania

Lech Jerzy Pilecki

Podlaski Klubu Biznesu – Prezes Zarządu

Władysław Prochowicz

*Polskie Radio Białystok S.A. – Prezes Zarządu,
Redaktor Naczelny*

prof. dr inż. **Adam Skorek**

*Université du Québec a Trois-Rivieres
Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania*

dr hab. **Tadeusz Truskolaski**, prof. nzw.

Prezydent Miasta Białystok

prof. dr hab. **Henryk Wnorowski**

*Uniwersytet w Białymstoku,
Wydział Ekonomii i Zarządzania – Dziekan*

ZESPÓŁ EKSPERTÓW Z ZAKRESU NANOTECHNOLOGII

prof. dr hab. inż. Jan R. Dąbrowski	Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny
prof. dr hab. inż. Jan Dorosz	Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny
dr hab. Jarosław Grobelny , prof. nzw.	Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii
prof. dr hab. inż. Krzysztof Kurzydłowski	Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
prof. dr hab. inż. Małgorzata Lewandowska	Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej
prof. dr hab. Witold Łojkowski	Instytut Wysokich Ciśnień Polskiej Akademii Nauk Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr inż. Jakub Michalski	Materials Engineers Group Sp. z o.o.
prof. dr hab. inż. Urszula Narkiewicz	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
dr hab. inż. Jerzy Smolik , prof. nzw.	Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu
prof. dr hab. Jacek Ulański	Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny
dr hab. inż. Mariusz Zubert , prof. nzw.	Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki

ZESPÓŁ EKSPERTÓW PANELU BUDOWY SCENARIUSZY I MARSZRUT TECHNOLOGICZNYCH (PBSiMT)

dr Anna Kononiuk	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania – <i>Kierownik naukowy panelu</i>
prof. dr hab. inż. Joaniciusz Nazarko	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr hab. inż. Joanna Ejdyś , prof. nzw.	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr inż. Katarzyna Halicka	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr inż. Wiesław Urban	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr inż. Anna Olszewska	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr Grzegorz Dobrzański	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr Ewa Glińska	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr Andrzej Magruk	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr Andrzej Pawluczuk	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
Norbert Brzostowski	Project Consulting
Urszula Glińska	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
Alicja Gudanowska	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
Łukasz Nazarko	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania

ZESPÓŁ EKSPERTÓW PANELU MAPOWANIA TECHNOLOGII I KLUCZOWYCH TECHNOLOGII (PMTiKT)

prof. dr hab. inż. Krzysztof Kurzydłowski	Narodowe Centrum Badań i Rozwoju – <i>Kierownik naukowy panelu</i>
prof. dr hab. inż. Jan Ryszard Dąbrowski	Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny
prof. dr hab. inż. Jan Dorosz	Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny
prof. dr hab. inż. Leon Gradoń	Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej
prof. dr hab. inż. Małgorzata Lewandowska	Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej
prof. dr hab. Witold Łojkowski	Instytut Wysokich Ciśnień Polskiej Akademii Nauk Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
prof. dr hab. Andrzej Maziewski	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Fizyki
prof. dr hab. inż. Adam Mazurkiewicz	Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu
prof. dr hab. inż. Urszula Narkiewicz	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
dr hab. Jarosław Grobelny , prof. nzw.	Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii
dr hab. inż. Jerzy Smolik , prof. nzw.	Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu
dr hab. Andrzej Wasiak , prof. nzw.	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr hab. inż. Anna Boczkowska , prof. nzw.	Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej
prof. dr hab. inż. Joanicjusz Nazarko	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr hab. inż. Joanna Ejdyś , prof. nzw.	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr Ewa Glińska	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
doc. dr Anatoliusz Kopczuk	Wyższa Szkoła Finansów i Zarządzania w Białymstoku
dr inż. Ludwika Lipińska	Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie
dr Andrzej Magruk	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr inż. Jakub Michalski	Materials Engineers Group Sp. z o.o.
dr Iwona Nowicka	Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
Alicja Gudanowska	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
Anna Kowalewska	Instytut Badawczy ProPublicum Sp. z o.o.
Katarzyna Rutkowska	AC Spółka Akcyjna
Mariusz Łosiewicz	AC Spółka Akcyjna

ZESPÓŁ EKSPERTÓW PANELU OBSZARU BADAWCZEGO NANOTECHNOLOGIE W GOSPODARCE PODLASIA (POB1)

prof. dr inż. Adam Skorek	Université du Québec a Trois-Rivieres, Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania – Kierownik naukowy panelu
prof. dr hab. inż. Jerzy Barglik	Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii
prof. dr hab. inż. Jan Ryszard Dąbrowski	Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny
prof. dr hab. inż. Jan Dorosz	Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny
prof. dr hab. inż. Mieczysław Hering	Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny
prof. dr hab. Witold Łojkowski	Instytut Wysokich Ciśnień Polskiej Akademii Nauk Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
prof. dr hab. n. med. Jacek Małyшко	Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Klinika Nefrologii i Transplantologii z Ośrodkiem Dializ
prof. dr hab. n. med. Jolanta Małyшко	Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Klinika Nefrologii i Transplantologii z Ośrodkiem Dializ
prof. dr hab. inż. Joanicjusz Nazarko	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
prof. dr hab. n. med. Zbigniew Puchalski	Wyższa Szkoła Medyczna w Białymstoku
dr hab. inż. Joanna Ejdyś , prof. nzw.	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr Krzysztof Dziekoński	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr Arkadiusz Jurczuk	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr Iwona Nowicka	Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
dr inż. Anna Olszewska	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr inż. Wiesław Urban	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr n. med. Michał Zabłocki	MEDILAB Sp. z o.o.
Andrzej Arefiew	TOP AUTO Andrzej Arefiew
Magdalena Bałakier	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
Józef Borowski	MEDGAL Sp. z o.o.
Zbigniew Gołąbiewski	PROMOTECH Sp. z o.o.
Anna Gryko-Nikitin	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
Jerzy Kaczan	KAN Sp. z o.o.
Roman Kaleta	MALOW Sp. z o.o.

Michał Korzeniecki	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
Wiesław Kamiński	Urząd Marszałkowski Województwa Podlaskiego
Małgorzata Sylwia Kotarska-Ołdakowska	Telewizja Polska S.A. Oddział w Białymstoku
Anna Kowalewska	Instytut Badawczy ProPublicum Sp. z o.o.
Mirosław Leśniewski	Izba Przemysłowo-Handlowa w Białymstoku
Mariusz Łosiewicz	AC Spółka Akcyjna
Wiktor Mincer	WINUEL S.A. Region Centralny Warszawa
Andrzej Parafiniuk	Podlaska Fundacja Rozwoju Regionalnego
Lech Pilecki	Podlaski Klub Biznesu
Elżbieta Puławska-Breś	<i>Stowarzyszenie Klaster Spożywczy</i> „Naturalnie z Podlasia!”
Wiktor Raczkowski	Park Naukowo-Technologiczny Polska-Wschód w Suwałkach Sp. z o.o.
Patryk Różański	Media Regionalne Sp. z o.o. Białystok
Katarzyna Rutkowska	AC Spółka Akcyjna
Marek Siergiej	PROMOTECH Sp. z o.o
Ewa Stolarewska	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
Antoni Stolarski	SAMASZ Antoni Stolarski
Wojciech Strzałkowski	Podlaski Klub Biznesu
Maciej Szumski	PLUM Sp. z o.o.
Piotr Szutkiewicz	Urząd Marszałkowski Województwa Podlaskiego
Joanna Wasilewicz	Zakłady Przemysłu Sklejek BIAFORM S.A.
Marek Wasiuk	Media Regionalne Sp. z o.o. Białystok
Jerzy Wołkowycki	Rada Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT w Białymstoku
Marta Zawistowska	Podlaski Klaster Bielizny

ZESPÓŁ EKSPERTÓW PANELU OBSZARU BADAWCZEGO BADANIA NAUKOWE W ZAKRESIE NANOTECHNOLOGII NA RZECZ ROZWOJU PODLASIA (POB2)

prof. dr hab. inż. Andrzej Napieralski	Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki – Kierownik naukowy panelu
dr Alfred Błaszczyk	Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Wydział Towaroznawstwa
prof. dr hab. inż. Zygmunt Ciota	Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki
prof. dr hab. inż. Jan Ryszard Dąbrowski	Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny
prof. dr hab. inż. Jan Dorosz	Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny
prof. dr hab. inż. Andrzej Dziedzic	Politechnika Wrocławska, Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki
prof. dr hab. inż. Jan Dziuban	Politechnika Wrocławska, Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki
dr hab. inż. Joanna Ejdyś , prof. nzw.	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
prof. dr hab. inż. Leszek Golonka	Politechnika Wrocławska, Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki
dr inż. Piotr Grabiec , prof. nzw.	Instytut Technologii Elektronowej w Warszawie
prof. dr hab. inż. Paweł Gryboś	Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej
dr Beata Kalska-Szostko	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Biologiczno-Chemiczny
prof. dr hab. Marek Kisielewski	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Fizyki
Anna Kowalewska	Instytut Badawczy ProPublicum Sp. z o.o.
dr hab. Danuta Kruszewska , prof. nzw.	Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, Instytut Biotechnologii
prof. dr hab. inż. Wiesław Kuźmicz	Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
prof. dr hab. inż. Małgorzata Lewandowska	Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej
prof. dr hab. Witold Łojkowski	Instytut Wysokich Ciśnień Polskiej Akademii Nauk Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
prof. dr hab. Andrzej Maziewski	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Fizyki

Łukasz Nazarko

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania

prof. dr hab. **Bogdan Piasecki**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Zarządzania

prof. dr hab. inż. **Ewa Piętka**

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Biomedycznej

dr hab. inż. **Waldemar Rakowski**, prof. nzw.

Politechnika Białostocka, Wydział Informatyki

Katarzyna Rutkowska

AC Spółka Akcyjna

dr hab. inż. **Andrzej Rybarczyk**, prof. nzw.

Politechnika Poznańska, Wydział Informatyki

prof. zw. dr hab. n. med. dr h. c.

Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
z siedzibą w Bytomiu

Aleksander Sieroń

prof. dr hab. **Jacek Ulański**

Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny

dr hab. **Andrzej Wasiak**, prof. nzw.

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania

dr inż. Michał **Jerzy Woźniak**

Politechnika Warszawska,
Wydział Inżynierii Materiałowej

Małgorzata Wyszynska

Zespół Szkół Katolickich im. Matki Bożej Miłosierdzia
w Białymstoku

dr hab. inż. **Mariusz Zubert**, prof. nzw.

Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki,
Elektroniki, Informatyki i Automatyki

ZESPÓŁ EKSPERTÓW PANELU OBSZARU BADAWCZEGO KLUCZOWE CZYNNIKI ROZWOJU NANOTECHNOLOGII PODLASKIEJ (POB3)

prof. dr hab. Henryk Wnorowski	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Ekonomii i Zarządzania – <i>Kierownik naukowy panelu</i>
Maciej Alksnin	MAGMA S.A.P. Grajewo
dr hab. Robert W. Ciborowski , prof. nzw.	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Ekonomii i Zarządzania
Stanisław Duch	SM „Mlekovita”
dr Ewa Glińska	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
Zbigniew Gołąbiewski	PROMOTECH Sp. z o.o.
Halina Grzelakowska	Rada Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT w Białymstoku
Krzysztof Marek Karpieszuk	Urząd Miejski w Białymstoku
prof. dr hab. Zofia Kędzior (Ś.P. † 29.11.2011 r.)	Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
dr Anna Kononiuk	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr Leszek Magrel	Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska w Białymstoku
dr hab. inż. Wiesław Matwiejczuk , prof. nzw.	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
Łukasz Nazarko	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr inż. Anna Olszewska	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
Andrzej Parafiniuk	Podlaska Fundacja Rozwoju Regionalnego
dr Dorota Perło	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Ekonomii i Zarządzania
Lech Pilarski	Polskie Radio Białystok S.A.
Lech Jerzy Pilecki	Podlaski Klub Biznesu
Jarosław Szabłowski	SM „Mlekovita”
Piotr Szutkiewicz	Urząd Marszałkowski Województwa Podlaskiego
dr inż. Wojciech Winogrodzki	T-MATIC Grupa Computer Plus Sp. z o.o.

ZESPÓŁ EKSPERTÓW PANELU ANALIZY STEEPVL I SWOT (PASiS)

prof. dr hab. Zofia Kędzior (Ś.P. † 29.11.2011 r.)	Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach – <i>Kierownik naukowy panelu</i>
dr Thomas Bach	Fabryka Przyrządów i Uchwyków BISON-BIAL S.A.
Norbert Brzostowski	Project Consulting
dr hab. Robert W. Ciborowski , prof. nzw.	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Ekonomii i Zarządzania
dr hab. Ewa Katarzyna Czech , prof. nzw.	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Prawa
prof. dr hab. inż. Jan Ryszard Dąbrowski	Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny
dr Ewa Glińska	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
dr hab. Jarosław Grobelny , prof. nzw.	Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii
Halina Grzelakowska	Rada Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT w Białymstoku
Jarosław Jakubowski	MARPOL S.A.
prof. dr hab. Andrzej Henryk Jasiński	Uniwersytet Warszawski, Wydział Zarządzania
dr Beata Kalska-Szostko	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Biologiczno-Chemiczny
Wiesław Kamiński	Urząd Marszałkowski Województwa Podlaskiego
Krzysztof Marek Karpieszuk	Urząd Miejski w Białymstoku
prof. dr hab. Marek Kisielewski	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Fizyki
dr Anna Kononiuk	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
doc. dr Anatoliusz Kopczuk	Wyższa Szkoła Finansów i Zarządzania w Białymstoku
Anna Kowalewska	Instytut Badawczy ProPublicum Sp. z o.o.
Mirosław Leśniewski	Izba Przemysłowo-Handlowa w Białymstoku
dr Leszek Magrel	Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska w Białymstoku
prof. dr hab. Andrzej Maziewski	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Fizyki
Marzena Mojsa	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
prof. dr hab. inż. Urszula Narkiewicz	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
dr Iwona Nowicka	Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

ZESPÓŁ EKSPERTÓW PANELU ANALIZY STEEPVL I SWOT (PASiS) - C.D.

Agnieszka Palusewicz-Sarosiek

Podlaska Fundacja Rozwoju Regionalnego

Andrzej Parafiniuk

Podlaska Fundacja Rozwoju Regionalnego

dr **Andrzej Pawluczuk**

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania

Lech Pilarski

Polskie Radio Białystok S.A.

Krzysztof Połubiński

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania

dr hab. **Tadeusz Popławski**, prof. nzw.

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania

Elżbieta Puławska-Breś

Stowarzyszenie Klaster Spożywczy
„Naturalnie z Podlasia!”

dr **Cecylia Sadowska-Snarska**

Wyższa Szkoła Ekonomiczna w Białymstoku

Andrzej Skarzyński

MEDGAL Sp. z o.o.

Ewelina Smolińska

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania

dr inż. **Wiesław Urban**

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania

Adam Walicki

Instytut Badań i Analiz VIVADE Sp. z o.o.

Jerzy Wołkowycki

Rada Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych
NOT w Białymstoku

prof. dr hab. n. med. **Krzysztof Stanisław Zwierz**

Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

Małgorzata Żynel

Urząd Marszałkowski Województwa Podlaskiego

CZŁONKOWIE GRUPY WSPARCIA

prof. dr hab. **Tadeusz Klementewicz**

Uniwersytet Warszawski,
Wydział Dziennikarstwa i Nauk Politycznych
– *wsparcie metodyczne*

dr **Andrzej Magruk**

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
– *Przewodniczący Grupy Wsparcia*

mgr **Dorota Leończuk**

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
– *Sekretarz Grupy Wsparcia*

mgr **Mariusz Bobrowski**

mgr **Andrzej Gryko**

mgr **Andrzej Klimczuk**

mgr inż. **Łukasz Prusiel**

mgr **Marek Szkiel**

inż. **Leszek Charkiewicz**

inż. **Justyna Godlewska**

inż. **Cezary Winkowski**

Tomasz Dzienis

Jan Maksymilian Janiszewski

Martyna Kiszycka

Marzena Mojsa

Kamila Monika Pietrewicz

Anna Popławska

Ewelina Rynkowska

Elżbieta Sienkiewicz

Ewelina Smolińska

Grzegorz Sołowiński

Katarzyna Tymińska

Arkadiusz Bogdan Szczepański

Marta Szulc

Marta Zadrożna

Joanna Żałobińska

WPROWADZENIE	19
1. NANOTECHNOLOGIA JAKO PRIORYTETOWY KIERUNEK ROZWOJU NAUKI	24
1.1. Nanonauka w dokumentach strategicznych Unii Europejskiej	24
1.2. Rola nanonauki w kształtowaniu polityki naukowo-badawczej Polski	28
1.3. Działalność badawczo-rozwojowa w obszarze nanotechnologii w Polsce	30
2. DIAGNOZA WARUNKÓW STRATEGICZNYCH ROZWOJU NANOTECHNOLOGII W WOJEWÓDZTWIE PODLASKIM	40
2.1. Założenia metodologiczne	40
2.2. Wyniki analizy SWOT	42
2.2.1. Istniejące czynniki rozwoju nanotechnologii	42
2.2.2. Potencjalne czynniki rozwoju nanotechnologii	46
2.3. Kluczowe czynniki sukcesu rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim	55
2.3.1. Definicje kluczowych czynników sukcesu	55
2.3.2. Znaczenie rezultatów analizy STEEPVL w określaniu kluczowych czynników sukcesu	56
2.3.3. Znaczenie rezultatów analizy strukturalnej w określaniu kluczowych czynników sukcesu	59
2.3.4. Kluczowe czynniki sukcesu rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim	64
3. PRIORYTETOWE NANOTECHNOLOGIE DLA WOJEWÓDZTWA PODLASKIEGO W KONTEKŚCIE TRAJEKTORII NAUKOWO-BADAWCZYCH	67
3.1. Kluczowe trajektorie naukowo-badawcze w zakresie nanotechnologii	67
3.2. Metodyka wyznaczania technologii priorytetowych	72
3.3. Charakterystyka technologii priorytetowych	78
3.4. Trajektorie naukowo-badawcze związane z priorytetowymi nanotechnologiami	82
4. OKREŚLENIE SCENARIUSZY ROZWOJU NANOTECHNOLOGII	85
4.1. Megatrendy tworzące tło dla scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim	85
4.2. Metodyka konstrukcji scenariuszy w projekcie	90
4.3. Opis scenariuszy i wizji rozwojowych	96

5.	MAPA ROZWOJU NANOTECHNOLOGII W WOJEWÓDZTWIE PODLASKIM	102
6.	CELE STRATEGICZNE ORAZ KIERUNKI ROZWOJU NANOTECHNOLOGII W WOJEWÓDZTWIE PODLASKIM	104
7.	PROGRAM I HARMONOGRAM WDRAŻANIA STRATEGII	107
8.	SYSTEM KOMUNIKOWANIA STRATEGII	113
	8.1. Określenie głównych grup beneficjentów strategii	113
	8.2. Zasady komunikacji strategii	118
	8.3. Plan i narzędzia komunikacji	119
9.	MONITORING STRATEGII	122
	PODSUMOWANIE	124
	Bibliografia	125
	Wykaz tabel	132
	Wykaz rysunków	133

W *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku* podjęto próbę zaprezentowania alternatywnej propozycji do dotychczasowej i obecnej ścieżki rozwojowej województwa podlaskiego. Ścieżki, która nie tylko nie wprowadziła województwa podlaskiego z obszaru określanego stygmatyzująco jako „Polska B”, ale doprowadziła do dalszego pogłębienia luki rozwojowej pomiędzy innymi regionami Polski i Europy. Przedstawiona w *Strategii* koncepcja odwołuje się do paradygmatu zarządzania antycypacyjnego, wytyczającego trajektorię rozwoju, która nie naśladuje innych, ale kieruje się tam, gdzie znajdują się w przyszłości liderzy.

W przyjętej w 2010 roku przez Unię Europejską *Strategii na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu* [74] realizacja priorytetu związanego z rozwojem gospodarki opartej na wiedzy i innowacji oparta została na koncepcji inteligentnej specjalizacji (ang. *smart specialisation*). W propozycji Komisji Europejskiej dotyczącej polityki spójności na lata 2014–2020 inteligentna specjalizacja jest warunkiem wstępnym (*ex ante*) korzystania z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR) w latach 2014–2020. Jednym z podstawowych celów polityki w tym zakresie jest wzmocnienie badań, rozwoju technologicznego i innowacji. Poszukiwanie obszarów inteligentnych specjalizacji jest więc niezbędnym działaniem o charakterze strategicznym dla przyszłego rozwoju społeczno-gospodarczego regionu, nie tylko w kontekście pozyskiwania środków unijnych na finansowanie tej działalności. Zgodnie z rekomendacjami europejskimi, inteligentna specjalizacja w ujęciu regionalnym oznacza identyfikowanie wyjątkowych cech i aktywów regionu, podkreślanie przewagi konkurencyjnej regionu oraz skupianie regionalnych partnerów i zasobów wokół wizji ich przyszłości [114]. W przekonaniu autorów *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku*, takie rozumienie inteligentnej specjalizacji w wypadku

regionów zapóźnionych w rozwoju ekonomiczno-społecznym niesie wiele zagrożeń. Tak ujęta inteligentna specjalizacja w istocie dodatkowo promuje regiony wiodące, a degraduje regiony słabe i peryferyjne [120]. W wypadku takich regionów jak województwo podlaskie, ich strategie przyspieszonego wzrostu powinny poszukiwać szans w odczytywaniu wczesnych zwiastunów zmian, tak zwanych słabych sygnałów: informacji śladowych, pochodzących z nieoczywistych źródeł i trudnych do natychmiastowej interpretacji. Ich inteligentne specjalizacje powinny antycypować konsekwencje zdarzeń i procesów dziś zaledwie sygnalizowanych, ale mogących przekształcić się w przyszłości w dominujące trendy technologiczne, społeczne i ekonomiczne [84, 9].

Powstanie *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do roku 2020* było wywołane społeczną potrzebą wykreowania nowej trajektorii rozwojowej województwa podlaskiego w kontekście pogłębiających się różnic w jego rozwoju społeczno-gospodarczym w stosunku do innych województw. Zdaniem autorów, szans przyspieszonego wzrostu należy poszukiwać w dwóch obszarach: (i) stosowania w polityce innowacyjnej nowoczesnych metod określania przyszłych stanów rzeczywistości; (ii) intensywnego wdrażania przełomowych technologii w gospodarce regionu.

Pozycjonowanie technologii XXI wieku wskazuje na nanotechnologię jako technologię przełomową, rozwijającą się w sposób gwałtowny i aktywizującą inne technologie [11, 95]. Autorzy odczytują nanoinnowację jako klucz do konkurencyjności podlaskich firm oraz potencjalną główną siłę napędową wzrostu produktywności regionu, chroniącą jednocześnie jego niepowtarzalne walory środowiskowe.

Podlaska strategia rozwoju nanotechnologii do 2020 roku została opracowana w ramach projektu badawczego „*Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>*”. *Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*”, który był finansowany ze środków Programu Operacyjnego

Innowacyjna Gospodarka, Priorytet I. Badania i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie 1.1. Wsparcie badań naukowych dla budowy gospodarki opartej na wiedzy, Poddziałanie 1.1.1. Projekty badawcze z wykorzystaniem metody foresight. Beneficjentem projektu była Politechnika Białostocka, a Instytucją Wdrażającą – Ośrodek Przetwarzania Informacji (OPI).

Intencją prowadzonych w projekcie badań było wyznaczenie strategicznych kierunków rozwoju województwa podlaskiego opartych na postulatcie skokowego wzrostu produktywności, wynikającego z opanowania i wdrożenia innowacyjnych procesów produkcyjnych i przetwórczych wykorzystujących osiągnięcia nanotechnologii. W projekcie podjęto próbę promowania przełomowych technologii, w sytuacji, gdy tradycyjne branże nie potrafią zapewnić przyspieszenia rozwoju regionu.

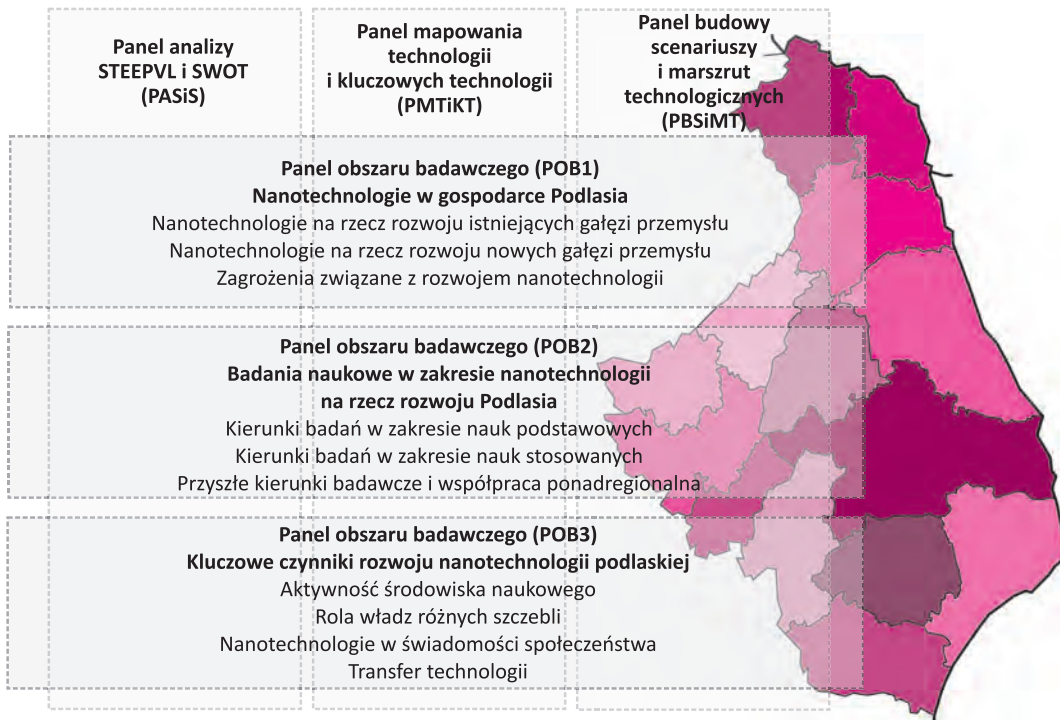
Zgodnie z przyjętymi założeniami projektu <<NT FOR Podlaskie 2020>> jego podstawowe cele obejmowały:

1. Opracowanie scenariuszy pożądanego rozwoju społeczno-gospodarczego województwa podlaskiego ukierunkowanego na wykorzystanie nanotechnologii.
2. Opracowanie marszrut technologicznych rozwoju nanotechnologii w regionie.
3. Projekcję podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku.

Cele częściowe projektu zostały sformułowane następująco:

1. Wyznaczenie priorytetowych kierunków rozwoju województwa podlaskiego, zorientowanych na wykorzystanie nanotechnologii.
2. Identyfikacja kluczowych dla rozwoju Podlasia trajektorii naukowo-badawczych w zakresie nanotechnologii.

Rys. 1. Schemat współdziałania paneli eksperckich w projekcie „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”



Źródło: [109].

Metodyka badawcza projektu „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii” była oparta na pracy paneli eksperckich, których zadaniem była generacja, analiza i synteza wiedzy istotnej dla danego zagadnienia. Ogółem, w realizację projektu zaangażowanych zostało przeszło stu sześćdziesięciu ekspertów reprezentujących środowisko naukowe, władze regionu, przedsiębiorców, media, organizacje pozarządowe oraz mieszkańców województwa.

Utworzone w projekcie panele eksperckie podzielono na panele metodyczne oraz panele obszarów badawczych. W przyjętym modelu ich współpracy założono, że poprzez panele metodyczne następuje integracja wyników prac paneli obszarów badawczych (rys. 1). Panele metodyczne odpowiadające głównym metodom badawczym stanowiły:

- **Panel analizy STEEPVL oraz SWOT (PASIS).**
- **Panel mapowania technologii i kluczowych technologii (PMTiKT).**
- **Panel budowy scenariuszy i marszrut technologicznych (PBSiMT).**

Podstawowym celem prac panelu analizy STEEPVL oraz SWOT była identyfikacja uwarunkowań rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim.

Prace badawcze prowadzone w ramach panelu mapowania technologii i kluczowych technologii pozwoliły na wyodrębnienie katalogu nanotechnologii, które w najwyższym stopniu mogą przyczynić się do zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego województwa podlaskiego.

Zasadniczym celem prac badawczych panelu budowy scenariuszy i marszrut technologicznych było opracowanie alternatywnych scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim oraz określenie marszrut rozwoju kluczowych dla regionu nanotechnologii. Panel ten integrował i syntetyzował wiedzę uzyskaną w wyniku prac wszystkich pozostałych eksperckich paneli metodycznych i obszarów badawczych.

W projekcie wyróżniono panele trzech głównych obszarów badawczych:

- **Nanotechnologie w gospodarce Podlasia (POB1).**
- **Badania naukowe w zakresie nanotechnologii na rzecz rozwoju Podlasia (POB2).**

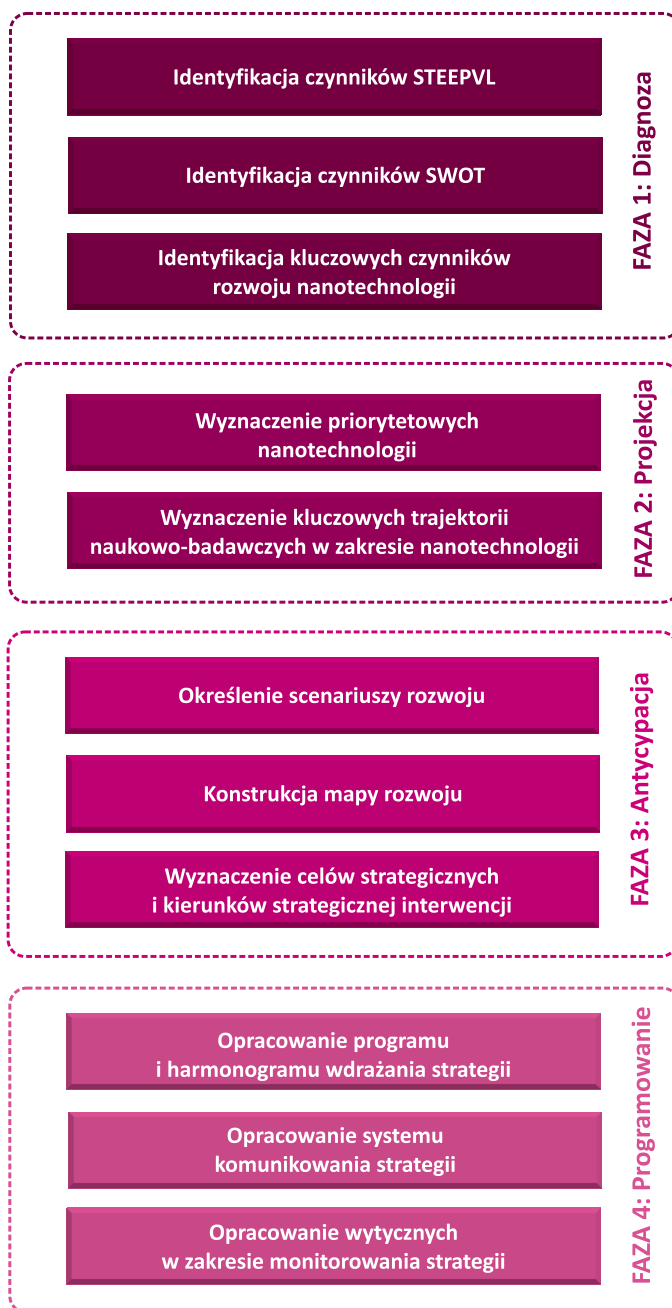
- **Kluczowe czynniki rozwoju nanotechnologii podlaskiej (POB3).**

W ramach prac panelu badawczego POB1 szczegółowej analizie poddano potencjalne możliwości wykorzystania nanotechnologii na rzecz istniejących i nowych branż przemysłu w województwie podlaskim. Przedmiotem dociekań panelu POB2 była analiza i wskazanie przyszłych kierunków badawczych, które powinny podjąć podlaskie ośrodki naukowe w celu wspierania rozwoju nanotechnologii. W panelu badawczym POB3 uwagę skupiono na identyfikacji kluczowych czynników rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim w takich sferach, jak edukacja, transfer technologii, rola władz różnych szczebli, czy też świadomość społeczeństwa w zakresie nanotechnologii.

Przebieg i rezultaty prac badawczych nad opracowaniem strategii można ująć w cztery charakterystyczne fazy: (i) diagnostyczną; (ii) projekcyjną; (iii) antycypacyjną; (iv) programowania (rys. 2).

Punktem wyjścia (faza 1 – diagnostyczna) do formułowania celów rozwojowych była dogłębna diagnoza sytuacji obecnej, przeprowadzona z wykorzystaniem metody STEEPVL oraz analizy SWOT. Działania podjęte w tej fazie umożliwiły identyfikację uwarunkowań rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim z uwzględnieniem czynników społecznych, technologicznych, ekonomicznych, ekologicznych, politycznych, prawnych oraz dotyczących wartości. Zidentyfikowanym czynnikiem nadano znaczenie zgodnie z metodyką SWOT: mocne strony, słabe strony, stymulanty, destymulanty, szanse wewnętrzne, zagrożenia wewnętrzne, szanse zewnętrzne oraz zagrożenia zewnętrzne. Dokonując oceny ważność-niepewność czynników oraz posiłkując się analizą strukturalną wyłoniono dwa kluczowe czynniki dla rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Należą do nich: regionalne sieci współpracy podmiotów: biznes, nauka, administracja oraz potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii. W fazie 2, projekcyjnej, wyznaczono priorytetowe nanotechnologie oraz priorytetowe trajektorie naukowo-badawcze w obszarze nanotechnologii. W fazie 3, antycypacyjnej, opracowano scenariusze rozwoju nanotechnologii, opracowano mapę rozwoju nanotechnologii oraz określono cele strategiczne wraz z kierunkami strategicznej interwencji. W fazie 4, programowania, opraco-

Rys. 2. Fazy przebiegu i rezultatów prac badawczych nad opracowaniem strategii



Źródło: opracowanie własne.

wano system harmonogramowania, komunikacji oraz monitorowania rezultatów strategii.

W treści *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku* zawarto elementy charakterystyczne dla dokumentów strategicznych na poziomie regionalnym. W celu ograniczenia objętości dokumentu oraz uniknięcia powtórzeń informacji starano się do minimum ograniczyć powielanie materiału zawartego we wcześniejszych opracowaniach prezentujących szczegółowe wyniki prac paneli ekspertów. Należą do nich następujące monografie:

- *Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT*, red. nauk. J. Nazarko i Z. Kędzior, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2010.
- *Metodologia i procedury badawcze w projekcie „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>”. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*, red. nauk. J. Nazarko i J. Ejdys, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011.
- *Analiza strukturalna czynników rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim*, red. nauk. J. Nazarko, H. Wnorowski i A. Kononiuk, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011.
- *Kluczowe nanotechnologie w gospodarce województwa podlaskiego*, red. nauk. J. Nazarko i A. Magruk, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013.
- *Nanonauka na rzecz rozwoju województwa podlaskiego*, red. nauk. J. Ejdys i K. Halicka, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013.

- *Kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Mapy. Marszruty. Trendy*, red. nauk. A. Kononiuk i A. Gudanowska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013.

Publikacja kierowana jest przede wszystkim do władz regionalnych oraz osób biorących udział w kształtowaniu polityki gospodarczej, przedsiębiorców oraz menedżerów różnego szczebla. Ze względu na unikalny charakter oraz nowatorstwo wielu prezentowanych treści może – zdaniem autorów – być również interesującą literaturą dla pracowników naukowych i studentów wielu kierunków.

Autorzy *Strategii* kierują słowa wdzięczności do wszystkich ekspertów biorących udział w projekcie za twórcze i aktywne zaangażowanie się w prace badawcze. Dzięki nim powstało dzieło bezprecedensowe. Nigdy do tej pory żaden dokument wytworzony na potrzeby wspierania rozwoju województwa podlaskiego nie zawierał efektów pracy tak wielu najwyższej klasy specjalistów z całego kraju. Warto podkreślić, że w dotychczasowych opracowaniach dotyczących rozwoju województwa podlaskiego aspekt przełomowych technologii i ich potencjalnego wpływu na rozwój regionu był w zasadzie nieobecny. Byłoby niepowetowaną stratą, gdyby ten wielki zbiorowy wkład intelektualny w wytyczenie nowatorskich perspektyw rozwoju województwa pozostał tylko erudycyjnym ćwiczeniem bez realnego oddziaływania na politykę rozwojową województwa podlaskiego. Jako badacze, nie możemy jednak wziąć za to odpowiedzialności.

1. Nanotechnologia jako priorytetowy kierunek rozwoju nauki

1.1. Nanonauka w dokumentach strategicznych Unii Europejskiej

Głównym motorem rozwoju na światowym i europejskim rynku dóbr i usług będzie stosowanie kluczowych technologii wspomagających (ang. *key enabling technologies* – KET), [16]. Zgodnie z Komunikatem Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów *Przygotowanie się na przyszłość: opracowanie wspólnej strategii w dziedzinie kluczowych technologii wspomagających w UE* do kluczowych technologii wspomagających zaliczono obok: mikroelektroniki i nanoelektroniki, fotoniki, materiałów zaawansowanych, biotechnologii również nanotechnologię¹ [16]. Państwa i regiony, wykorzystując wskazane technologie, najlepiej poradzą sobie w przejściu do gospodarki niskoemisyjnej i opartej na wiedzy, co jest niezbędnym warunkiem zapewnienia dobrobytu społecznego i gospodarczego oraz bezpieczeństwa obywateli. Stosowanie kluczowych technologii wspomagających w krajach UE ma więc nie tylko znaczenie strategiczne, ale jest wręcz niezbędne.

¹ W niniejszej monografii termin „nanotechnologia” jest stosowany jako skrócona forma wyrażenia „nanonauka i nanotechnologia”. Nanonauka to badanie zjawisk na poziomie atomowym, molekularnym i makromolekularnym, gdzie właściwości materii różnią się w istotny sposób od właściwości w większych skalach wymiarowych. Analizując różnorodne definicje stosowane w obszarze nanotechnologii, można zauważyć, że elementem je łączącym są atrybuty wymiarowe. Skala wymiarowa, w której materia i zjawiska w niej zachodzące stanowią przedmiot zainteresowania nanonauk i nanotechnologii, została umownie przyjęta poniżej 100 nm.

Z uwagi na nowe właściwości, a tym samym nowe zastosowania w gospodarce, potencjał nanotechnologii na obecnych i przyszłych światowych rynkach staje się oczywisty. Świadczy o tym zarówno wielkość rynku, jak i jego potencjał wzrostu. W 2009 roku wielkość rynku produktów, których podstawę stanowiła nanotechnologia była szacowana na 254 mld USD [70]. W 2015 roku przewidywana wielkość rynku nanotechnologii osiągnie prawie dziesięciokrotny poziom z 2009 roku i wyniesie 2,5 bln USD. Już obecnie nanotechnologia wymusza istotne zmiany w istniejących branżach przemysłu i doprowadza do powstania zupełnie nowych zastosowań [12]. Wzrost zastosowań nanotechnologii pobudził interdyscyplinarne badania naukowe i wywarł istotny wpływ na inne technologie, takie jak ICT czy biotechnologie [31, 16]. Nie zawsze jednak duży potencjał badawczy i rozwojowy w pewnych dziedzinach przekłada się na sukces komercyjny w postaci wytworzonych towarów i usług. Poprawa może nastąpić tylko dzięki bardziej strategicznemu podejściu do badań naukowych, innowacji i komercjalizacji.

Dotychczasowe badania w zakresie nanotechnologii wskazują na fakt, że kluczową rolę w rozwoju badań i zastosowań nanotechnologii odgrywa geograficzna, technologiczna i społeczna „bliskość”. Nanotechnologia rozwija się najczęściej na poziomie regionalnym, z uwzględnieniem światowych trendów w tym zakresie [26]. Wzrost znaczenia nanotechnologii w gospodarce światowej spowodował, że zaczęto podejmować inicjatywy, opracowywać strategię, a także uruchamiać specjalne programy ukierunkowane na wspieranie i rozwój nanotechnologii, których celem jest stymulowanie

celów gospodarczych, środowiskowych i społecznych na różnych poziomach (krajowym, regionalnym, organizacyjnym). Również w Europie założenia, cele oraz instrumenty realizacji polityki w zakresie wspierania nanotechnologii znalazły odzwierciedlenie w dokumentach opisujących rozwój i prognozy rozwoju poszczególnych krajów członkowskich oraz regionów wspólnoty. Rola polityki w tym zakresie powinna sprowadzać się do efektywnego i skutecznego inicjowania współpracy pomiędzy sektorem biznesu, nauki i administracji, stymulując tym samym bliskość technologiczną, geograficzną i organizacyjną [26].

Jednym z głównych europejskich dokumentów strategicznych dotyczących nanotechnologii jest Komunikat Komisji Unii Europejskiej *Ku europejskiej strategii dla nanotechnologii* [18]. W dokumencie została zaprezentowana strategia mająca na celu wzmocnienie wiodącej pozycji Unii Europejskiej w badaniach i rozwoju oraz innowacji w zakresie nanonauki i nanotechnologii przy jednoczesnym uwzględnieniu na wczesnym etapie wszelkich zagadnień dotyczących środowiska, zdrowia, bezpieczeństwa oraz problematyki społecznej. W Strategii jako jeden z głównych celów wskazano utrzymanie i wzmocnienie europejskiego obszaru badań i rozwoju (B+R) w zakresie nanonauki i nanotechnologii. Ponadto, w analizowanym dokumencie podkreślono potrzebę:

- zwiększenia nakładów na prace badawczo-rozwojowe (B+R);
- budowania światowej klasy, konkurencyjnej struktury B+R („biegunów doskonałości”) z uwzględnieniem potrzeb przemysłu i instytucji naukowo-badawczych;
- promocji interdyscyplinarnej edukacji i szkolenia personelu naukowo-badawczego;
- zapewnienia korzystnych warunków dla transferu technologii i innowacji;
- integracji uwarunkowań społecznych w procesie B+R;
- przeciwdziałania potencjalnym zagrożeniom dla człowieka oraz środowiska naturalnego;
- analizy ryzyka na każdym etapie cyklu życia produktów opartych na nanotechnologii.

Zgodnie z założeniami dokumentu, wszystkie działania mające na celu podjęcie prac w zakresie rozwoju nanotechnologii powinny być wspierane przez właściwą współpra-

cę na szczeblu międzynarodowym. W ostatnim okresie można było zaobserwować wzrost wsparcia finansowego ze środków Unii Europejskiej zarówno na badania, jak i zastosowania przemysłowe w obszarze nanotechnologii. Ponadto, stworzono mechanizmy ułatwiające uzyskanie dotacji dla firm wdrażających rozwiązania nano oraz promujące europejskie rynki produkcji w dziedzinie nanotechnologii. Dokumentem regulującym podjęte kroki od strony prawnej był natomiast opracowany i przyjęty przez Komisję Europejską *Kodeks postępowania dotyczącego odpowiedzialnego prowadzenia badań w dziedzinie nanonauki i nanotechnologii* [17].

Dokumentem wykonawczym do europejskiej strategii dla nanotechnologii był przyjęty w 2005 roku dokument *Nanonauka i nanotechnologie: Plan działań dla Europy na lata 2005-2009* [19]. Wskazane w dokumencie działania zostały przyporządkowane do następujących obszarów:

- badania naukowe, rozwój i innowacje;
- infrastruktura i europejskie bieguny doskonałości;
- interdyscyplinarne zasoby ludzkie;
- innowacja przemysłowa: od wiedzy do rynku;
- integrowanie wymiaru społecznego: uwzględnianie oczekiwań i obaw;
- ochrona zdrowia publicznego, bezpieczeństwa, środowiska i konsumenta;
- współpraca międzynarodowa;
- realizacja spójnej i widocznej strategii na poziomie europejskim.

W odniesieniu do nanobiotechnologii, plan działań został uzupełniony opracowaną przez Komisję *Strategią dla Europy w sprawie nauk przyrodniczych i biotechnologii* [22]. W dokumencie wskazano, że badania biotechnologiczne będą wspierane w ramach priorytetów tematycznych, do których zaliczono nanotechnologię².

Wśród kluczowych technologii wspomagających znalazł się obszar mikroelektroniki i nanoelektroniki. W 2012 roku całkowity obrót samego sektora wyniósł około 230 mld EUR. Na całym świecie wartość produktów za-

² Pozostałe priorytety tematyczne obejmują: (i) genomikę i biotechnologie na rzecz zdrowia, jakości i bezpieczeństwa żywności, (ii) zrównoważony rozwój, (iii) obywatele i sprawowanie władzy.

wierających podzespoły mikroelektroniczne i nanoelektroniczne wynosi około 1600 mld EUR. Mimo spowolnienia finansowo-gospodarczego, światowy rynek mikroelektroniczny i nanoelektroniczny notuje wzrost o 5% rocznie od 2000 roku. W Europie mikroelektronika i nanoelektronika generuje 200 000 bezpośrednich i ponad 1 000 000 pośrednich miejsc pracy, a zapotrzebowanie na wykwalifikowanych pracowników nie maleje. Ponadto szacuje się, że wpływ mikroelektroniki i nanoelektroniki na całą gospodarkę wynosi 10% światowego PKB [24]. Dostrzegając rosnącą rolę mikroelektroniki i nanoelektroniki w 2013 roku opracowano *Strategię dotyczącą podzespołów mikro- i nanoelektronicznych* [24]. Celem *Strategii* jest zwiększenie konkurencyjności i potencjału wzrostu przemysłu mikroelektronicznego i nanoelektronicznego w Europie. Cele zawarte w dokumencie dotyczące rozwoju mikroelektroniki i nanoelektroniki to:

- powstrzymanie spadku udziału UE w dostawach światowych;
- wykorzystanie mocnych stron Europy — rozwój i wzmocnienie pozycji wiodących europejskich klastrów;
- wykorzystanie możliwości powstających w dziedzinach niekonwencjonalnych i wspieranie rozwoju małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP).

Od chwili przyjęcia dokumentu *Nanonauka i nanotechnologie: Plan działań dla Europy na lata 2005-2009* [19] zostały przygotowane dwa raporty z realizacji planu:

- za okres 2005-2007 [20];
- za okres 2007-2009 [21].

Według danych zawartych w raporcie z realizacji za lata 2007-2009 *Planu działań dla Europy na lata 2005-2009 Nanonauka i nanotechnologia* w analizowanym okresie odnotowano istotny wzrost wsparcia udzielanego dla badań w dziedzinie nanotechnologii przez wspólnotowe programy ramowe. Wydatki poniesione na ten cel w czteroletnim okresie 2003-2006 na poziomie 1,4 mld EUR, zostały praktycznie podwojone w kolejnych okresach. Na badania w dziedzinie nanotechnologii wydatkowano w kolejnym dwuletnim okresie 2007-2008 ponad 1,1 mld EUR [21].

W raporcie z realizacji *Planu działań dla Europy na lata 2005-2009 Nanonauka i nanotechnologia*, pozytywnie oceniono starania państw członkowskich w zakresie tworzenia i poszerzania infrastruktury badawczej na potrzeby

nanotechnologii. Dostrzeżono znaczenie działań o charakterze edukacyjno-szkoleniowym wskazując, że postęp w dziedzinie nanotechnologii uzależniony jest od kwalifikacji personelu i interdyscyplinarnego podejścia, co wymaga odejścia od tradycyjnych programów kształcenia i szkolenia [21]. Ocena obszaru innowacji przemysłowych nie jest już taka optymistyczna. W raporcie wskazano, że pomimo znacznych środków publicznych przeznaczanych na finansowanie europejskich badań i rozwoju w dziedzinie nanotechnologii, odpowiadające im inwestycje prywatne pozostają na niskim poziomie w porównaniu z najważniejszymi konkurentami Europy. Przy tym, liczba europejskich patentów w dziedzinie nanotechnologii nie odpowiada liczbie europejskich publikacji na temat nanotechnologii.

Realizacja założeń omówionych wyżej dokumentów rozwojowych UE w zakresie wspierania rozwoju nanotechnologii wymaga kierunkowego wydatkowania środków na badania i rozwój. Rola nanonauki i nanotechnologii została wyeksponowana w dokumentach określających kierunki badań przewidywane do finansowania ze środków 7 Programu Ramowego (7PR) oraz programu *Horyzont 2020*.

W 7 Programie Ramowym UE badaniom w zakresie nanonauki, nanotechnologii, materiałów i nowych technologii produkcyjnych, poświęcono czwarty obszar tematyczny programu [33]. Dodatkowo w obszarach tematycznych programu *Współpraca (Zdrowie, Żywność, Rolnictwo i Rybołówstwo, Biotechnologia, Technologie Informacyjne i Komunikacyjne)* znajdują się zapisy uzależniające w dużym stopniu rozwój wymienionych obszarów od postępów nanotechnologii i jej zastosowań. W założeniach 7PR wskazano, że nanonauki, nanotechnologie, materiały i nowe technologie produkcyjne odgrywać będą istotne znaczenie dla przemysłu, a ich integracja na rzecz zastosowań sektorowych powinna być realizowana poprzez działania między innymi w dziedzinie nanoelektroniki, produkcji przemysłowej, wytwarzania energii, hutnictwa, chemii, transportu, budownictwa, bezpieczeństwa przemysłowego, przemysłu włókienniczego, ceramicznego, przemysłu leśnego i nanomedycyny. Wśród działań wpływających na rozwój nanonauki wymieniono między innymi tworzenie nowej wiedzy w zakresie zjawisk granicznych oraz zjawisk zależnych od rozmiaru, nanoskopijną kontrolę właściwości materiału, integra-

cję technologii nanoskopijnych wraz z monitorowaniem i wykrywaniem, właściwości samoorganizacji, nanomotory, nanomaszyny i nanosystemy, metody i narzędzia służące do pomiarów i operowania w nanoskopijnej skali, precyzyjne technologie wykorzystywane w chemii, analizę i produkcję nanoczęści, wpływ na bezpieczeństwo człowieka, zdrowie i środowisko, metrologię, monitorowanie i wykrywanie, nazewnictwo i normy, badania nowych koncepcji i podejść do zastosowań sektorowych [30].

Do października 2012 roku z budżetu 7PR rozdzielono w ramach zakończonych 355 konkursów kwotę około 30 mld EUR [142]. Łącznie zgłoszono ponad 92 tysiące wniosków projektowych, z czego około 18% uzyskało dofinansowanie. Pod względem liczby zgłoszonych zespołów we wnioskach projektowych Polska uplasowała się na 11 pozycji wśród 27 krajów członkowskich UE. Na łączną liczbę zgłoszonych zespołów 10 280 (z polskimi uczestnikami we wnioskach projektowych), 1 627 uzyskało dofinansowanie, uzyskując współczynnik sukcesu 16%. Najwyższy współczynnik sukcesu odnotowały zespoły z Francji (22%), Belgii (21%), Dani (20%) oraz Niemiec (20%). Pod względem uzyskanego dofinansowania w wartościach pieniężnych Polska zajmuje 15 pozycję (wśród 27 krajów UE). Na łączną wartość wnioskowanego dofinansowania około 2,7 mld EUR, uzyskane dofinansowanie wyniosło niespełna 320 mln EUR, ze współczynnikiem sukcesu na poziomie 12%. Najwyższy współczynnik sukcesu odnotowały zespoły z Francji (26%), Holandii (23%), Danii (22%) oraz Belgii (21%). W roli koordynatorów projektów polscy naukowcy wnioskowali o 1 548 projektów, z czego 184 uzyskało dofinansowanie, ze wskaźnikiem sukcesu 12%. Wyraźnie najwięcej polskich koordynacji charakteryzuje programy PEOPLE, IDEAS, w ramach których realizowane są projekty stypendialne oraz REGPOT. Wśród projektów badawczych programu COOPERATION najwięcej polskich koordynatorów zostało dofinansowanych w priorytetach: Technologie informacyjno-komunikacyjne (ICT), a także Nanonauki, nanotechnologie, materiały i nowe technologie produkcyjne [142]. W ramach priorytetu tematycznego *Nanonauka, nanotechnologie, materiały i nowe technologie produkcyjne* (NMP) łącznie w ramach 7PR liczba polskich zespołów w złożonych wnioskach wyniosła 599, z czego 146 zo-

stało zaakceptowanych do finansowania. W analizowanym obszarze NMP liczba polskich wniosków o koordynację wyniosła 93, z czego 7 wniosków uzyskało finansowanie (4 z województwa mazowieckiego, 1 z wielkopolskiego, 1 z dolnośląskiego oraz 1 z małopolskiego). W projektach 7PR uczestniczyły dotąd 242 przedsiębiorstwa sektora MŚP, otrzymując dofinansowanie blisko 45 mln EUR, co stanowi 14% ogólnej kwoty przyznanej polskim uczestnikom projektów. W ramach priorytetu tematycznego *Nanonauka, nanotechnologie, materiały i nowe technologie produkcyjne* (NMP) udział wzięło 41 przedsiębiorstw sektora MŚP, co stanowiło 17% uczestników sektora MŚP. Udział przedsiębiorstw sektora MŚP w obszarze tematycznym NMP pod względem przyznanego dofinansowania kształtuje się na poziomie 26% i przewyższa średni poziom dla całej UE wynoszący 23% [142].

Kończący się w 2013 roku 7PR stanowił podstawę opracowania koncepcji europejskich badań naukowych i innowacji, zaprezentowanej w programie *Horyzont 2020*, który jest pierwszą inicjatywą skupiającą w jednym programie wszystkie unijne środki finansowania badań naukowych i innowacji. Dotyczy on przede wszystkim przekształcania odkryć naukowych w innowacyjne produkty i usługi, które otworzą nowe możliwości dla przedsiębiorstw i wpłyną na poprawę jakości życia. Nazwa nowego unijnego programu finansowania badań i innowacji – *Horyzont 2020* odzwierciedla dążenie do realizacji koncepcji, osiągnięcia wzrostu i tworzenia miejsc pracy z myślą o przyszłości.

Program *Horyzont 2020* skupia swoje zasoby na trzech różnych, lecz wzajemnie się umacniających, priorytetach. Zgodnie ze strategią *Europa 2020* i inicjatywą *Unia innowacji* są one następujące:

- **Doskonała baza naukowa.** W ramach tego priorytetu podnoszony będzie poziom doskonałości europejskiej bazy naukowej i zapewniony zostanie stały dopływ światowej klasy badań w celu zagwarantowania długoterminowej konkurencyjności Europy.
- **Wiodąca pozycja w przemyśle.** Celem tego priorytetu będzie poprawa atrakcyjności Europy jako miejsca na inwestycje w zakresie badań naukowych i innowacji (w tym ekoinnowacji), poprzez wspieranie

działań zgodnych z potrzebami sektora biznesu.

- **Wyzwania społeczne.** Priorytet ten dotyczy problemów społecznych w Europie i na świecie. Finansowanie w ramach priorytetu skoncentrowane zostanie na następujących wyzwaniach: zdrowie, zmiany demograficzne i dobrostan, bezpieczeństwo żywnościowe, zrównoważone rolnictwo, badania morskie i gospodarka ekologiczna, bezpieczna, ekologiczna i efektywna energia, inteligentny, ekologiczny i zintegrowany transport, działania w dziedzinie klimatu, efektywna gospodarka zasobami i surowcami, integracyjne, innowacyjne i bezpieczne społeczeństwa.

Zgodnie z założeniami priorytetu *wiodąca pozycja w przemyśle*, znaczące inwestycje w kluczowe technologie przemysłowe umożliwią osiągnięcie wiodącej pozycji w zakresie technologii wspomagających i przemysłowych, dzięki specjalnemu wsparciu dla technologii informacyjno-komunikacyjnych, nanotechnologii, zaawansowanych materiałów, biotechnologii, zaawansowanych metod produkcji i przetwarzania oraz sektora badań kosmosu. Zgodnie z zaleceniami grupy wysokiego szczebla do spraw kluczowych technologii wspomagających, cel „Wiodąca pozycja w zakresie technologii wspomagających i przemysłowych” pozwoli na traktowanie technologii wspomagających, jako kluczowego priorytetu programu *Horyzont 2020*, zwracając uwagę na ich znaczenie dla wzrostu i tworzenia miejsc pracy. Obej-

muje on oddzielny budżet opiewający na kwotę 6,7 mld EUR przeznaczony na kluczowe technologie wspomagające [23].

Badaniom prowadzonym w obszarze nanotechnologii w poszczególnych krajach Europy można przypisać następujące cechy [94]:

- tworzenie sieci i partnerstwa ukierunkowanych na wspólne budowanie i wykorzystanie aparatury badawczej i testowej przez instytuty badawcze, uczelnie i przemysł;
- tworzenie najwyższej klasy ośrodków badawczych, pełniących rolę kreatorów kierunków badań i innowacji technicznych;
- opracowanie standardów dla nanotechnologii;
- promowanie interdyscyplinarnych analiz i badań;
- wzmacnianie współpracy międzynarodowej;
- przyciąganie młodych talentów.

Nanotechnologia, jako jedna z wiodących przyszłościowych technologii, będzie ukierunkowywała rozwój społeczno-gospodarczy Europy i świata, co znajdzie odzwierciedlenie zarówno w nowych kierunkach badań naukowych, jak i praktycznych zastosowaniach. Nanotechnologia może być również szansą dla Polski. Wymaga to podjęcia systemowych działań związanych z kierunkowym wydatkowaniem środków na badania naukowe w tym obszarze oraz działań podnoszących świadomość społeczną w zakresie szans i zagrożeń związanych z zastosowaniem nanotechnologii.

1.2. Rola nanonauki w kształtowaniu polityki naukowo-badawczej Polski

Działania zmierzające do określenia roli i wyznaczenia kierunków rozwoju nanonauki podjęła również Polska. Zostały one sprecyzowane w następujących dokumentach:

- *Nanonauka i nanotechnologia. Narodowa strategia dla Polski*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2006 [94],
- *Strategia rozwoju kraju 2007-2015. Strategia rozwoju nauki w Polsce do 2015 roku*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2007 [133],
- *Krajowy Program Badań. Założenia polityki naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa*. Załącznik do uchwały nr 164/2011 Rady Ministrów z dnia 16 sierpnia 2011 roku [79].

Dokumentem strategicznym na poziomie krajowym, wyznaczającym priorytety w zakresie nanonauk, jest raport *Nanotechnologia i nanonauka. Narodowa strategia dla Polski* opracowany przez Interdyscyplinarny Zespół do spraw Nanonauki i Nanotechnologii powołany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Za główny cel określony w dokumencie wskazano potrzebę osiągnięcia przez Polskę znaczącego w skali europejskiej potencjału konkurencyjnego w zidentyfikowanych kierunkach badań i aplikacji do 2013 roku [94]. W raporcie tym nanotechnologie zostały wskazane jako jeden z kluczowych czynników mających przyczynić się do rozwoju gospodarczego i naukowego kraju. Priorytetem strategii nanonauk i nanotechnologii w Polsce jest rozwój, koordynacja i zarządzanie krajowym systemem badań, infrastruktury, edukacji i przemysłu w tej dziedzinie, w perspektywie krótkookresowej, średniookresowej i długookresowej w celu zmaksymalizowania pozytywnych skutków gospodarczych, naukowych i społecznych.

Realizacja przyjętej strategii przewiduje osiągnięcie następujących celów:

- opracowanie z wykorzystaniem nanotechnologii kilkudziesięciu produktów o wysokiej wartości dodanej, konkurencyjnych w skali światowej;
- opracowanie i wprowadzenie na rynek globalny kilkudziesięciu technologii i urządzeń produkcyjnych do wytwarzania nanomateriałów;
- stworzenie systemu edukacji pozwalającego na kształcenie kilkuset specjalistów w dziedzinie nanotechnologii rocznie;
- kształcenie na poziomie europejskim 20-30 doktorów rocznie w specjalizacji nanotechnologia;
- stworzenie w obszarze nanotechnologii systemu kształcenia ustawicznego (kilkadziesiąt kursów rocznie) na potrzeby szkolnictwa wyższego oraz rozwijającego się przemysłu wykorzystującego nanotechnologie;
- uruchomienie specjalistycznych laboratoriów będących zapleczem dydaktycznym dla nauki oraz sektora przedsiębiorstw (w tym pomieszczenia o wysokiej czystości *clean rooms*, dysponujące wyposażeniem analitycznym i technologicznym na najwyższym standardzie światowym);
- powołanie kilku sieci współpracy złożonych z jednostek sektora badań, przemy-

słu, instytucji finansowych, związanych z nanotechnologią w celu zapewnienia efektywnej współpracy między nauką i gospodarką;

- zintegrowanie rozproszonej aktywności ośrodków badawczych wokół wspólnego programu rozwoju nanotechnologii koordynowanego przez, przewidziany do powołania, instytut nanotechnologii lub inną jednostkę centralną.

Kolejnym dokumentem programującym rozwój nanotechnologii w Polsce jest *Strategia rozwoju kraju 2007-2015. Strategia rozwoju nauki w Polsce do 2015 roku* [133]. Dokument ten, jako jeden z trendów w badaniach naukowych, rozwoju technologicznym oraz działalności innowacyjnej, wskazuje na potrzebę kształtowania nowych multidyscyplinarnych dziedzin badawczych, takich jak ICT, czy potrzebę integracji biotechnologii i nanotechnologii. Jednocześnie w dokumencie zaakcentowano, że dynamika nano, bio i info nie ma charakteru inkrementalnych, drobnych ulepszeń dominującego wzoru, ale szybkiego następowania po sobie całkowicie różnych wzorów. Wśród trendów prezentowanych w dokumencie wskazano na powolne wyłanianie się fuzji biotechnologii i nanotechnologii (lub biotechnologii i nanotechnologii oraz nauk kognitywnych), jako kolejnego paradygmatu technogospodarczego.

Założenia polityki naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa, przedstawione w *Krajowym Programie Badań*, obejmują siedem strategicznych, interdyscyplinarnych kierunków badań naukowych i prac rozwojowych. Są to [79]:

- nowe technologie w zakresie energetyki;
- choroby cywilizacyjne, nowe leki oraz medycyna regeneracyjna;
- zaawansowane technologie informacyjne, telekomunikacyjne i mechatroniczne;
- nowoczesne technologie materiałowe;
- środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo;
- społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków;
- bezpieczeństwo i obronność państwa.

Zapisy przedstawione w obszarze choroby cywilizacyjne, nowe leki oraz medycyna regeneracyjna wskazują na nowe możliwości terapeutyczne i farmakologiczne, jakie niesie za sobą rozwój nanofarmakologii. Bardzo ważną dziedziną w tym obszarze jest też rozwój nanotechnologii w kierunku poszukiwania no-

wych polimerowych i lipidowych nośników leków w terapii celowanej.

W obszarze nowoczesnych technologii materiałowych jako cel badań wskazano nanotechnologie generujące nowe materiały o programowanej na poziomie molekularnym strukturze oraz o zupełnie nowych właściwościach i zastosowaniach. W omawianym dokumencie podkreślono, że opracowane i wdrożone do produkcji materiały nowej generacji już teraz znajdują zastosowanie w gospodarce, a w przyszłości powinny stać się „polską specjalnością”. Aby to osiągnąć, niezbędne jest zastosowanie nanotechnologii praktycznie w każdej dziedzinie krajowej gospodarki: do wytwarzania materiałów funkcjonalnych mających zastosowanie w informatyce, elektronice, fotonice i energetyce, w przemyśle chemicznym, przemyśle maszynowym, przemyśle spożywczym, przemyśle odzieżowym, przemysłach opartych na budownictwie, inżynierii biomedycznej oraz w transporcie, rolnictwie i przemyśle obronnym. Ponadto, rozwój zaawansowanych technik inżynierii materiałowej umożliwi kontrolowane kształtowanie właściwości tworzyw oraz opracowanie energooszczędnych i proekologicznych rozwiązań. Według przewidywań przedstawionych w opracowaniu niezbędny jest rozwój nanoelektroniki,

co będzie szansą na pojawienie się innowacyjnych i udoskonalonych technologii poprawiających bezpieczeństwo społeczeństwa, gospodarki i kraju, materiałów i technologii związanych z magazynowaniem i przesyłem energii oraz technologii fotonicznych wykorzystywanych w długodystansowych, niezawodnych i wydajnych systemach transmisji informacji. Również zapewnienie bezpieczeństwa, trwałości, użyteczności i niezawodności obiektów budowlanych wymaga opracowania nowych konstrukcji i materiałów bezpiecznych dla zdrowia i środowiska. Nanotechnologia może zostać wykorzystana także do opracowania nowej generacji materiałów budowlanych o wysokich parametrach wytrzymałościowych i termicznych.

Omówione wyżej dokumenty, dotyczące priorytetowych kierunków rozwoju nanonauki, podkreślają jej istotną rolę we współczesnym świecie. Wykorzystanie zaleceń przedstawionych w dokumentach strategicznych, pozwoli na łatwiejsze wykreowanie wizji rozwoju nanotechnologii w poszczególnych regionach kraju oraz na ukierunkowanie działań w tej dziedzinie. Jednocześnie instrumenty wsparcia przewidziane w tych dokumentach mogą pobudzić i wzmocnić rozwój nanotechnologii.

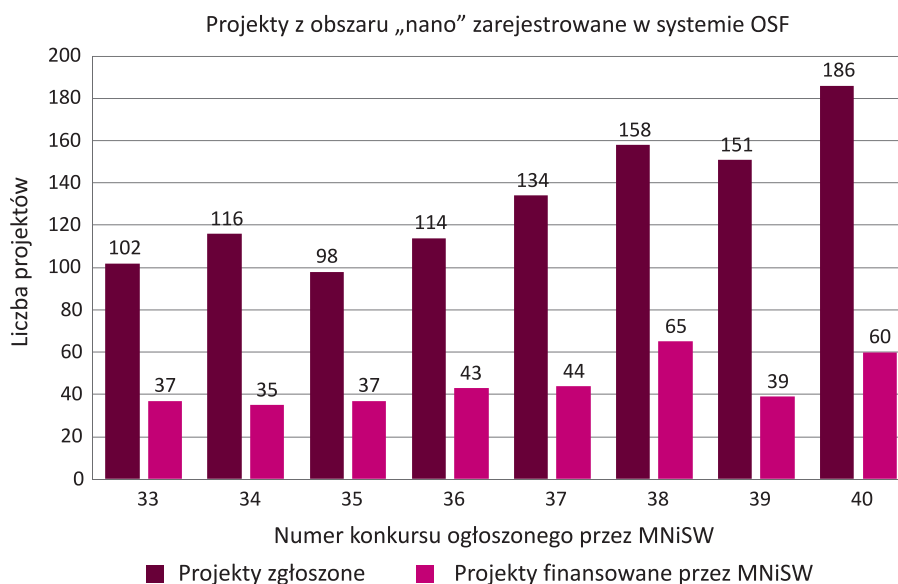
1.3. Działalność badawczo-rozwojowa w obszarze nanotechnologii w Polsce

Nakłady na działalność badawczo-rozwojową ogółem w Polsce stanowiły w 2011 roku 0,77% PKB. Najwięcej na badania i rozwój w relacji do PKB w Unii Europejskiej przeznaczono w Finlandii (3,78%), Szwecji (3,37%), Danii (3,08%), Niemczech (2,84%) oraz Wielkiej Brytanii (1,77%). Najniższy wskaźnik odnotowano w Rumunii (0,50%) oraz Bułgarii (0,57%) [92]. Intensywność prac B+R w Polsce w stosunku do UE-27 jest niższa o 1,26 punktu procentowego, gdzie średnia dla UE wynosi 2,03% PKB [103]. Według danych Eurostatu nakłady wewnętrzne na badania naukowe i prace rozwojowe (B+R) w Polsce w 2010 roku

stanowiły 1,06% nakładów wszystkich krajów Unii Europejskiej, a w 2011 roku – 1,10%.

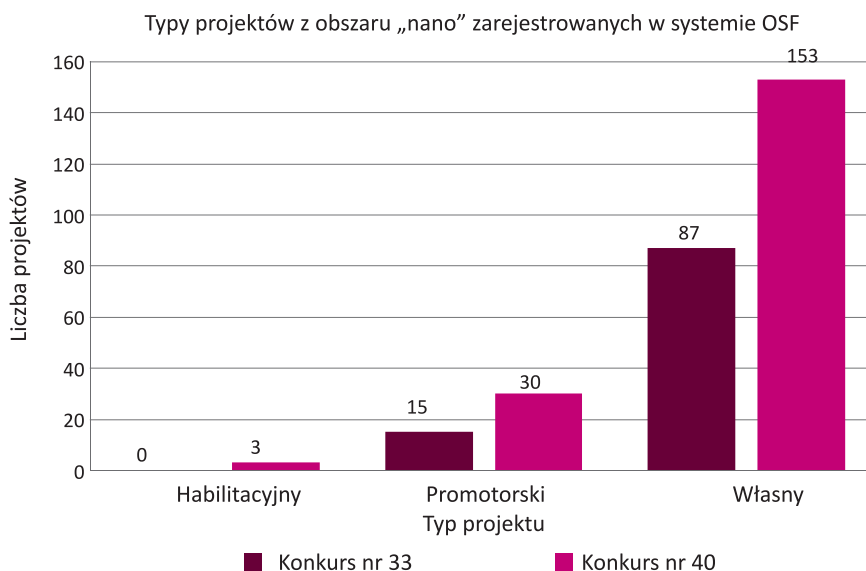
W 2011 roku nakłady wewnętrzne na badania i prace rozwojowe w Polsce wyniosły 11,7 mld PLN. Największe nakłady przypadły na nauki inżynieryjne i techniczne – 5,5 mld PLN, nauki przyrodnicze – 3,0 mld PLN, medyczne i nauki o zdrowiu – 1,3 mld PLN. Na pozostałe grupy nauk (rolnicze, społeczne i humanistyczne) przeznaczono w sumie około 1,9 mld PLN [103]. Dominujący udział środków w nakładach na B+R miały środki budżetowe, które stanowiły 55,8% ogółu wydatków.

Rys. 1.1. Liczba projektów z obszaru „nano” zgłoszonych do finansowania przez MNiSW w latach 2006-2011



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [47].

Rys. 1.2. Liczba zgłoszonych projektów z obszaru „nano” do finansowania przez MNiSW w podziale na typy projektów w latach 2006-2011



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [47].

Z uwagi na brak danych dotyczących nakładów na działalność w zakresie nanotechnologii³, krajowy potencjał kadrowy w zakresie procesu rozwoju nanotechnologii można oceniać pośrednio między innymi na podstawie liczby realizowanych projektów przez polskich naukowców. Analiza projektów finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) dotyczących obszaru nano wykazała, że w latach 2006-2011 nastąpił widoczny wzrost liczby zgłaszanych projektów (rys. 1.1).

Porównując dane z konkursów nr 33 i 40 pod kątem rodzaju realizowanych projektów można zauważyć, że zgodnie z ówczesną klasyfikacją wzrosła liczba trzech typów projektów, tak zwanych habilitacyjnych, promotorskich, a szczególnie własnych (rys. 1.2).

Na podstawie analizy danych na portalu „Nauka Polska” można wyciągnąć wniosek, że w stosunku do okresu 1990-2000, w latach 2001-2012 liczba zgłaszanych projektów zwiększyła się niemal dziesięciokrotnie (z 68 projektów do 668 projektów). W ogólnej liczbie zrealizowanych w latach 2001-2012 projektów (zarejestrowanych w systemie SYNABA) 46,0% stanowiły prace naukowe, 34,0% prace doktorskie, 14,0% prace badawczo-rozwojowe i 5,0% projekty habilitacyjne (rys. 1.3).

W czerwcu 2011 roku Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego przekazało finansowanie projektów badawczych do nowopowstałego Narodowego Centrum Nauki (NCN). Od czerwca 2011 roku do czerwca 2013 roku NCN ogłosiło po 5 rund konkursowych dla programów OPUS, PRELUDIUM, SONATA, HARMONIA, MAESTRO, 3 rundy konkursowe dla programu SONATA BIS, 2 rundy konkursowe dla programu FUGA oraz po 1 dla programów SYMFONIA i ETIUDA. W rozstrzygniętych dotychczas konkursach zatwierdzono do finansowania łącznie 233 projekty z obszaru nano⁴ (rys. 1.4).

³ Warto zauważyć, że w polskim systemie statystyki publicznej są gromadzone odrębnie informacje dotyczące działalności badawczo-rozwojowej w dziedzinie biotechnologii i wydatków ponoszonych na tę działalność. Uwzględniając fakt, że nanotechnologia stanowi, obok biotechnologii i technologii ICT, kluczową technologię przyszłości należałoby rozważyć możliwość wyodrębnienia działalności B+R w zakresie nanotechnologii.

⁴ W chwili przygotowywania monografii został zakończony nabór w 5 rundzie konkursowej dla pro-

gramów OPUS, PRELUDIUM, SONATA (trwa etap oceny wniosków).

Porównując wyniki poszczególnych konkursów można zauważyć, że najwięcej projektów z obszaru nano realizowanych jest w konkursach OPUS, finansujących projekty badawcze, w tym zakup lub wytworzenie aparatury naukowo-badawczej niezbędnej do realizacji tych projektów. Ponadto, znaczna większość projektów jest realizowana przez ludzi młodych, rozpoczynających karierę naukową, nieposiadających stopnia naukowego doktora (PRELUDIUM) oraz posiadających stopień naukowy doktora (SONATA). Ze względu na zróżnicowany harmonogram ogłaszania konkursów, widoczna jest też różnica w liczbie składanych wniosków na projekty z obszaru nano (tab. 1.1).

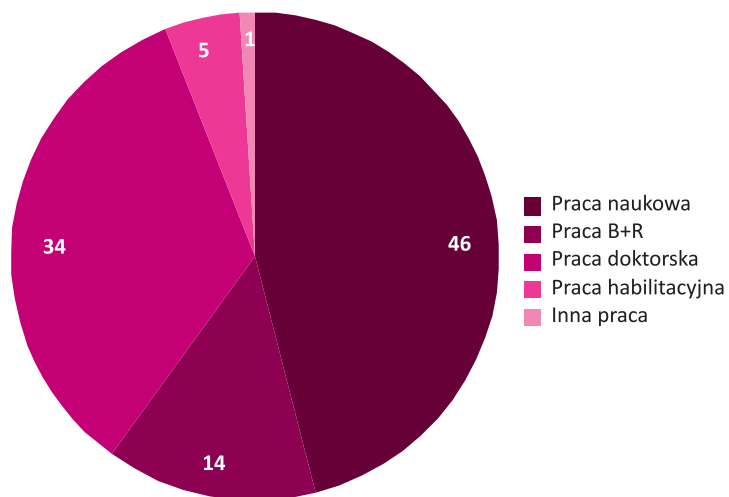
Rozwój krajowego potencjału naukowego w sferze badawczo-rozwojowej w dziedzinie nanotechnologii jest obecnie stymulowany przez różnego rodzaju inicjatywy. Przykładem jednej z nich jest program „FOCUS FNP Subsidia na tworzenie zespołów naukowych – Edycja 2010 – nano i mikrotechnologie w medycynie”, koordynowany przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej. Celem realizowanego programu jest wspieranie młodych badaczy posiadających liczący się dorobek naukowy w wybranej, corocznie określonej przez Fundację, sferze badań naukowych mającej szczególne znaczenie dla rozwoju cywilizacyjnego Polski.

Ponadto, Fundacja na rzecz Nauki Polskiej w ramach Programu Międzynarodowe Projekty Doktoranckie (MPD) – wsparcie jednostek współpracujących z partnerem zagranicznym przy realizacji studiów doktoranckich, poprzez zorganizowanie trzech konkursów, udzieliła wsparcia finansowego na uruchomienie studiów doktoranckich z zakresu nanotechnologii dla Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH, Instytutu Chemii Fizycznej PAN oraz Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Uruchamianie studiów doktoranckich w dziedzinie nanotechnologii jest również odzwierciedleniem rosnącego potencjału kadrowego w sferze badawczo-rozwojowej.

Potencjał badawczo-rozwojowy Polski w ostatnich pięciu latach został wsparty w znacznym stopniu dzięki środkom finansowym z różnego rodzaju Funduszy Europejskich. W całym kraju utworzono centra badawczo-rozwojowe zajmujące się rozwojem nano-

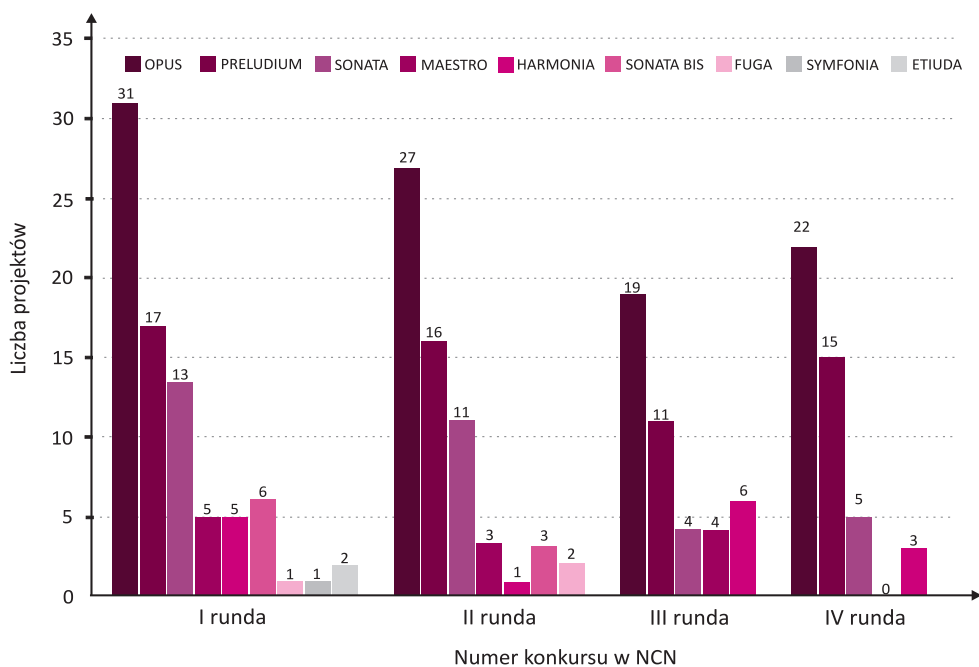
gramów OPUS, PRELUDIUM, SONATA (trwa etap oceny wniosków).

Rys. 1.3. Rodzaje prac badawczych zarejestrowanych w systemie SYNABA w obszarze „nano” [%]



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [49].

Rys. 1.4. Projekty z obszaru „nano” zatwierdzone do finansowania ze środków NCN od czerwca 2011 do czerwca 2013 roku



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [38].

Tab. 1.1. Liczba projektów finansowanych przez NCN od czerwca 2011 do czerwca 2013 roku w podziale na typy projektów i datę rozpoczęcia realizacji projektu

Projekt Rok	OPUS	PRELUDIUM	SONATA	MAESTRO	HARMONIA	SONATA BIS	FUGA	SYMFONIA	ETIUDA	Suma Projektów
VI-XII 2011	58	33	24	5	5	-	-	-	-	125
2012	41	26	9	7	7	9	1	-	-	100
I-VI 2013	-	-	-	0	3	-	2	1	2	8
RAZEM:	99	59	33	12	15	9	3	1	2	233

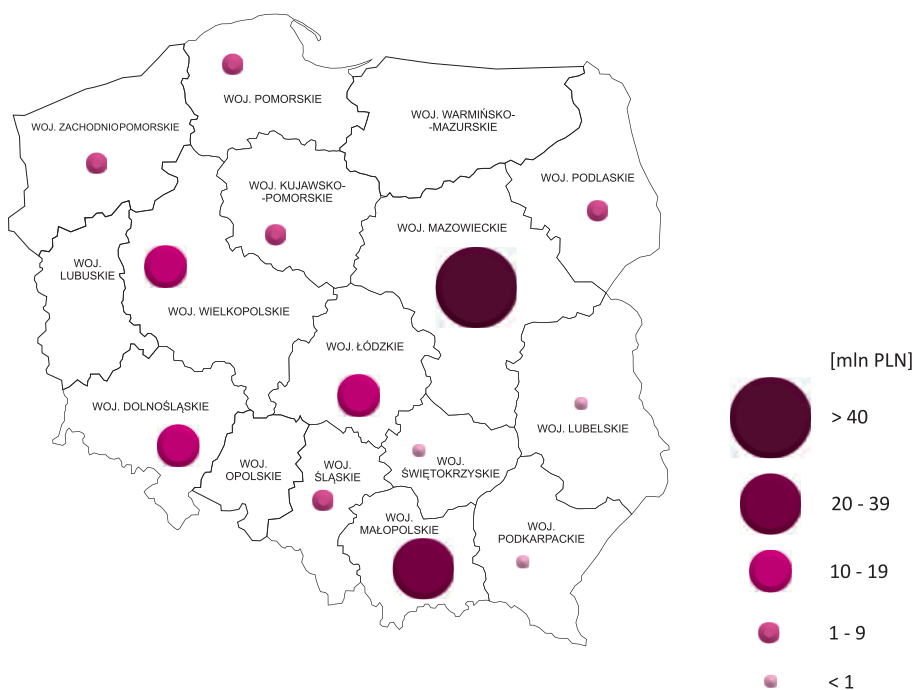
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [38].

Tab. 1.2. Liczba projektów finansowanych przez NCN od czerwca 2011 do czerwca 2013 roku w podziale na panele dyscyplin konkursowych

Panele dyscyplin konkursowych		Liczba projektów
NZ1	Podstawowe procesy życiowe na poziomie molekularnym: biologia molekularna, biologia strukturalna, biotechnologia	1
NZ4	Biologia na poziomie tkanek, narządów i organizmów: budowa i czynność układów, narządów i organizmów ludzi i zwierząt, medycyna doświadczalna, podstawy chorób układu nerwowego	3
NZ6	Immunologia i choroby zakaźne ludzi i zwierząt: odporność, choroby immunologiczne, immunoterapia, choroby zakaźne i inwazyjne, mikrobiologia, transplantologia, alergologia	2
NZ7	Zdrowie publiczne: epidemiologia, choroby cywilizacyjne i społeczne zagrożenia środowiskowe dla zdrowia ludzi i zwierząt, medyczna i weterynaryjna ochrona zdrowia publicznego, etyka, medycyna pracy, farmakoekonomika	6
NZ8	Podstawy wiedzy o życiu na poziomie środowiskowym: biologia ewolucyjna, biologia populacyjna, biologia środowiskowa, systematyka	1
NZ9	Podstawy stosowanych nauk o życiu: rolnictwo, leśnictwo, ogrodnictwo, rybactwo, żywienie i żywność, biotechnologia środowiskowa	3
ST3	Fizyka fazy skondensowanej: struktura, własności elektronowe, płyny, nanonauka	37
ST4	Chemia analityczna i fizyczna: chemia analityczna, metody teoretyczne w chemii, chemia fizyczna/fizyka chemiczna	18
ST5	Synteza i materiały: otrzymywanie materiałów, związki struktury z właściwościami, nowoczesne materiały o założonych właściwościach, architektura (makro)molekularna, chemia organiczna, chemia nieorganiczna	105
ST7	Inżynieria systemów i komunikacji: elektronika, komunikacja, optoelektronika	13
ST8	Inżynieria procesów i produkcji: projektowanie wyrobów, projektowanie i sterowanie procesami produkcji, konstrukcje i procesy budowlane, inżynieria materiałowa, systemy energetyczne	41
ST10	Nauki o Ziemi: geografia fizyczna, geologia, geofizyka, meteorologia, oceanologia, klimatologia, ekologia, globalne zmiany środowiska, cykle biogeochemiczne, zarządzanie zasobami naturalnymi	3

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [38].

Rys. 1.5. Szacunkowa wartość realizowanych projektów z obszaru „nano” finansowanych ze środków NCN w podziale na województwa w okresie 2011-2013



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [38].

technologii. Wykaz powstałych centrów w obszarze nanotechnologii wraz z charakterystyką prowadzonej działalności przedstawiono w tab. 1.3.

W Polsce zagadnieniami z obszaru nanotechnologii zajmują się wysokiej klasy specjaliści. Kreatywność i potencjał intelektualny są mocną stroną polskiej nauki. W kraju utworzono podstawy dokumentów strategicznych, ukazujących mocne i słabe strony rozwoju nanonauki i nanotechnologii, które mogą stanowić bogate źródło wiedzy dla naukowców i administracji rządowej decydującej o finansowaniu działalności naukowo-badawczej. Dodatkowo, dzięki wsparciu ze środków finansowych

Unii Europejskiej powstało wiele centrów nanotechnologicznych, wyposażonych w aparaturę do przeprowadzania badań na poziomie światowym. Aby w pełni wykorzystać istniejący w Polsce potencjał naukowy i badawczo-rozwojowy, niezbędne jest określenie nanotechnologii jako priorytetowego dla rozwoju kraju kierunku badań, a więc wprowadzenie rozwiązań organizacyjnych zwiększających efektywność wykorzystywania dostępnych zasobów i zdecydowane zwiększenie poziomu finansowania nanonauki, umożliwiające zatarcie widocznych granic nie tylko pomiędzy poszczególnymi regionami kraju, ale również na arenie międzynarodowej.

Tab. 1.3. Charakterystyka centrów prowadzących działalność w obszarze nanotechnologii

Nazwa centrum	Tytuł realizowanego projektu z obszaru „nano” (termin realizacji)	Charakterystyka projektu	Wartość projektu [PLN]
Centrum NanoBioMedyczne przy Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu	Międzyuczelniane Centrum NanoBioMedyczne (MCNBM) (2009-2014)	Projekt zakłada wybudowanie i wyposażenie nowoczesnego Centrum naukowo-dydaktycznego, prowadzącego interdyscyplinarne studia magisterskie i studia doktoranckie w obszarze nanonauki i nanotechnologii.	111 400 000
	Interdyscyplinarne studia doktoranckie (2009-2014)	W ramach projektu 10 doktorantów pod kierunkiem profesorów współpracujących z CNBM realizuje interdyscyplinarny program naukowy w zakresie nanonauki i nanotechnologii. Projekt finansuje zarówno stypendia naukowe dla doktorantów, jak i wyjazdy na zagraniczne staże, udziały w konferencjach, szkoleniach, zakup podręczników oraz odczynników.	8 670 632
	Międzynarodowe Projekty Doktoranckie (MPD) „The PhD Programme in nanoscience and nanotechnology” (2010-2015)	W ramach projektu 20 doktorantów realizuje program naukowo-badawczy pod kierunkiem promotorów współpracujących z Centrum NanoBioMedycznym. W ramach studiów doktoranckich obowiązkowo każdy doktorant odbywa roczny staż w jednej z uczelni partnerskich projektu.	6 520 000
	Program Badań Stosowanych (PBS) „Nanomateriały o potencjalnym zastosowaniu w biomedycynie” (2012-2015)	Celem projektu jest opracowanie i charakterystyka nowych, wielofunkcyjnych nanomateriałów pierwszej i wyższych generacji o potencjalnych zastosowaniach w biomedycynie, w tym w terapii, diagnostyce, celowanym dostarczaniu leków, w biologii molekularnej, w inżynierii tkankowej, medycynie regeneracyjnej. Nacisk będzie położony także na nanomateriały o funkcji teranostycznej, to znaczy służące diagnostyce i jednocześnie terapii oraz multimodalnemu obrazowaniu.	4 991 480
	Studia doktoranckie PAN (2013-2015)	Idea projektu wyraża się w rozwoju środowiskowych interdyscyplinarnych studiów doktoranckich w zakresie nanotechnologii – elektroniki i fotowoltaiki w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu i na Wydziale Fizyki UAM (Program Operacyjny Kapitał Ludzki, Działanie 4.3).	6 628 814
Centrum Nanotechnologii Politechniki Gdańskiej	Centrum Nanotechnologii Politechniki Gdańskiej (2010-2015)	Celem projektu jest stworzenie nowoczesnego kompleksu dydaktycznego z innowacyjnym sprzętem, specjalistyczną bazą naukową oraz opartą na nowatorskich rozwiązaniach infrastrukturą towarzyszącą.	73 664 000

Nazwa centrum	Tytuł realizowanego projektu z obszaru „nano” (termin realizacji)	Charakterystyka projektu	Wartość projektu [PLN]
Wrocławskie Centrum Badań EIT+	Dolnośląskie Centrum Materiałów i Biomateriałów Wrocławskie Centrum Badań EIT+ (2008-2014)	W ramach projektu tworzony jest kompleks naukowo-badawczy o nazwie Kampus Prace Wrocławskiego Centrum Badań EIT+. W ramach inwestycji trzy istniejące budynki zostaną wyremontowane i wyposażone w aparaturę, a czwarty obiekt zostanie zbudowany od podstaw. W kompleksie zlokalizowanych będzie ponad pięćdziesiąt interdyscyplinarnych laboratoriów, zarówno biotechnologicznych, jak i nanotechnologicznych.	503 000 000
	Wykorzystanie nanotechnologii w nowoczesnych materiałach – NanoMat (2008-2014)	Projekt obejmuje interdyscyplinarne badania mające na celu wytwarzanie zaawansowanych technologicznie materiałów, rozwój nanotechnologii oraz jej zastosowanie w takich obszarach jak: nanoelektronika, fotonika, energetyka, medycyna, materiały budowlane, przemysł przetwórstwa polimerów i wiele innych. Wszystkie planowane badania zostały pogrupowane na trzy główne obszary badawcze: nanomateriały, nanotechnologie, nanoinżynieria.	124 400 000
	BioMed – Biotechnologie i zaawansowane technologie medyczne (2009-2014)	Projekt BioMed ma charakter badawczo-rozwojowy. Zakłada prowadzenie badań w ramach czterech priorytetów, obejmujących: zastosowanie bionanomateriałów w terapii i diagnostyce, opracowanie nowych leków i ich form użytkowych, poszukiwanie nowych strategii diagnostyki w celu zapobiegania i leczenia chorób oraz biobankowania, biomarkerów i terapii komórkami macierzystymi. Prowadzone badania koncentrują się na terapii chorób cywilizacyjnych. W obszarze badawczym projektu BioMed mieszczą się prace nad stworzeniem innowacyjnych leków przeciwnowotworowych i przeciw osteoporozie, wykrywaniem substancji halucynogennych, uzyskiwaniem szczepionek nowej generacji oraz antybiotyków na bazie nowych związków chemicznych. Prowadzone są badania w zakresie diagnostyki i prewencji chorób bakteryjnych, jak również nad biodegradowalnymi polimerami dla wytwarzanych leków oraz do ich zastosowań w chirurgii i protetyce. Ciekawą i unikalną specjalnością Wrocławia jest także problematyka tak zwanych terapii fagowych, coraz częściej stosowanych w praktyce w sytuacjach nieefektywnego leczenia antybiotykami.	110 400 000
	Akcelerator EIT+ spółek innowacyjnych o hybrydowym profilu branżowym	Celem strategicznym projektu jest zidentyfikowanie projektodawców innowacyjnych rozwiązań w wybranych obszarach (biotechnologia, nanotechnologia, IT, energia), oraz zachęcenie ich do rozpoczęcia działalności gospodarczej opartej na unikalnym know-how/patentach, poprzez założenie i dokapitalizowanie spółek typu start-up. Projekt przewiduje inwestycje w około 10 spółek technologicznych (Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka, Działanie 3.1).	
	Kumulacja Kompetencji – stażowy program angażowania pracowników naukowych w rozwój branż nano, bio, energia (2012 –2013)	Celem programu jest promocja szeroko definiowanej współpracy między pracownikami naukowymi i naukowo-dydaktycznymi, a przedsiębiorcami lub ośrodkami transferu technologii. Jest to realizowane poprzez budowę i wdrożenie modelu efektywnych staży w dziedzinie nano-, bio- i energii, które mają stać się skutecznym narzędziem odkrywania i szlifowania potencjału drzemącego w pracownikach nauki zajmujących się transferem technologii oraz rozwijaniem innowacji. W ramach projektu, przewidziano około 30 płatnych staży adresowanych do pracowników naukowych i naukowo-dydaktycznych do 45. roku życia oraz przedsiębiorców prowadzących działalność gospodarczą na terenie Dolnego Śląska. Czas trwania jednego stażu obejmuje okres od 6 do 8 miesięcy.	2 114 800

Nazwa centrum	Tytuł realizowanego projektu z obszaru „nano” (termin realizacji)	Charakterystyka projektu	Wartość projektu [PLN]
Centrum Zaawansowanych Technologii Nano-Bio-Info (nBIT) przy Politechnice Wrocławskiej	Centrum Zaawansowanych Technologii Nano-Bio-Info (nBIT) (2012-2015)	Kompleks dydaktyczny zapewni nowe, nowoczesnie wyposażone laboratoria i sale dydaktyczne dla obsługi studentów wszystkich stopni studiów, a także pracowników dydaktyczno-naukowych oraz sal seminaryjnych dla działalności Wydziału Chemicznego, Wydziału Informatyki i Zarządzania oraz Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. W obiekcie będą prowadzone prace dydaktyczne na kierunkach Mechanika i Budowa Maszyn, Inżynieria Biomedyczna, Mechatronika, Transport oraz Automatyka i Robotyka między innymi w obszarze metodologii prowadzenia badań eksperymentalnych i modelowania statyki i dynamiki, technologii prozkowych i generatywnych oraz laserowych, technologii modelowania wirtualnego 3D oraz kompletnych systemów funkcjonalnych w obszarze produkcji, biomechaniki i transportu.	110 000 000
Centrum Dydaktyczno-Naukowe Mikroelektroniki i Nanotechnologii Uniwersytetu Rzeszowskiego	Kompleks Naukowo-Dydaktyczny Centrum Mikroelektroniki i Nanotechnologii Uniwersytetu Rzeszowskiego (2009-2012)	Najważniejszym zadaniem Centrum jest kształcenie studentów i doktorantów w zakresie najnowocześniejszych technologii, a także w zakresie współczesnych metod badania nanostruktur i materiałów nanokompozytowych, jak również prowadzenie w tym zakresie badań naukowych oraz przygotowywanie prac doktorskich w ramach studiów doktoranckich. W tym celu został uruchomiony na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym kierunek inżynieria materiałowa ze specjalnościami: „nanotechnologia i materiały nanokompozytowe” oraz „nowe materiały dla przemysłu lotniczego”. Na bazie infrastruktury Centrum będą prowadzone również zajęcia dydaktyczne dla innych kierunków przyrodniczo-technicznych: fizyka techniczna, biotechnologia, mechatronika. W przyszłości będą uruchamiane nowe kierunki studiów.	56 561 864
Centrum Dydaktyczno-Naukowe Mikroelektroniki i Nanotechnologii Uniwersytetu Rzeszowskiego	NANO – nowoczesna atrakcyjna oferta edukacyjna nowo otwartego kierunku „Inżynieria materiałowa” na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu Rzeszowskiego (2012-2015)	Celem głównym Projektu jest zwiększenie liczby absolwentów kierunku Inżynieria materiałowa o optymalnym przygotowaniu zawodowym dostosowanym do współczesnych wymagań w zakresie wysokich technologii dla przedsiębiorstw Doliny Lotniczej i innych. Realizacja Projektu ma stanowić impuls odwracający spadkową tendencję w zakresie kształcenia wysoko kwalifikowanej kadry technicznej nowej generacji oraz przystosowanie jej do potrzeb szybko rozwijających się nowoczesnych technologii w ramach Zakładów Doliny Lotniczej (WSK Rzeszów, MTU Aero Engines, Hispano-Suiza Polska i inne), zakładów przemysłu lotniczego i motoryzacyjnego SSE EURO-PARK Mielec oraz innych z zaawansowaną technologią.	
Centrum Badań Przedklinicznych i Technologii (CePT)	Centrum Badań Przedklinicznych i Technologii (CePT) (2008-2013)	Projekt jest największym przedsięwzięciem biomedycznym i biotechnologicznym w Europie Środkowo-Wschodniej. Jego celem jest utworzenie w Warszawie prężnego ośrodka naukowego składającego się ze ściśle współpracujących ze sobą śródowiskowych centrów badawczych, w których prowadzone będą badania dotyczące najczęściej występujących chorób cywilizacyjnych, w szczególności: chorób nowotworowych, neurologicznych, układu krążenia oraz schorzeń związanych ze starzeniem się.	388 444 071

Nazwa centrum	Tytuł realizowanego projektu z obszaru „nano” (termin realizacji)	Charakterystyka projektu	Wartość projektu [PLN]
Centrum Syntezy i Analizy BioNanoTechno Uniwersytetu w Białymstoku	Utworzenie Centrum Syntezy i Analizy BioNanoTechno Uniwersytetu w Białymstoku (2009-2012)	Celem Centrum jest unowocześnienie oraz zróżnicowanie potencjału badawczego w Instytucie Chemii Uniwersytetu w Białymstoku. Realizacja projektu zapewniła utworzenie infrastruktury laboratoryjnej Centrum Syntezy i Analizy BioNanoTechno składającego się z trzech pracowni: Pracowni Biochemii i Biologii Strukturalnej, Pracowni Nanotechnologii i Chemii Materiałowej, Pracowni Nowoczesnych Technologii Syntezy i Analizy Polimerów oraz jednego laboratorium o charakterze ogólnym, stanowiącego uzupełnienie wymienionych pracowni (Program Operacyjny Rozwój Polski Wschodniej, Działanie 1.3)	13 885 400
	W kierunku aplikacyjności doposażenie – Centrum Syntezy i Analizy BioNanoTechno Uniwersytetu w Białymstoku (2012-2014)	W ramach projektu planowana jest rozbudowa istniejących już pracowni Centrum Syntezy i Analizy BioNano Techno o 3 laboratoria naukowo-badawcze: Laboratorium Biochemii Membran w ramach Pracowni Biochemii i Biologii Strukturalnej, Laboratorium Alternatywnych Źródeł Energii w ramach Pracowni Nanotechnologii i Chemii Materiałowej, Laboratorium Analiz Środowiskowych i Żywności w ramach Pracowni Nowoczesnych Technologii Syntezy i Analizy Polimerów, doposażenie Laboratorium Ogólnego (Program Operacyjny Rozwój Polski Wschodniej, Działanie 1.3)	18 484 460

Źródło: opracowanie własne.

2. Diagnoza warunków strategicznych rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim

2.1. Założenia metodologiczne

Diagnozę warunków strategicznych rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim przeprowadzono z wykorzystaniem metod analizy SWOT i STEEPVL.

Studium **SWOT** (*Strengths* – mocne strony, *Weaknesses* – słabe strony, *Opportunities* – szanse, *Threats* – zagrożenia) dotyczyło województwa podlaskiego z punktu widzenia możliwości rozwoju nanotechnologii na tym obszarze. Celem prac ekspertów była identyfikacja czynników warunkujących rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim, z podziałem na cztery tradycyjne kategorie analizy SWOT: mocne i słabe strony województwa oraz szanse i zagrożenia rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Istotnym pogłębieniem studiów względem tradycyjnej analizy SWOT było rozszerzenie klasyfikacji czynników na osiem grup: mocne i słabe strony województwa, stymulanty i destymulanty zewnętrzne, szanse i zagrożenia wewnętrzne oraz szanse i zagrożenia zewnętrzne, zgodnie z propozycją metody analizy strategicznej jednostek samorządu terytorialnego zaproponowanej przez A. Sztando [139].

Cel analizy SWOT określono jako identyfikację czynników warunkujących rozwój nanotechnologii w województwie odnoszących się do:

- zasobów regionu, które można uznać za atuty lub słabości w porównaniu z innymi regionami lub krajami;
- zjawisk w otoczeniu, które można uznać za szanse lub zagrożenia rozwojowe.

Klasyfikację czynników przeprowadzono uwzględniając trzy kryteria:

- występowanie czynnika w czasie: istniejące bądź potencjalne;
- źródła ich pochodzenia: wewnętrzne i zewnętrzne;
- rodzaj oddziaływania: korzystne i niekorzystne.

Opierając się na tych kryteriach dokonano podziału czynników na osiem kategorii:

- **Mocne strony** – czynniki mające swoje źródło we wnętrzu województwa podlaskiego i obecnie korzystnie wpływające na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim.
- **Stymulanty** – czynniki mające swoje źródło w otoczeniu województwa podlaskiego i obecnie korzystnie wpływające na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim.
- **Słabe strony** – czynniki mające swoje źródło we wnętrzu województwa podlaskiego i obecnie niekorzystnie wpływające na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim.
- **Destymulanty** – czynniki mające swoje źródło w otoczeniu województwa podlaskiego i obecnie niekorzystnie wpływające na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim.
- **Szanse wewnętrzne** – czynniki mające swoje źródło we wnętrzu województwa podlaskiego i potencjalnie w przyszłości korzystnie wpływające na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim.

- **Szanse wewnętrzne** – czynniki mające swoje źródło w otoczeniu województwa podlaskiego i potencjalnie w przyszłości korzystnie wpływające na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim.
- **Zagrożenia wewnętrzne** – czynniki mające swoje źródło we wnętrzu województwa podlaskiego i potencjalnie w przyszłości niekorzystnie wpływające na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim.
- **Zagrożenia zewnętrzne** – czynniki mające swoje źródło w otoczeniu województwa podlaskiego i potencjalnie w przyszłości niekorzystnie wpływające na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim.

Studium **STEEPVL** dotyczyło identyfikacji, opisu oraz analizy czynników otoczenia wpływających na rozwój nanotechnologii. Czynniki te przypisano do siedmiu sfer: spo-

łecznej (**Social**), technologicznej (**Technological**), ekonomicznej (**Economic**), ekologicznej (**Ecological**), politycznej (**Political**), wartości (**Values**) oraz prawnej (**Legal**), [125]. W projekcie <<NT FOR Podlaskie 2020>>, analiza STEEPVL została wykorzystana w trzech aspektach: (i) jako narzędzie ułatwiające identyfikację sił napędowych (*driving forces*) scenariuszy rozwoju nanotechnologii, (ii) jako studium wzbogacające analizę SWOT oraz (iii) narzędzie ułatwiające identyfikację zdarzeń bezprecedensowych [28].

Prezentowane w niniejszym opracowaniu wyniki analiz SWOT i STEEPVL opierają się na wynikach zaprezentowanych w monografii *Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT* wydanej w 2010 roku [105]. Uwzględniając dynamikę zmian otoczenia (bliższego i dalszego) oraz czas, jaki upłynął od przepro-

Tab. 2.1. Klasyfikacja kluczowych czynników SWOT na potrzeby *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku*

Czynniki istniejące	
<p>Mocne strony</p> <p>Akademickie zasoby kadrowe</p> <p>Silny przemysł medyczny</p> <p>Realizowane w regionie projekty badawcze z zakresu nanotechnologii</p>	<p>Stymulanty</p> <p>Zaawansowane badania w zagranicznych ośrodkach naukowych</p> <p>Polityka UE w zakresie wspierania nanotechnologii</p> <p>Preferencje dla regionu w finansowaniu ze źródeł unijnych</p>
<p>Słabe strony</p> <p>Niewystarczające zasoby kadrowe w zakresie nanotechnologii</p> <p>Niski potencjał B+R w regionie</p> <p>Mała liczba przedsiębiorstw stosujących zaawansowane technologie</p> <p>Niski poziom współpracy, nauka–biznes–administracja</p>	<p>Destymulanty</p> <p>Drenaż mózgów z regionu</p> <p>Marginalizacja regionu w polityce regionalnej państwa</p> <p>Wzrost koncentracji kapitału intelektualnego w dużych ośrodkach akademickich</p> <p>Utrzymywanie się niskich nakładów państwa na sferę B+R</p>
Czynniki potencjalne	
<p>Szanse wewnętrzne</p> <p>Potencjał zastosowania nanotechnologii w branżach w województwie podlaskim</p> <p>Wzrost innowacyjności przedsiębiorstw</p> <p>Partnerstwo nauka–biznes budowane przez dynamiczne i otwarte na współpracę organizacje</p>	<p>Szanse zewnętrzne</p> <p>Nisze rynkowe na produkty nanotechnologiczne</p> <p>Różnorodne formy finansowanie badań i inwestycji nanotechnologicznych</p> <p>Udział regionalnych i ponadregionalnych zespołów badawczych w projektach krajowych i międzynarodowych</p> <p>Wzrost dostępności do światowych technologii</p>
<p>Zagrożenia wewnętrzne</p> <p>Niezadawalający poziom innowacyjnego i strategicznego myślenia o rozwoju regionu</p> <p>Sklonność podmiotów działających w ramach triady nauka–biznes–administracja do realizacji inicjatyw o pozorowanym innowacyjnym charakterze</p>	<p>Zagrożenia zewnętrzne</p> <p>Wzrost świadomości zagrożeń wynikających z zastosowań nanotechnologii</p> <p>Pogłębianie się i utrzymywanie kryzysu gospodarczego</p>

Źródło: opracowanie własne.

wadzonej analizy, na potrzeby strategii dokonano aktualizacji danych dotyczących wyłonionych w 2010 roku czynników SWOT. W prezentowanym dokumencie Strategii odniesiono się tylko do kluczowych czynników analizy SWOT, obejmując perspektywę bieżącego okresu oraz roku 2020. Zostały one scharakteryzowane z uwagi na ich istotność i ważność dla powodzenia realizacji strategii rozwoju nanotechnologii w województwie podla-

skim. Dla wsparcia argumentów przytoczono najważniejsze dane statystyczne i inne dokumenty źródłowe. Kluczowe czynniki SWOT zostały przypisane – zgodnie z wcześniejszym przyjętym podziałem – do 8 grup czynników: mocne strony, stymulanty, słabe strony i destymulanty oraz szanse wewnętrzne, szanse zewnętrzne, zagrożenia wewnętrzne i zagrożenia zewnętrzne (tab. 2.1).

2.2. Wyniki analizy SWOT

2.2.1. Istniejące czynniki rozwoju nanotechnologii

Mocne strony

Akademickie zasoby kadrowe

Akademickie zasoby kadrowe z punktu widzenia rozwoju nanotechnologii odgrywają dwojaką rolę: determinują strukturę kształcenia w regionie (według kierunków) i wpływają na kierunki badań naukowych rozwijanych w regionie. Oba aspekty mają kluczowe znaczenie w procesie wdrażania strategii rozwoju nanotechnologii na Podlasiu. W regionie działa 18 szkół wyższych [128]. Do najsilniejszych uczelni zalicza się: Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Politechnikę Białostocką i Uniwersytet w Białymstoku. Pod względem wskaźnika liczby nauczycieli akademickich na 1000 studentów w roku akademickim 2011/2012 region zajmuje 3 miejsce w kraju [128]. W strukturze zatrudnienia w działalności B+R dominuje zatrudnienie w szkołach wyższych z trendem wzrostu zatrudnienia w jednostkach rozwojowych [120]. Pod względem poziomu wykształcenia kadry badawczo-rozwojowej w regionie dominują osoby ze stopniem doktora, a odsetek osób z tytułem profesora i stopniem doktora habilitowanego jest wyższy od średniej krajowej o 3,9 punktu procentowego [103]. Istnieje potencjał dydaktyczny i naukowy w regionie w medycynie, chemii, fizyce, me-

chanice i innych istotnych z punktu widzenia rozwoju nanotechnologii dziedzin. Przykładem regionalnego potencjału edukacji są prace naukowe na Uniwersytecie w Białymstoku prowadzone w Centrum Syntezy i Analizy Bio-NanoTechno i na Wydziale Fizyki oraz prace inżynierskie z dziedziny nanotechnologii powstające na Politechnice Białostockiej.

Silny przemysł medyczny

Jednym z kluczowych obszarów zastosowań nanotechnologii jest medycyna. Przyszły rozwój przemysłu medycznego w województwie podlaskim może opierać się na zastosowaniach nanotechnologii, ponieważ region posiada znaczących przedstawicieli przemysłu medycznego o ugruntowanej pozycji rynkowej w kraju i Europie, głównie w dziedzinie producentów implantów i narzędzi medycznych. Wsparcie w zakresie kadr i badań oferują zaś ośrodki akademickie silne naukowo i aktywne we współpracy w tej dziedzinie z przedsiębiorstwami. Stwarza to dogodne warunki do rozwoju nauki i wdrożeń w przemyśle medycznym. Przedsiębiorstwa z branży medycznej w ostatnich latach otrzymały liczne wsparcia finansowe i promocyjne za pośrednictwem funduszy unijnych z programów Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka i Regionalny Program Operacyjny Województwa Podlaskiego, co dodatkowo podniosło ich poziom innowacyjności i zwiększyło zakres produkowanych wyrobów chronionych prawami paten-

towymi. Światowy rynek nanomedycyny stale rośnie i prognozuje się, że osiągnie wartość 131 mld USD w 2016 roku [97].

Realizowane w regionie projekty badawcze z zakresu nanotechnologii

Realizacja projektów badawczych z zakresu nanotechnologii stymuluje przepływ wiedzy i wymianę doświadczeń, przyczyniając się do rozwoju regionalnego kapitału intelektualnego w sferze nano. Prowadzenie projektów badawczych w zakresie nanotechnologii wiąże się też z rozbudową lokalnej infrastruktury badawczej. Projekty badawcze z zakresu nanotechnologii są realizowane w regionie od drugiej połowy lat dziewięćdziesiątych XX wieku, a ich liczba systematycznie rośnie. Łączna liczba projektów z zakresu nanotechnologii, które były lub są obecnie realizowane w województwie podlaskim wynosi około trzydziestu [35, 41, 43, 45, 46], a dokładnie 14 w Zakładzie Fizyki Magnetyków na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Białymstoku, 10 na Wydziale Biologiczno-Chemicznym Uniwersytetu w Białymstoku i 6 na Politechnice Białostockiej oraz 3 na Uniwersytecie Medycznym w Białymstoku. Największym projektem jest Centrum Syntezy i Analizy BioNanoTechno Uniwersytetu w Białymstoku o wartości 13,8 mln PLN, gdzie ze środków programu Program Operacyjny Rozwój Polski Wschodniej powstała Pracownia Nanotechnologii i Chemii Materiałowej [34].

Stabe strony

Niewystarczające zasoby kadrowe w zakresie nanotechnologii

Stan zasobów kadrowych determinuje aktualny i przyszły zakres badań dotyczących nanotechnologii, prac badawczo-rozwojowych oraz kształcenia w tym zakresie. Czynniki te warunkują rozwój innowacyjnych technologii, w tym nanotechnologii i są kluczowe dla rozwoju przemysłu w regionie.

Pod względem liczby instytucji naukowych w kluczowych dla rozwoju nanotechnologii dyscyplinach naukowych: fizyka, inżynieria materiałowa, nauki chemiczne, elektronika, technologia chemiczna, informatyka i medycyna województwo podlaskie zajmuje końcowe lokaty w rankingach regionalnych [8]. Wyjątek stanowią medycyna i fizyka, gdzie pozycję regionu można określić jako przeciętną w skali kraju. Na terenie województwa, ba-

dania w zakresie nanotechnologii prowadzone są tylko w 5 ośrodkach naukowych, a liczba badaczy zajmujących się takimi badaniami wynosi około 30 osób.

W województwie podlaskim nie jest realizowane także kształcenie na kierunkach związanych z nanotechnologiami. W ramach różnych kierunków studiów na Politechnice Białostockiej i Uniwersytecie w Białymstoku prowadzone są zajęcia i przedmioty, które podejmują zagadnienia z dziedziny nanotechnologii. Nie ma jednak oferty skierowanej dla specjalistów w tym obszarze. W ostatnich latach w Polsce nastąpił znaczny rozwój edukacji w zakresie nanotechnologii, co zaowocowało tym, że w większości regionów Polski istnieją uczelnie kształcące w tym zakresie. Region podlaski, niestety, nie posiada takiej oferty.

Problem potęguje niska zdolność do przyciągania specjalistów przez region. Pod względem wysokości płac województwo zajmuje od 11 do 16 miejsca w kraju, w zależności od sektorów gospodarki [119]. W przypadku wynagrodzeń dla wysoko wykwalifikowanych specjalistów i osób pełniących funkcje menedżerów wyższego szczebla, poziom wynagrodzeń na Podlasiu jest około dwukrotnie niższy w porównaniu z sąsiednim województwem mazowieckim [87].

Niski potencjał B+R w regionie

Potencjał badawczo-rozwojowy regionu jest jednym z niezbędnych warunków rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Stanowi on bazę naukową dla tego rozwoju, dostarczając koniecznych zasobów kadrowych i instytucjonalnych.

Nakłady na działalność badawczo-rozwojową w Polsce wynoszą około 0,74% PKB i są ponad trzykrotnie niższe od średniej dla UE, nakłady w regionie w relacji do PKB, są ponad dwukrotnie niższe niż średnia krajowa. Podstawowe wskaźniki oceny potencjału B+R w regionie: udział nakładów na działalność B+R w PKB, liczba zatrudnionych w obszarze B+R na tysiąc aktywnych zawodowo, liczba jednostek prowadzących działalność B+R, liczba udzielonych patentów na milion ludności oraz poziom nakładów na działalność B+R na tysiąc mieszkańców wskazują iż województwo podlaskie klasyfikowane jest na jednych z ostatnich pozycji w porównaniu z innymi regionami Polski [103].

Pod względem wartości nakładów wewnętrznych na badania przemysłowe i prace

wdrożeniowe region zajmuje ostatnie lokaty w Polsce w okresie ostatnich lat [100, 101, 102, 103]. W regionie podlaskim nie odnotowano w ostatnich latach znacznych sukcesów w badaniach przemysłowych i pracach wdrożeniowych w zakresie nanotechnologii.

Mała liczba przedsiębiorstw stosujących zaawansowane technologie

Przedsiębiorstwa stosujące zaawansowane technologie mają doświadczenie w gromadzeniu potrzebnej im wiedzy, a także w zarządzaniu projektami uruchomienia nowych produktów i ich wprowadzania na rynek. Przedsiębiorstwa takie z łatwością chłoną nowe rozwiązania technologiczne. Mała liczba przedsiębiorstw stosujących zaawansowane technologie może w znaczący sposób blokować rozwój nanotechnologii w regionie.

Województwo podlaskie jest jednym z regionów o najniższej liczbie przedsiębiorstw stosujących zaawansowane technologie [118, 132]. Dominujące w regionie sektory i branże: rolnictwo, produkcja i przetwórstwo artykułów spożywczych, produkcja maszyn i urządzeń, produkcja tkanin, drewna i wyrobów z drewna nie należą do sektorów wysokiej techniki [135, 138]. W strukturze przedsiębiorstw przemysłowych w województwie tylko 0,8% stosuje zaawansowane technologie, co lokuje region na jednym z ostatnich miejsc w Polsce [103]. Przyczyną takiej sytuacji jest między innymi słaba siła kapitałowa przedsiębiorstw regionu, ograniczająca istotnie nakłady na B+R w przedsiębiorstwach.

Niski poziom współpracy nauka–biznes–administracja

Stymulacja badań nad nanotechnologiami możliwa jest dzięki sięganiu do zewnętrznych źródeł innowacji, to jest rozwiązań wypracowanych przez szkoły wyższe i ośrodki badawczo-rozwojowe. Wspieranie działań podmiotów wdrażających nanotechnologie przez instytucje lokalne oraz władze samorządowe w znaczący sposób może przyczynić się do poprawy konkurencyjności województwa podlaskiego na tle innych regionów Polski.

Sukces realizowanych projektów badawczych i wdrożeniowych uzależniony jest od stopnia powiązań i współpracy pomiędzy przedsiębiorstwami sektora biznesu, uczelniami oraz władzami samorządowymi.

W województwie podlaskim współpraca pomiędzy uczelniami i przemysłem występuje w ograniczonym zakresie. Ze strony uczelni brakuje oferty dla biznesu, a jednocześnie istnieje oczekiwanie, aby przedsiębiorcy rozpoznawali swoje potrzeby i przedstawiali je w formie zapytań kierowanych do uczelni. Ze strony biznesu brakuje wiary w efektywność działań uczelni i wiedzy co do zakresu możliwej współpracy [121]. Pojedyncze inicjatywy i przykłady współpracy nie zmieniają ogólnej negatywnej oceny w tym zakresie.

Przedsiębiorcy nie wierzą także w skuteczne i efektywne działania administracji, która nie do końca rozumie ich potrzeby. Administracja rządowa i samorządowa nie wykazuje się zadowolającą inicjatywą w zakresie identyfikacji potrzeb biznesu i nauki oraz pomocy w organizacji współpracy triady: nauka–biznes–administracja. Wiadomo, że jednym z kluczowych czynników rozwoju innowacji jest silna współpraca w obrębie prezentowanej triady, w sytuacji gdy biznes i nauka nie współpracują efektywnie, wydaje się, że ciężar organizacji współpracy powinien spoczywać na władzach samorządowych.

Stymulanty

Zaawansowane badania w zagranicznych ośrodkach naukowych

Wiedza o tematyce i zakresie prowadzonych badań sprzyja wyznaczeniu możliwych kierunków rozwoju i daje możliwości tworzenia nowych, dotychczas nieznanych w województwie podlaskim rozwiązań. Zaawansowane badania w zagranicznych ośrodkach naukowych, liczebność zespołów prowadzących działalność badawczo-rozwojową oraz wartość ponoszonych nakładów są ważną wskazówką co do formułowania tematów projektów badawczych. Zagraniczne ośrodki prowadzące zaawansowane badania w dziedzinach nano są ważnym partnerem do podejmowania różnych form współpracy. Tak więc skupienie uwagi na pracach przodujących ośrodków badawczych, nawiązywanie kontaktów i podejmowanie współpracy stwarza możliwości przyspieszonego rozwoju dla początkujących ośrodków B+R, jakie występują w województwie podlaskim. Dodatkowym źródłem wiedzy z bezpłatnym dostępem są specjalistyczne infrastruktury B+R i platformy na przykład nanoHUB.org, która stymuluje międzynarodową społeczność

nanotechnologiczną. Korzysta z niej przeszło 60 tys. naukowców, studentów i specjalistów, w tym ponad 20 tys. badaczy jest zarejestrowanych [37]. Strategiczne projekty badawczo-rozwojowe realizowane są przez sieci instytucji akademickich [98] i konsorcja akademicko-przemysłowe o zasięgach oddziaływania nie tylko krajowych [15, 152], ale i globalnych [3, 91, 96, 110]. Otwarty charakter takich badań i współpracy, stwarza szanse dostępu do wiedzy i infrastruktury badawczej także podlaskim jednostkom i indywidualnym badaczom.

Polityka UE w zakresie wspierania nanotechnologii

Nanotechnologia jest uznawana w Europie jako jeden z istotnych kierunków badań naukowych i kluczowy czynnik wzrostu konkurencyjności gospodarki, stymulanta celów społecznych i środowiskowych. Znajduje to odzwierciedlenie w dokumentach rozwojowych UE i prowadzi do wspierania badań nad nanotechnologią i komercyjnych wdrożeniach. Ponadto zaleca się utworzenie w każdym państwie członkowskim minimalnego poziomu infrastruktury i kadry nano naukowej (Rezolucja Parlamentu Europejskiego w sprawie nanonauki i nanotechnologii), [124]. W nowej perspektywie finansowej 2014-2020, w programie Horyzont 2020 nanotechnologia została określona jako *key enabling technologies* (KET), dlatego planowane jest przeznaczenie środków na dalsze badania i wdrażanie nanotechnologii, a także badania w zakresie bezpieczeństwa i oddziaływania nanotechnologii na ludzi i środowisko [93, 130].

Preferencje dla regionu w finansowaniu ze źródeł unijnych

Preferencje w finansowaniu ze źródeł europejskich regionów słabiej rozwiniętych mają na celu wyrównanie różnic pomiędzy nimi a regionami bardziej rozwiniętymi. Pozwalają zatem na finansowanie projektów, które mają zasadniczy wpływ na przyspieszenie rozwoju województw o niskim poziomie. Preferencje w pozyskiwaniu źródeł finansowania mają charakter dwojaki, z jednej strony są tworzone specjalne programy dla województw polski wschodniej, z drugiej strony w wielu konkursach regionalnych lub krajowych występuje większy maksymalny poziom dofinansowania, dla mikroprzedsiębiorstw wynoszący nawet 70%, gdzie w innych województwach firmy

mogą ubiegać się tylko o 50%. Utrzymanie obecnego finansowania na projekty o dużym wpływie na rozwój oraz zwiększenie dostępności środków w nowej perspektywie finansowej 2014-2020 może dać bardzo ważny impuls rozwojowy dla nanotechnologii w województwie podlaskim.

Destymulanty

Drenaż mózgow z regionu

Kapitał ludzki stanowi jeden z najistotniejszych zasobów regionalnych. Województwa charakteryzujące się ujemnymi wskaźnikami migracji osób wykształconych (w tym także województwo podlaskie) muszą się liczyć z negatywnymi konsekwencjami społeczno-gospodarczymi tego procesu w odniesieniu do regionalnych możliwości rozwojowych, w tym możliwości związanych z inwestowaniem w nowoczesne technologie.

Województwo podlaskie charakteryzuje się ujemnymi wskaźnikami migracji osób wykształconych. Niepokojący jest rosnący poziom migracji osób z wyższym wykształceniem, które mogłyby wzmacniać potencjał zasobów ludzkich regionu [80]. Wśród migrantów dominują osoby młode, w wieku 20-29 lat i 30-44 [90]. W tych grupach wiekowych jest najwyższy odsetek osób z wyższym wykształceniem, a zarazem są to osoby najbardziej aktywne. Prawdopodobnie zjawisko to będzie się utrzymywało w przyszłości ze względu na podstawowy czynnik migracji jakim jest dążenie do poprawy sytuacji dochodowej i warunków życia, a w regionie podlaskim przeciętne wynagrodzenie wynosi około 88% średniej krajowej, gdy w pobliskim regionie mazowieckim około 130% średniej krajowej [119].

Marginalizacja regionu w polityce regionalnej państwa

Marginalizacja województwa podlaskiego w polityce regionalnej państwa oznacza ograniczenie dostępu regionu do różnego rodzaju inicjatyw oraz instrumentów poprawiających warunki inwestowania, w tym w sektorze nowoczesnych technologii. Wobec słabości potencjałów wewnętrznych niewystarczające wsparcie w ramach polityki regionalnej powoduje brak znaczącej poprawy warunków i tempa rozwoju województwa, co rzutuje również na możliwości rozwoju nanotechnologii.

W latach 2000-2006 oraz 2007-2013 całkowita wielkość środków z instrumentów polityki regionalnej (środki przedakcesyjne, kontrakty wojewódzkie, programy rządowe, programy operacyjne) oraz przyjęte rozwiązania dystrybucji środków były relatywnie korzystne dla województwa podlaskiego [122, 151]. Mimo to, dochodzi do pogłębiania się różnic regionalnych w zakresie PKB na mieszkańca [5, 56]. Dodatkowo, dostrzega się marginalizację województwa podlaskiego pod względem kluczowych inwestycji infrastrukturalnych, których realizacja jest zawieszona lub przesuwana w czasie (Via Baltica, RailBaltica, Via Carpatia, droga krajowa S-8, lotnisko). Proponowane algorytmy podziału środków w nowej perspektywie finansowej 2014-2020 wskazują, że za priorytetowe uznano wzrost konkurencyjności gospodarki opartej na tak zwanych inteligentnych specjalizacjach regionów. Powoduje to redukcją środków finansowych na cele spójności i przeciwdziałanie marginalizacji terytorialnej na rzecz wspierania konkurencyjności [78]. Będzie to skutkowało relatywnie mniejszymi szansami regionu podlaskiego na pozyskanie środków unijnych.

Wzrost koncentracji kapitału intelektualnego w dużych ośrodkach akademickich

Koncentracja kapitału intelektualnego w dużych ośrodkach akademickich stwarza zagrożenie dla rozwoju nanotechnologii na terenie województwa podlaskiego z dwóch powodów: koncentracji środków finansowych na działalność B+R w tych ośrodkach i potencjalnego odpływu pracowników naukowych do dużych ośrodków oferujących lepsze warunki. Efektem będzie dalsza marginalizacja działalności naukowo-badawczej realizowanej na terenie województwa podlaskiego.

Kapitał intelektualny w kraju w postaci liczby szkół wyższych, zatrudnienia w szkołach wyższych, zatrudnienia w B+R, nakładów na B+R koncentruje się głównie w województwach: mazowieckim, śląskim, małopolskim, wielkopolskim, dolnośląskim, łódzkim i pomorskim [32]. Analiza polityki państwa wskazuje, że finansowanie uczelni będzie oparte na efektach pracy naukowej i jest wysoce prawdopodobne, że koncentracja kapitału intelektualnego w dużych ośrodkach będzie się nasilać. Stanowi to zagrożenie dla rozwoju kapitału intelektualnego w regionie podlaskim i jakości

badani naukowych regionalnych jednostek, które nie należą do wiodących w kraju.

Utrzymywanie się niskich nakładów państwa na sferę B+R

Wielkość nakładów na działalność badawczo-rozwojową uznawana jest za czynnik o kluczowej roli dla budowania gospodarki opartej na wiedzy, wykorzystującej innowacyjne rozwiązania technologiczne. W przypadku państw i regionów o relatywnie niskim poziomie rozwoju gospodarczego szczególnie znaczenie mają zwłaszcza publiczne nakłady na B+R.

Mimo pozytywnych zmian zachodzących w Polsce pod względem wysokości nakładów na działalność B+R w ostatnich latach, nakłady te są w relacji do PKB około trzykrotnie niższe od średniej unijnej, a w regionie, w relacji do PKB, są ponad dwukrotnie niższe niż średnia [103]. Uwzględniając fakt kryzysu gospodarczego, który dotyka Europę i Polskę nie należy spodziewać się wysokich nakładów na B+R w najbliższych latach.

2.2.2. Potencjalne czynniki rozwoju nanotechnologii

Szanse wewnętrzne

Potencjał zastosowania nanotechnologii w branżach w województwie podlaskim

Wyznaczając przyszłe kierunki rozwoju województwa podlaskiego, należy koncentrować się na branżach już w nim występujących i konkurencyjnych w skali krajowej i międzynarodowej. Działające na jego terenie przedsiębiorstwa z branży rolno-spożywczej, drzewnej, bieliźniarskiej i maszynowej mogą, ze względu na swoje doświadczenie i siłę ekonomiczną, szybko i skutecznie wdrażać nowe technologie. Branże te są konkurencyjne w swoich segmentach i posiadają znaczące zasoby zastosowania rozwiązań innowacyjnych z zakresu nanotechnologii.

Przemysł województwa podlaskiego opiera się na podstawowych sektorach i branżach: produkcja artykułów spożywczych, produkcja wyrobów z drewna, produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych oraz produkcja maszyn i urządzeń [10]. Pod względem nakładów na działalność innowacyjną w przemyśle województwa podlaskiego dominującą branżą

jest produkcja artykułów spożywczych i produkcja maszyn i urządzeń. Kluczowy z punktu widzenia rozwoju regionu przemysł spożywczy posiada potencjał do rozwoju nanotechnologii [137, 145]. W przemyśle drzewnym należy się spodziewać stworzenia nowych materiałów, bardziej efektywnych metod przetwarzania drewna, rozwiązań dotyczących odporności drzew na szkodniki, obniżenia degradacji ultrafioletowej oraz poprawy odporności drewna na wilgoć [89]. W produkcji maszyn i urządzeń upatruje się wykorzystania nanotechnologii w obszarach mikromechaniki, minimalizacji tarcia, mikronanołożysk, nanonarzędzi, nowych materiałów metaloceramicznych, a także płynów nanomagnetycznych wykorzystanych w super dokładnych szlifierkach [61]. Nanotechnologie mają również zastosowanie w przemyśle lekkim.

Wzrost innowacyjności przedsiębiorstw

Rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim będzie wymagał skutecznego transferu wypracowanych w ośrodkach naukowo-badawczych rozwiązań technologicznych w zakresie nanotechnologii do biznesu. Komerccjalizacja wyników badań naukowych w obszarze nanotechnologii wymaga zatem od regionalnych przedsiębiorstw pewnego poziomu innowacyjności rozumianego jako pewien stan „organizacyjnej mentalności” (otwartości na nowości), jak również jako orientacja strategiczna, wyrażająca się w zaangażowaniu kapitałowym na rzecz wzrostu innowacyjności lub przynajmniej w zainteresowaniu rozwojem przedsiębiorstwa poprzez innowacje. W latach 2009-2011 innowacje wprowadziło 34,6% ogółu przedsiębiorstw z województwa podlaskiego zatrudniających powyżej 49 pracowników [127, 128]. Wzrost względem lat 2005-2007 wyniósł zatem 2,4 punktu procentowego, co jest poziomem zbliżonym do średniej krajowej wynoszącym 35,0%. Potwierdza to zaobserwowane tendencje do zwiększania nakładów na innowacje produktowe i procesowe. W regionie wzrosła liczba zgłoszonych wynalazków z 19 w 2000 roku do 73 w roku 2011, co pozwoliło zająć 13 miejsce wśród województw w Polsce [128]. Wielkość ponoszonych nakładów przez przedsiębiorstwa na działalność B+R wzrosła do 28,5 mln PLN w 2011 i ich udział ogółem w wydatkach B+R w województwie wzrósł z 17,1% do 20,4% [103]. Jedynie struktura nakładów inwestycyjnych na działal-

ność innowacyjną w zakresie innowacji produktowych i procesowych nie skłania do dużego optymizmu, gdyż 92,3% ogółu środków to wydatki na maszyny, urządzenia i budynki [128]. Znikoma część jest wydatkowana na zakup wiedzy (licencji, patentów, *know-how*), oprogramowania, szkoleń oraz marketing nowych produktów. Podlaskie firmy w zbyt małym stopniu bazują na innowacjach na skalę krajową lub międzynarodową.

Partnerstwo nauka-biznes budowane przez dynamiczne i otwarte na współpracę organizacje

Rozwój konkurencyjnej gospodarki regionalnej, w tym rozwój nanotechnologii uzależniony jest głównie od powiązań pomiędzy biznesem i nauką, które w województwie podlaskim występuje w ograniczonym zakresie. W świetle konkursów ogłaszanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w latach 2010-2012, projekty realizowane we współpracy przedsiębiorstw i nauki uzyskują dofinansowania na prace B+R, gdyż mają duże szanse na komercjalizację wyników badań. Za współpracę przedsiębiorstw i jednostek naukowych otrzymuje się dodatkowe punkty, co często przesądza o dofinansowaniu projektu realizowanego ze środków unijnych na szczeblu nie tylko krajowym, ale także i regionalnym. Rozwijanie tej współpracy jest elementem nieodzownym przy rosnącej konkurencji w staraniach o dofinansowania i rosnącym poziomie innowacyjności oraz złożoności technologicznej usług i produktów.

Zagrożenia wewnętrzne

Niezadawalający poziom innowacyjnego i strategicznego myślenia o rozwoju regionu

Województwo podlaskie jest regionem, który od wielu lat boryka się z licznymi problemami rozwojowymi i niepożądanymi zjawiskami: niska dostępność komunikacyjna, relatywnie wysokie bezrobocie, niskie płace, niski poziom innowacyjności i inne. Na przestrzeni ostatnich lat, mimo wykorzystania środków unijnych, region nie zmniejszył dystansu rozwojowego do wiodących regionów, a w wielu dziedzinach następuje stały spadek PKB na mieszkańca w regionie w relacji do średniej krajowej, dochód do dyspozycji brutto na jednego mieszkańca rośnie wolniej niż średnia dla kraju, a tempo wzrostu liczby podmiotów

gospodarczych jest najniższe w całej Polsce. Wschodniej od wejścia do UE, nakłady na B+R w sektorze przedsiębiorstw wzrosły w Polsce od 2006 roku prawie dwukrotnie, w regionie pozostają na prawie niezmiennym poziomie.

W związku z taką diagnozą, kluczem do zmiany sytuacji w regionie powinno być bardziej odważne, strategiczne planowanie jego rozwoju. Obecnie mamy bowiem do czynienia z planowaniem opartym na już poznanych trendach i wytyczonych szlakach. Strategie regionalne bardziej naśladują już zidentyfikowane trendy w regionie lub innych obszarach kraju, powstają dokumenty o charakterze zachowawczym, „bezpiecznym”. Tymczasem analiza rozwoju regionu ostatnich kilkunastu lat wskazuje bezspornie, że taki sposób planowania nie daje regionowi istotnego impulsu rozwojowego. Niestety, ostatnie prace nad przygotowaniem dokumentu strategicznego *Strategia Innowacji Województwa Podlaskiego* nie wskazują na zmiany w tym zakresie. Projekt nowej *Strategii Rozwoju Województwa Podlaskiego do roku 2020*, także wskazuje na kontynuację mało odważnego, zachowawczego planowania strategicznego.

Według projektów dokumentów strategicznych, rozwój regionu ma opierać się na budowaniu konkurencyjnej gospodarki, głównie wykorzystującej tradycyjne sektory. Zbyt małą uwagę przywiązano do rozwoju ścisłej współpracy pomiędzy nauką i biznesem, rozwoju technologii przełomowych oraz poszukiwania nisz i specjalizacji w już rozwiniętych przemyślach w regionie, które nie tylko będą budować konkurencyjne sektory, ale także indukować innowacje w innych branżach.

W rezultacie zapisów strategii, region ma szanse za kilka lat znaleźć się na etapie rozwoju, w miejscu, gdzie inni są dziś lub byli już wiele lat temu. Zachowawczy sposób myślenia o rozwoju stanowi poważne zagrożenie dla województwa, nie pozwoli bowiem na zmniejszanie dysproporcji do innych regionów i całego kraju.

Skłonność podmiotów działających w ramach triady nauka–biznes–administracja do realizacji inicjatyw o pozorowanym innowacyjnym charakterze

W regionie podlaskim dostrzega się początki współpracy w triadzie: nauka–biznes–administracja. Z Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podlaskiego, a także Programu Operacyjnego Rozwój Polski Wschod-

niej wykorzystywano środki na rozwój takiej współpracy w ramach klastrów, sieci powiązań i innych struktur współpracy, łącznie powstało 10 klastrów i 6 inicjatyw klastrowych w województwie podlaskim [116]. Dofinansowanie na kwotę 16,3 mln PLN z Programu Operacyjnego Rozwój Polski Wschodniej otrzymało 5 klastrów mających siedzibę główną w województwie podlaskim [111].

Mimo świadomości znaczenia współpracy pomiędzy nauką, biznesem i administracją, część podejmowanych inicjatyw w tym zakresie ograniczała się do administrowania uzyskanymi w ramach projektów zasobami i nie rokuje szans kontynuacji po zakończeniu finansowania.

Część projektów dotyczących inicjatyw klastrowych miała w dużej mierze, już na etapie planowania, charakter pozorów współpracy.

Można spodziewać się, że w przyszłości, ze względu na istotne środki publiczne w nowej perspektywie finansowej 2014-2020, duża część kolejnych inicjatyw będzie miała charakter pozorowanej współpracy i będzie się ograniczała do zagospodarowania uzyskanych w ramach projektów zasobów, bez realnych szans na funkcjonowanie po okresie finansowania.

Taki sposób wykorzystywania środków publicznych, przeznaczonych na realną pomoc gospodarce, będzie kolejnym przyczynkiem do marginalizacji regionalnego potencjału naukowego i doprowadzi do pogłębienia różnic pomiędzy regionem i resztą kraju.

Szanse zewnętrzne

Nisze rynkowe na produkty nanotechnologiczne

Przedsiębiorstwa zlokalizowane w regionie podlaskim nie mają dużych szans stać się liderami rynków w nanotechnologiach w skali światowej. Szans należy upatrywać raczej w poszukiwaniu nisz rynkowych i nowych zastosowań nanotechnologii. Nisze rynkowe mogą powstawać na różnych rynkach, a potencjał do ich zagospodarowania mają małe i średnie firmy. Sprzyja temu ogromny potencjał wdrożeń nanotechnologii w różnych dziedzinach. Liczba produktów nanotechnologicznych wynosi obecnie kilka tysięcy i notowany jest wzrost na poziomie około 25% rocznie. Na rynku dostępne są już wyroby, w których wykorzystano nanotechnologie w medycynie, elektronice, mo-

toryzacji, włókiennictwie, optyce, budownictwie, energetyce, w przemyśle samochodowym, lotniczym, obronnym, spożywczym, odzieżowym. Różnorodność zastosowań nanotechnologii pozwala optymistycznie patrzeć na przyszłe możliwości rozwoju tego sektora.

Różnorodne formy finansowania badań i inwestycji nanotechnologicznych

Rozwój firm stosujących nanotechnologie na terenie województwa podlaskiego będzie wymagał znacznych nakładów finansowych, zarówno w sferze B+R, jak i w obszarze wdrażania produkcji opartej na konkretnych technologiach. Znajomość i dostępność potencjalnych źródeł finansowania, kryteriów udzielania wsparcia finansowego, przedmiotowego i podmiotowego zakresu przyszłego finansowania działalności badawczej i inwestycyjnej będą determinowały indywidualne decyzje o podejmowaniu działalności w obszarze nanotechnologii. Unia Europejska dostrzega w nanotechnologiach szansę poprawy konkurencyjności gospodarek europejskich. Ma to odzwierciedlenie w zapisach dokumentów strategicznych UE i przekłada się na zaplanowane znaczne środki finansowe na badania i wdrażanie nanotechnologii w perspektywie finansowej 2014-2020. Podobne trendy podkreślające znaczenie tej dziedziny zauważane są w Polsce, czego potwierdzeniem są konkursy: EuroNanoMed, ERA-NET MNT II, Strategimed czy InnoMed Publiczne [50]. Z drugiej strony, możliwe jest zdynamizowanie procesu bezpośrednich inwestycji zagranicznych (BIZ), które z natury są długoterminowe i często towarzyszy im powstawanie miejsc pracy, wzrost wpływów z tytułu podatków oraz transfer wiedzy (technologicznej, marketingowej, organizacyjnej) do regionu. Przesłanką jest niska baza, województwo podlaskie zajmuje ostatnie miejsce w kraju (stan na 31 grudnia 2011 roku), a liczba firm z kapitałem zagranicznym wynosi tylko 159 przy zaangażowaniu w kapitałach podstawowych w wysokości 582,3 mln PLN [55]. W ostatnich latach zarówno poziom zmian atrakcyjności inwestycyjnej, jak i dynamika napływu kapitału zagranicznego jest wyższa od przeciętnej w kraju, czyli następuje powolne odwrócenie negatywnego trendu.

Udział regionalnych i ponadregionalnych zespołów badawczych w projektach krajowych i międzynarodowych

Województwo podlaskie dysponuje ograniczonym potencjałem kadrowym w dziedzinie nanotechnologii. Uczestnictwo w badaniach krajowych lub międzynarodowych dotyczących nanotechnologii stwarza możliwość wzbogacenia wiedzy w sferze nano i wykorzystywania doświadczeń w procesie rozwijania nanotechnologii regionalnej. Uczestnictwo krajowych zespołów badawczych w projektach międzynarodowych systematycznie wzrasta. W 7 Programie Ramowym w ramach priorytetu tematycznego Nanonauka, nanotechnologie, materiały i nowe technologie produkcyjne (NMP) na 599 projektów zgłoszonych, z udziałem polskich zespołów badawczych, 146 zostało zaakceptowanych do finansowania. W analizowanym obszarze NMP liczba polskich wniosków o koordynację wyniosła 93, z czego 7 wniosków uzyskało finansowanie (4 z województwa mazowieckiego, 1 z wielkopolskiego, 1 z dolnośląskiego oraz 1 z małopolskiego) [33, 142].

Tematyka projektów realizowanych z uczestnictwem zespołów badawczych z Polski dotyczyła głównie nanometali, syntezy nanoproszków, nanokompozytów, nanowarstw i powłok, nanomedycyny, zjawisk i procesów w nanoskali, nanomateriałów dla zastosowań w elektronice, spintronice, optoelektronice oraz nanolitografii, czy opracowania map drogowych nanotechnologii. Przykładem zrealizowanych projektów może być projekt EAGLE finansowany z 7 PR CAPACITIES, a realizowany w Instytucie Fizyki PAN, którego celem jest tworzenie nowych technologii wytwarzania nanomateriałów wraz z ich wszechstronną charakterystyką na poziomie atomowym, wymianę naukową i zacieśnienie współpracy z Europejską Przestrzenią Badawczą [52]. Przewiduje się, że liczba i zakres międzynarodowych projektów badawczych i rozwojowych w dziedzinie nanotechnologii z udziałem polskich zespołów będzie systematycznie wzrastać. Przesłanką to tego wniosku jest między innymi rosnący potencjał krajowych jednostek badawczych takich, jak: Centrum NanoBioMedyczne przy Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu, Centrum Nanotechnologii Politechniki Gdańskiej, Wrocławskie Centrum Badań EIT+, Centrum Zaawansowanych Technologii Nano-Bio-Info (nBIT) przy Politechni-

ce Wrocławskiej, Centrum Dydaktyczno-Naukowe Mikroelektroniki i Nanotechnologii Uniwersytetu Rzeszowskiego oraz wymienionego już wyżej Centrum Syntezy i Analizy BioNanoTechno Uniwersytetu w Białymstoku.

Wzrost dostępu do światowych technologii

Dostęp do nowych technologii jest kluczowym czynnikiem konkurencyjności oraz wzrostu gospodarczego na poziomie regionalnym. Odbywa się on często we współpracy z centrami transferu technologii, brokerami technologii, parkami naukowo-technologicznymi, których wyraźny wzrost liczby a także jakości pracy daje przesłanki na zdynamizowanie procesów transferu najnowszych technologii. W przestrzeni współpracy międzynarodowej powstają liczne inicjatywy, których celem jest ułatwienie rozpowszechniania innowacyjnych technologii. Ośrodki przekazu innowacji takie jak Enterprise Europe Network zapewniają pomoc transferu technologii w 17 obszarach dziedzinowych [51]. Coraz częstszym zjawiskiem jest udostępnianie przez firmy, swoim partnerom, laboratoriów wraz z wyposażeniem i możliwością zlecenia badań na odległość.

Zagrożenia zewnętrzne

Wzrost świadomości zagrożeń wynikających z zastosowań nanotechnologii

Nanotechnologia, jako młoda jeszcze dziedzina nauki, może powodować różnorodne, słabo rozpoznane zagrożenia. Wiedza o nich stanowić może czynnik wpływający bezpośrednio na decyzje dotyczące tempa i kierunków rozwoju nanotechnologii.

Z badań opinii publicznej wynika, że generalnie nie dominują negatywne postawy względem nanotechnologii na świecie, chociaż są kulturowo zróżnicowane. W Polsce przeważa pozytywne postrzeganie nanotechnologii i przekonanie, że będzie ona miała istotny wpływ na nasze życie. Ujawnia się jednak pewien niepokój związany z nieznanym wpływem nanotechnologii na zdrowie i środowisko oraz brakiem regulacji prawnych w zakresie bezpieczeństwa nanoproduktów. Co prawda według badań [71], Polacy są skłonni tolerować ryzyko, jeśli korzyści z zastosowania nanotechnologii będą wysokie, jednak należy zwrócić uwagę na szczególne położenie regionu na obszarach przyrodniczo cennych.

W przypadku nieoczekiwanych wydarzeń negatywnych związanych z nanoproduktami możliwe są zmiany świadomości, które mogą zrodzić obywatelski i konsumencki sprzeciw wobec nanoproduktów. Stanowi to potencjalne negatywne uwarunkowanie rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim.

Pogłębianie się i utrzymywanie kryzysu gospodarczego

Słaba koniunktura albo kryzys gospodarczy ujemnie wpływają na prowadzenie działalności gospodarczej w większości sektorów, a tym samym utrudniają inwestycje i wdrażanie zmian technologicznych. Oddziaływanie ewentualnego kryzysu miałyby charakter światowy (ewentualnie krajowy), jego konsekwencje dotyczyłyby także województwa podlaskiego.

Kryzys finansowy, który rozpoczął się w 2008 roku będzie wpływał na rozwój gospodarczy świata jeszcze przez wiele lat. Dynamika kryzysów gospodarczych jest bardzo trudno przewidywalna. Prognozy wzrostu PKB i innych czynników społeczno-gospodarczych w czasie kryzysu są obciążone bardzo dużymi błędami, a zjawiska gospodarcze przenoszą się pomiędzy krajami bardzo szybko.

Na tle wysokości długu publicznego innych krajów sytuacja Polski nie przedstawia się dramatycznie, ale koszty jego obsługi są relatywnie wysokie. Brak reformy systemu finansów publicznych może w najbliższych latach doprowadzić do przekroczenia bezpiecznej relacji długu do PKB i będzie skutkowało drastycznym cięciem wydatków państwa.

Zagrożenie związane z utrzymywaniem się kryzysu gospodarczego i jego skutków w kolejnych latach jest prawdopodobne. Będzie to oznaczało zmniejszenie publicznych wydatków na B+R, niechęć przedsiębiorstw do ponoszenia nakładów inwestycyjnych i ograniczenie rozwoju.

Przeprowadzona analiza SWOT województwa podlaskiego z punktu widzenia możliwości rozwoju nanotechnologii miała podstawowe znaczenie w fazie analitycznej projektu „*Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>*”. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”. Studium SWOT było skupione na specyficznych uwarunkowaniach właściwych dla województwa podlaskiego. Jego wyniki po-

zwołyli na opracowanie strategii rozwoju nanotechnologii opierając się na mocnych stronach regionu oraz na wykorzystywaniu dostrzeżonych szans. Analiza SWOT była również źródłem wskazówek dotyczących słabych stron województwa, które należy niwelować i co do zagrożeń, których należy unikać. Wnioski płynące z analizy SWOT zostały poszerzone o wykorzystanie specyfiki metodyki badawczej w odniesieniu do strategicznej oceny układu regionalnego oraz obecnego i przyszłego znaczenia czynników. Uwzględnienie specyfiki badanego obiektu, jakim jest region, pozwoliło na rozszerzenie klasyfikacji czynników SWOT zgodnie z następującą typologią: mocne i słabe strony województwa, stymulanty i destymulanty zewnętrzne, szanse i zagrożenia wewnętrzne oraz szanse i zagrożenia zewnętrzne.

Na przyszły – oparty na nanotechnologii – rozwój województwa podlaskiego decydujący wpływ będą miały czynniki już istniejące, uznane za **mocne strony** regionu, do których należą: *akademickie zasoby kadrowe, realizowane w regionie projekty badawcze z zakresu nanotechnologii oraz silny przemysł medyczny*. Źródło występowania tych czynników leży we wnętrzu analizowanego układu terytorialnego, jakim jest województwo podlaskie oraz w jego cechach. Akademickie zasoby kadrowe uznane zostały przez ekspertów za istotny czynnik zarówno dziś, jak i w przyszłości. Z punktu widzenia rozwoju nanotechnologii zasoby te odgrywają dwojaką rolę: determinują strukturę kształcenia w regionie (według kierunków studiów) i wpływają na kierunki badań naukowych rozwijanych w regionie. Analizując czynniki wpływające na rozwój województwa podlaskiego oparty na nanotechnologiach dostrzeżono obecną działalność naukowców z terenu województwa podlaskiego realizujących projekty badawcze z zakresu nanotechnologii. Uznając, że projekty takie stymulują przepływ wiedzy i wymianę doświadczeń w zakresie nanotechnologii przyczyniając się do rozwoju regionalnego kapitału intelektualnego w sferze nano, czynnik *realizowane w regionie projekty badawcze z zakresu nanotechnologii* należy uznać za silną stronę województwa. Należy również oczekiwać, że istniejący w regionie *silny przemysł medyczny* będzie – z punktu widzenia rozwoju nanotechnologii – nabierał znaczenia z uwagi na potencjał zastosowań nanotechnologii. Producenci wyrobów i sprzętu medycznego wraz z silnym zapleczem nauko-

wo-badawczym Politechniki Białostockiej, Uniwersytetu w Białymstoku oraz Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku mogą w przyszłości odegrać kluczową rolę w rozwoju nanotechnologii w województwie.

Biorąc pod uwagę czynniki posiadające źródło w otoczeniu województwa podlaskiego, za najistotniejszą **stymulantę** mającą istotne znaczenie dziś i w przyszłości uznano *politykę UE w zakresie wspierania nanotechnologii*. Instytucje unijne uznają, że nanonauka i nanotechnologia mogą w znacznym stopniu przysłużyć się społeczeństwu podnosząc wydajność i jakość życia w całej UE. W ślad za tymi deklaracjami idą dokumenty strategiczne, regulacje, a także środki na finansowanie projektów z tej dziedziny, z których korzystać mogą również jednostki z terenu województwa podlaskiego. Ważnymi stymulantami rozwoju są obecnie *polityka proinnowacyjna państwa* oraz istniejące *preferencje dla regionu w finansowaniu ze źródeł europejskich*. Stymulantą rozwoju nanotechnologii są również *zaawansowane badania w zagranicznych ośrodkach naukowych*. Zaawansowane badania w zagranicznych ośrodkach naukowych, liczebność zespołów prowadzących działalność badawczo-rozwojową oraz wartość ponoszonych nakładów są ważną wskazówką do formułowania tematów projektów badawczych. Zagraniczne ośrodki prowadzące zaawansowane badania w dziedzinach nano powinny być ważnym partnerem do podejmowania różnych form współpracy. Skupienie uwagi na pracach przodujących ośrodków badawczych, nawiązywanie kontaktów i podejmowanie współpracy stwarza możliwości przyspieszonego rozwoju dla początkujących jednostek B+R w zakresie nanotechnologii, które występują w województwie podlaskim.

Obok występujących dzisiaj czynników stymulujących rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim występują czynniki, których oddziaływanie należy uznać za niekorzystne. Mają one swoje źródło zarówno wewnątrz województwa (**słabe strony**), jak i w jego otoczeniu (**destymulanty**). Do słabych stron, których znaczenie jest istotne dziś i będzie istotne w przyszłości zaliczyć należy: *niewystarczające zasoby kadrowe w zakresie nanotechnologii, niski potencjał B+R w regionie, małą liczbę przedsiębiorstw stosujących zaawansowane technologie, niski poziom współpracy nauka-biznes-administracja*. Do czynników, których źródło leży w otoczeniu regionu należy zali-

czyć: *drenaż mózgów z regionu, marginalizacja regionu w polityce regionalnej państwa, wzrost koncentracji kapitału intelektualnego w dużych ośrodkach akademickich oraz utrzymywanie się niskich nakładów państwa na sferę B+R*. Wymienione czynniki dotyczą następujących obszarów: zasobów kadrowych, potencjału B+R oraz współpracy biznes-nauka-administracja. Ważną grupę barier rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim stanowią kwestie związane z ograniczeniami ogólnych zasobów kadrowych, w tym kadry związanej z nanotechnologią. Województwo podlaskie należy do województw o bardzo dużych tradycjach migracyjnych. Dotyczy to zarówno migracji wewnętrznych, jak i migracji zagranicznych. Odpływ wykwalifikowanej kadry ma charakter dezintegrujący, obniżając jakość zasobów ludzkich w województwie podlaskim oraz stan zasobów kadrowych związanych z nanotechnologią. Województwa charakteryzujące się ujemnymi wskaźnikami migracji osób wykształconych (w tym także województwo podlaskie) muszą się liczyć z negatywnymi konsekwencjami społeczno-gospodarczymi tego procesu w odniesieniu do regionalnych możliwości rozwojowych, w tym możliwości związanych z inwestowaniem w nowoczesne technologie. Główną przyczyną odpływu, „siłą ssącą” emigracji z województwa podlaskiego są wyższe płace w województwie mazowieckim, a tym bardziej w Europie Zachodniej. Biorąc pod uwagę utrzymywanie się tych dysproporcji, tendencje migracyjne w województwie podlaskim (przewaga emigracji i nadreprezentacja osób z wyższym wykształceniem wśród emigrantów) będą się utrzymywać, negatywnie oddziałując na rozwoju nanotechnologii w regionie.

Stan zasobów kadrowych jest determinowany przez obecny i przyszły zakres badań dotyczących nanotechnologii, prac badawczo-rozwojowych oraz kształcenia w tym zakresie. Potencjał B+R jest czynnikiem decydującym o przyszłych rozwiązaniach innowacyjnych w regionie. Województwo podlaskie cechuje *niski potencjał B+R w regionie* wynikający między innymi z *niskiej skuteczności w pozyskiwaniu środków finansowych na B+R w regionie*. Dodatkowo, niska skuteczność działań w sferze B+R przejawia się w *małej liczbie badań przemysłowych i prac rozwojowych w zakresie nanotechnologii w regionie*. Przy ogólnie niskim potencjale polskiego sektora B+R – pozycja województwa podlaskiego jest gorsza od większości

województw. Nakłady na działalność badawczo-rozwojową w województwie podlaskim stanowiły 0,3% PKB, co oznacza, że były one o ponad połowę mniejsze od średniej krajowej.

Obserwowana w Polsce koncentracja kapitału intelektualnego w dużych ośrodkach akademickich stwarza również zagrożenie dla rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim z dwóch powodów: koncentracji środków finansowych na działalność B+R w tych ośrodkach oraz potencjalnego odpływu pracowników naukowych do dużych ośrodków oferujących lepsze warunki

Oprócz czynników już istniejących, posiadających korzystny lub niekorzystny wpływ na rozwój województwa podlaskiego zorientowany na nanotechnologie, szczególnie istotne z punktu widzenia badań foresightowych są czynniki, które mogą potencjalnie w przyszłości mieć korzystny bądź niekorzystny wpływ na ten rozwój. W klasycznym rozumieniu analizy SWOT, czynniki te należy zakwalifikować do szans i zagrożeń. W sytuacji, gdy źródło tych czynników leży wewnątrz układu terytorialnego – województwa podlaskiego lub determinowane jest jego cechami, szanse lub zagrożenia mają charakter wewnętrzny, a w sytuacji kiedy czynniki te mają swoje źródło na zewnątrz, należy je zaliczyć do szans lub zagrożeń zewnętrznych.

Wśród potencjalnie korzystnych czynników posiadających swoje źródło wewnątrz województwa podlaskiego (**szanse wewnętrzne**) do grupy czynników, których znaczenie jest ważne dziś i w przyszłości eksperci zaliczyli: *potencjał zastosowań nanotechnologii w branżach województwa podlaskiego; wzrost innowacyjności przedsiębiorstw województwa podlaskiego oraz partnerstwo nauka-biznes budowane przez dynamiczne i pozbawione uprzedzeń jednostki*. Szans rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim należy upatrywać w rozwijających się w regionie branżach posiadających wysoki potencjał zastosowania nanotechnologii, w ogólnym wroście innowacyjności przedsiębiorstw, rozwoju współpracy w triadzie nauka-biznes-administracja oraz w rozwoju e-pracy. Do wyróżniających się branż gospodarki województwa podlaskiego należy zaliczyć przetwórstwo rolno-spożywcze, branżę drzewną, bieliźniarską i maszynową. Branże te są konkurencyjne w swoich segmentach i posiadają znaczący potencjał do zastosowania rozwiązań innowacyjnych z zakresu nanotech-

nologii. Wymienione branże mają duży udział w produkcji i liczbie zatrudnionych w strukturze gospodarki regionu, ponadto posiadają wysoki poziom zaawansowania technologicznego i rozbudowane kanały dystrybucyjne, dysponują też możliwościami wejścia na nowe rynki. Z uwagi na możliwości zastosowania nanotechnologii we wskazanych branżach, należy koncentrować się na już konkurencyjnych branżach w skali krajowej i międzynarodowej. Rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim będzie wymagał skutecznego transferu wypracowanych w ośrodkach naukowo-badawczych rozwiązań technologicznych. Rozwój innowacji nanotechnologicznych uzależniony jest w dużej mierze od współpracy między trzema kluczowymi uczestnikami procesu: nauką, biznesem oraz administracją. Jednym z ważnych jej celów jest ukierunkowanie badań naukowych na możliwości ich komercjalizacji. Do intensyfikacji takiej współpracy niezbędne jest zbudowanie klimatu zaufania sprzyjającego kooperacji i zacieśnieniu współpracy badawczej pomiędzy sferą nauki, biznesu i administracji.

Szans rozwoju województwa podlaskiego opartego na nanotechnologii, mających swoje źródło w otoczeniu województwa (**szanse zewnętrzne**) należy upatrywać w: *niszach rynkowych na produkty nanotechnologiczne, różnorodnych formach finansowania badań i inwestycji nanotechnologicznych, udziale polskich zespołów badawczych w projektach międzynarodowych dotyczących nanotechnologii oraz ogólnym wzroście dostępu do światowych technologii*. Wymienione szanse zewnętrzne są ważne już dziś i będą istotne w przyszłości. Rozwój rynków globalnych powoduje, że kwestia konkurencyjności poszczególnych podmiotów nie może być rozpatrywana w skali regionu czy kraju, ponieważ zostają one w coraz większym stopniu „wystawione” na konkurencję w wymiarze międzynarodowym i globalnym. Stanowi to niewątpliwie problem podlaskich firm, zagrożonych utratą rynków. Z drugiej jednak strony, globalny rynek to otwarcie, współpraca i integracja, stwarzające szanse rozwojowe. Aby je wykorzystać, przedsiębiorstwa muszą reagować na powstawanie nowych substytutów, grup strategicznych, trendów, nowych elementów tworzących wartość dodaną często wykraczających poza rynek. Natomiast rynki wschodnie (Rosji, Białorusi i Ukrainy) mogą stanowić potencjalne rynki zbytu dla nanoproductów wy-

tworzonych w województwie podlaskim głównie ze względu na bliskość geograficzną, wzrastający popyt, sprzyjające uwarunkowania kulturowe oraz liczne podobieństwa w strukturze konsumpcji umożliwiające sprzedaż takich samych produktów.

Szansą o charakterze zewnętrznym (ważną dziś i w przyszłości) wpływającą na rozwój innowacji nanotechnologicznych jest *wzrost dostępu do światowych technologii*, którego poziom może być charakteryzowany w Polsce poprzez obserwowany wzrost liczby jednostek świadczących usługi z zakresu transferu technologii. Realizacja założeń polityki innowacyjnej, ukierunkowanej na rozwój – między innymi – nanotechnologii będzie wymagała znacznych nakładów finansowych, zarówno w sferze B+R, jak i w obszarze inwestowania w konkretne technologie. Rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim będzie w dużym stopniu uzależniony od dostępności do nowych źródeł finansowania innowacyjności. Znajomość potencjalnych źródeł finansowania, kryteriów udzielania wsparcia finansowego, przedmiotowego i podmiotowego zakresu przyszłego finansowania działalności badawczej i inwestycyjnej będą determinowały indywidualne decyzje o angażowaniu się w działalność w obszarze nanotechnologii. Szans rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim należy upatrywać w obserwowanych zmianach zasad finansowania badań i inwestycji nanotechnologicznych. Należą do nich:

- rosnące zainteresowanie sektora publicznego inwestycjami w nanotechnologie;
- angażowanie się wielu państw w inicjatywy nanotechnologiczne (programy badawcze zmniejszające ryzyko związane z inwestowaniem w nanotechnologie) wynikające z różnorodności rozwijających się programów i źródeł ich finansowania;
- wykorzystywanie instrumentów finansowych UE jako elementu konsekwentnej strategii finansowania, łączącej publiczne i prywatne środki UE i państw członkowskich;
- tworzenie innowacyjnych instrumentów finansowania niezbędnych inwestycji, w tym partnerstwa publiczno-prywatne (PPP);
- poszukiwanie możliwości łączenia kapitału prywatnego i publicznego.

W sferze otoczenia społecznego do kluczowych czynników stwarzających potencjalne szanse wspierające rozwój nanotechnologii na

terenie województwa podlaskiego należy uznać rosnący krajowy potencjał kadrowy w sferze badawczo-rozwojowej w dziedzinie nanotechnologii, czego przejawem jest między innymi udział polskich zespołów badawczych w projektach międzynarodowych dotyczących nanotechnologii.

Wszystkie zidentyfikowane przez ekspertów **zagrożenia** rozwoju województwa podlaskiego w zakresie nanotechnologii mają swoje źródło we wnętrzu i otoczeniu województwa. **Zagrożenia wewnętrzne** wynikają w szczególności z niezadawalającego poziomu innowacyjnego i strategicznego myślenia o rozwoju regionu oraz skłonności podmiotów działających w ramach triady nauka–biznes–administracja do realizacji inicjatyw o pozornie innowacyjnym charakterze. Na terenie województwa mamy do czynienia z planowaniem opartym o już poznane trendy i wytyczone szlaki charakteryzujące się podejściem zachowawczym, „bezpiecznym”. Tymczasem analiza rozwoju regionu w ciągu ostatnich kilkunastu lat wskazuje bezspornie, że taki sposób planowania nie daje regionowi istotnego impulsu rozwojowego. Projekt nowej *Strategii Rozwoju Województwa Podlaskiego do roku 2020*, w dalszym ciągu wskazuje na kontynuację mało odważnego, zachowawczego planowania strategicznego. W rezultacie zapisów Strategii, jako region mamy szanse za kilka lat, znaleźć się na etapie rozwoju, w miejscu, gdzie inni są dziś lub byli już wiele lat temu.

W regionie podlaskim dostrzega się początki współpracy w triadzie: nauka–biznes–administracja czego przejawem są najliczniejsze w Polsce inicjatywy klastrowe. Mimo świadomości znaczenia współpracy pomiędzy nauką, biznesem i administracją, część podejmowanych inicjatyw w tym zakresie ograniczała się do administrowania uzyskanymi w ramach projektów zasobami i nie rokuje szans kontynuacji po zakończeniu finansowania. Część projektów dotyczących inicjatyw klastrowych miała w dużej mierze, już na etapie planowania, charakter pozorów współpracy.

Zagrożeniem zewnętrznym, które może mieć istotne znaczenie w przyszłości, jest wzrost świadomości zagrożeń wynikających z zastosowań nanotechnologii, a zagrożeniem istotnym na dziś jest pogłębianie się i utrzymywanie kryzysu gospodarczego. W miarę optymistyczny obecnie obraz percepcji nanotechnologii w Polsce i na świecie nie oznacza jednak, że nadal tak będzie w przyszłości. W badaniach zidentyfikowano wiele czynników, które wskazują na możliwość zmian nastawień społecznych wobec nanotechnologii w przyszłości. Nastawienie te warunkowane jest obiektywnym stanem wiedzy obywateli o nanotechnologiach oraz ich konsekwencjach, ale także czynnikami, które trudno zobiektywizować i na które trudno wpływać, takimi jak wrażliwość na społeczne i psychologiczne cechy zagrożeń, czynniki afektywne i emocjonalne, czynniki społeczno-polityczne i kulturowe.

Drugi czynnik gospodarczy, to pogłębianie i utrzymywanie się kryzysu gospodarczego. Przyczyny kryzysu gospodarczego ostatnich lat leżały poza granicami naszego kraju. Prawdopodobnie w ewentualnych przyszłych okresach poważnej dekonjunktury również będą dominowały przyczyny zewnętrzne względem Polski. Słaba koniunktura i kryzys gospodarczy ujemnie wpływają na inwestycje, także w sektorze nanotechnologicznym. Gdyby recesja pojawiła się ponownie, należy liczyć się ze spadkiem napływu kapitału z zewnątrz oraz trudnościami we współfinansowaniu projektów w ramach funduszy UE. Ewentualny kryzys mógłby mieć jednak pozytywny wpływ na procesy migracyjne – jak pokazuje doświadczenie ostatnich lat, recesja spowodowała ograniczenie migracji, szczególnie zagranicznych, z województwa podlaskiego.

Zidentyfikowane przez ekspertów kluczowe – z punktu widzenia działań foresightowych – czynniki analizy SWOT, umiejscowione w oryginalnym układzie przestrzenno-czasowym, tworzą ważną informację strategiczną, określającą uwarunkowania – ukierunkowanego na wykorzystanie nanotechnologii – rozwoju województwa podlaskiego.

2.3. Kluczowe czynniki sukcesu rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim

2.3.1. Definicje kluczowych czynników sukcesu

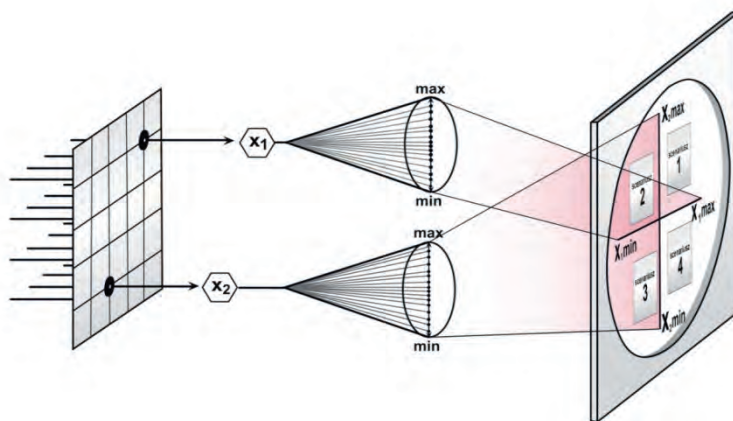
W klasycznym ujęciu analiza kluczowych czynników sukcesu to metoda służąca do analizy zasobów oraz umiejętności analizowanego przedsiębiorstwa. Podejście to polega na określeniu kryteriów decydujących o pozycji konkurencyjnej i możliwościach rozwojowych przedsiębiorstwa [63]. Genezą tej metody jest reguła „80-20” (diagram Pareto), według której 80% wszystkich zdarzeń wynika z 20% ich przyczyn. Zastosowanie reguły Pareto do zidentyfikowania kluczowych czynników sukcesu – jak zauważyła A. Clarke – pozwala skoncentrować się na tych czynnikach, dzięki którym sukces danego przedsięwzięcia jest bardziej prawdopodobny. Stąd, jakość analizy badanego zjawiska zależy od rzetelnego opracowania ich listy, czyli wskazania zasobów i umiejętności o strategicznym znaczeniu w badanym sektorze [14].

Według K. G. Grunerta, termin kluczowy czynnik sukcesu może być rozumiany na cztery sposoby: (i) jako niezbędny element w systemie zarządzania informacją, (ii) jako unikal-

na cecha przedsiębiorstwa, (iii) jako narzędzie heurystyczne poszerzające horyzonty myślenia menedżerów, (iv) jako opis głównych umiejętności i zasobów niezbędnych do osiągnięcia sukcesu na rynku [66]. Szerszą definicję kluczowych czynników sukcesu oferują C. S. Lim oraz M. Zain Mohamed, według których, czynnikami sukcesu mogą być uwarunkowania, fakty, czy też siły wpływów, które mogą przyczynić się do sukcesu przedsięwzięcia [81].

W projekcie „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii” przyjęto definicję kluczowych czynników sukcesu jako sił napędowych (ang. *driving forces*). Celem prac projektowych z zakresu identyfikacji kluczowych czynników rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim – zgodnie z przyjętą koncepcją techniki osi scenariusza (*scenario-axes technique*), [72] – była identyfikacja dwóch najważniejszych sił napędowych dla rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Koncepcję przekształcenia czynników kluczowych w osie scenariuszy przedstawiono na rys. 2.1.

Rys. 2.1. Przekształcenie czynników kluczowych w osie scenariuszy



Źródło: opracowanie własne na podstawie [72, 77].

Opracowane przy zastosowaniu techniki osi scenariusza alternatywne stany przyszłości powinny tworzyć wewnętrznie spójny, wiarygodny opis rozwoju zdarzeń. Większa liczba sił napędowych, ze względu na ograniczone zdolności percepcyjne ludzkiego umysłu, dostarcza – według ekspertów wielu trudności interpretacyjnych [65, 68, 117, 123], chociaż w literaturze przedmiotu i w praktyce foresightowej można spotkać przykłady identyfikowania większej liczby sił napędowych [59, 146, 149]. Siły napędowe charakteryzują się największą niepewnością oraz największym wpływem na badany obszar badawczy. K. van der Heijden, R. Bradfield, G. Burt, G. Cairns, G. Wright podkreślają, aby zdefiniowane siły napędowe były ze sobą niepowiązane [68], to znaczy pożądanym zestawem sił napędowych powinny być takie siły, które są w miarę niezależne, ale dające się razem zinterpretować [123]. Na podstawie przeglądu literatury oraz krytycznej analizy metody scenariuszowej wykorzystanej w polskich projektach foresightowych na poziomie narodowym, regionalnym oraz branżowym, zidentyfikowano trzy wiodące sposoby identyfikacji tychże sił: (i) ich wybór może mieć charakter uznaniowy i opierać się na wiedzy i doświadczeniu ekspertów lub (ii) selekcja

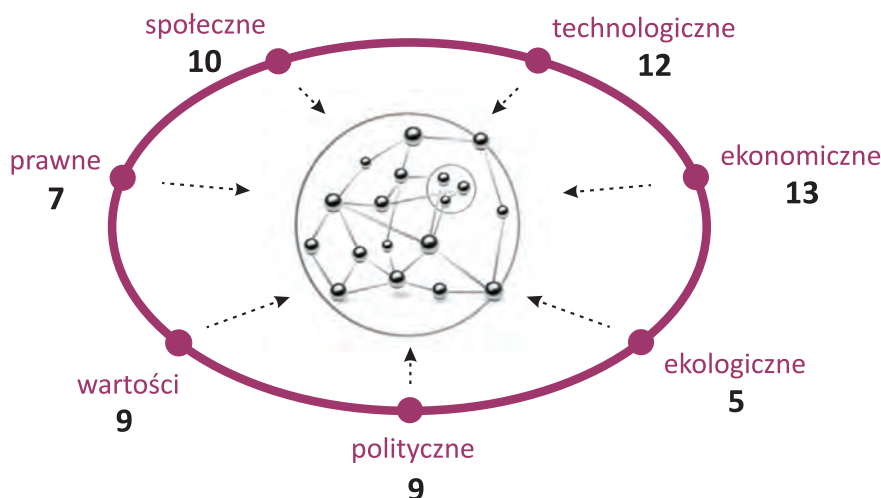
sił napędowych może opierać się na zależnościach pomiędzy siłami przy wykorzystaniu krzyżowej analizy wpływów według M. Lindgrena i H. Banholda [82] lub (iii) opierać się na wynikach analizy strukturalnej przy wykorzystaniu programu MIC-MAC umożliwiającego podział czynników na: czynniki kluczowe, czynniki decydujące (motory i hamulce), czynniki regulujące, czynniki autonomiczne oraz czynniki zależne [77].

W projekcie „*Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>*”. *Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*” wybór czynników kluczowych został wsparty analizą STEEPVL oraz analizą strukturalną.

2.3.2. Znaczenie rezultatów analizy STEEPVL w określaniu kluczowych czynników sukcesu

Metodę scenariuszową w projekcie oparto na koncepcjach wywodzących się ze szkoły logiki intuicyjnej, która zakłada, że do procesu budowy scenariusza nie stosuje się modeli matematycznych, ale posiłkuje się podejściem heurystycznym [13]. Zastosowanie analizy STEEPVL w projekcie pozwoliło na opracowanie listy czynników społecznych, technicz-

Rys. 2.2. Liczba czynników poszczególnych wymiarów analizy STEEPVL zidentyfikowanych przez Zespół Ekspertki do spraw analizy SWOT (ZE-SWOT) i Kluczowy Zespół Badawczy



Źródło: [105].

nych, ekologicznych, gospodarczych, politycznych, wartości oraz prawnych wpływających na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim. Łącznie zidentyfikowano sześćdziesiąt pięć czynników wpływających na proces rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim (rys. 2.2).

Za najważniejszy czynnik wpływający na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim eksperci uznali czynnik *dostęp do światowych nanotechnologii*. W grupie czynników, których średnie wartości były wyższe niż średnia arytmetyczna znalazły się takie czynniki, jak (w kolejności malejącej ważności), [105]:

- regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja ($Ekon_1$);
- potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T_2);
- potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T_3);
- polityka innowacyjna państwa (P_1);
- nakłady na B+R ($Ekon_2$);
- potencjał kadrowy (S_1);
- polityka UE (P_3);
- polityka regionalna (P_2);
- oddziaływanie nanoproductów i nanotechnologii na człowieka i na środowisko ($Ekol_1$);

Tab. 2.2. Lista najważniejszych czynników wpływających na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim

Grupa czynników	Nazwa czynnika
S: społeczne (S)	Potencjał kadrowy (S_1)
	Atrakcyjność regionu dla specjalistów (S_2)
	Świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii (S_3)
T: technologiczne (T)	Dostęp do światowych nanotechnologii (T_1)
	Potencjał badawczo rozwojowy dla nanotechnologii (T_2)
	Potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T_3)
E: ekonomiczne (Ekon)	Regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja ($Ekon_1$)
	Nakłady na B+R ($Ekon_2$)
	Potencjał gospodarczy regionu ($Ekon_3$)
E: ekologiczne (Ekol)	Oddziaływanie nanoproductów i nanotechnologii na człowieka i na środowisko ($Ekol_1$)
	Stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko ($Ekol_2$)
	Aktywność organizacji i ruchów ekologicznych ($Ekol_3$)
P: polityczne (P)	Polityka innowacyjna państwa (P_1)
	Polityka regionalna (P_2)
	Polityka UE (P_3)
V: wartości (V)	Dominujące wartości (przedsiębiorczość, zdrowie, środowisko naturalne) (V_1)
	Otwartość na nowości, wartość postępu (V_2)
	Współdziałanie społeczne, wartość dobra wspólnego (V_3)
L: prawne (L)	Regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki (L_1)
	Regulacje chroniące własność intelektualną (L_2)
	Prawne regulacje w zakresie nanotechnologii (L_3)

Źródło: [105].

- otwartość na nowości, wartość postępu (V_2);
- potencjał gospodarczy regionu ($Ekon_3$).

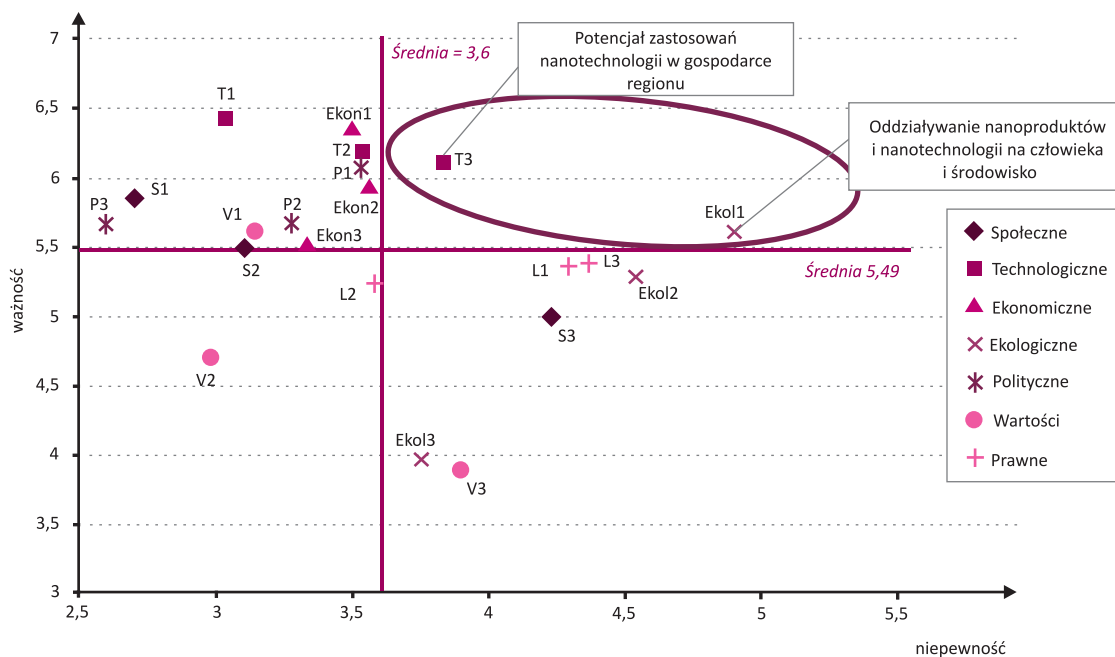
Ocena ważności pozostałych czynników była niższa niż średnia arytmetyczna ocen ważności wszystkich czynników. Analizując dane na temat ważności czynników wpływających na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim, można zauważyć, że w grupie czynników, które uzyskały wyższe wartości od średniej arytmetycznej znalazły się wszystkie czynniki technologiczne, (których grupa uzyskała najwyższe średnie noty), wszystkie czynniki ekonomiczne oraz czynniki prawne.

Kolejnym krokiem była ocena niepewności czynników zaprezentowanych w tab. 2.2. w perspektywie 2020 roku. W tym celu przeprowadzono badanie ankietowe za pomocą techniki CAWI (*Computer Assisted Web Interviewing*). Eksperti oceniający wcześniej ważność czynników zostali poproszeni o ocenę ich przewidywalności. Zdaniem ekspertów najbardziej niepewne czynniki wpływające na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim to (w kolejności malejącej niepewności), [105]:

- oddziaływanie nanoproductów i nanotechnologii na człowieka i na środowisko ($Ekol_1$);
- stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko ($Ekol_2$);
- prawne regulacje w zakresie nanotechnologii (L_3);
- regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki (L_1);
- świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii (S_3);
- współdziałanie społeczne, wartość dobra wspólnego (V_3);
- potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T_3);
- aktywność organizacji i ruchów ekologicznych ($Ekol_3$);
- regulacje chroniące własność intelektualną (L_2);

W kolejnym kroku postępowania badawczego wyodrębniono grupę czynników kluczowych na podstawie rankingu pod względem ważności i niepewności (rys. 2.3).

Rys. 2.3. Ranking czynników pod względem ważności i niepewności



Źródło: [105].

Na podstawie danych zaprezentowanych na rys. 2.3 wyodrębniono dwa czynniki charakteryzujące się jednocześnie wyższą oceną niepewności niż średnia ocena dla wszystkich czynników oraz wyższą oceną ważności niż średnia ocena ważności dla wszystkich czynników. Są to następujące czynniki: *potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu* (T_3) oraz *oddziaływanie nanoproductów i nanotechnologii na człowieka i na środowisko* ($Ekol_1$). Mogą one być potencjalnymi kandydatami na osie scenariuszy.

Z kolei na podstawie bardziej wnikliwej analizy można zauważyć grupę czynników, których średnie oceny ważności i niepewności nieznacznie odbiegają od średniej (rys. 2.4). Czynniki te obejmują: *stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i na środowisko* ($Ekol_2$), *prawne regulacje w zakresie nanotechnologii* (L_3), *regulacje w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki* (L_1), *świadomość społeczną dotyczącą nanotechnologii* (S_3), *regulacje chroniące własność intelektualną* (L_2), *nakłady na B+R*

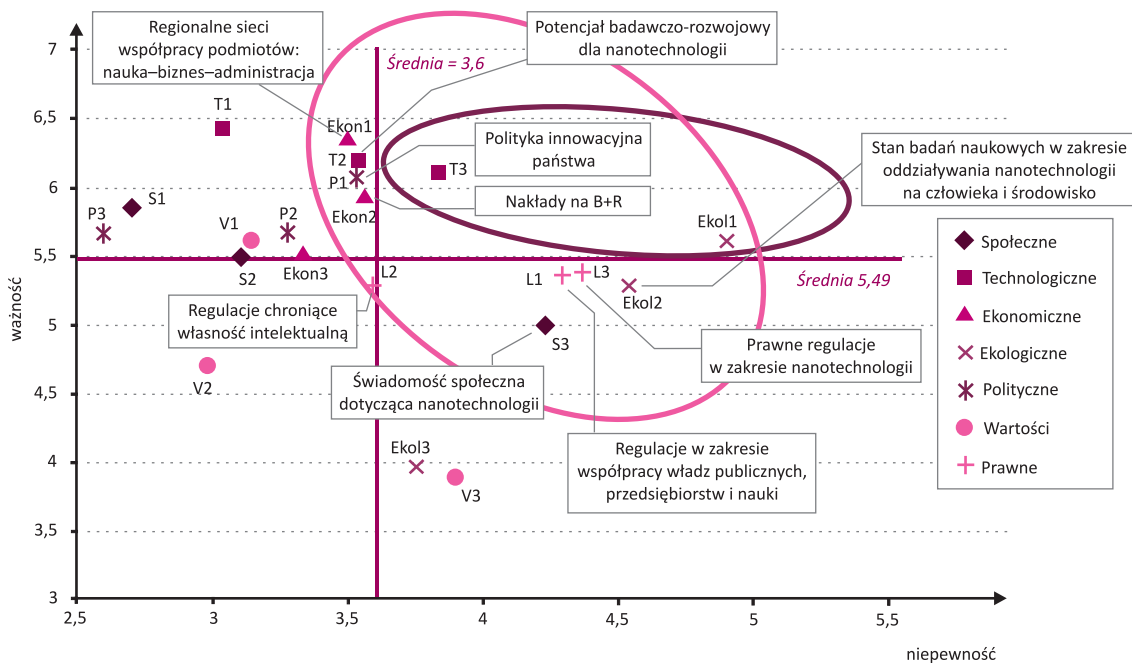
($Ekon_2$), *politykę innowacyjną państwa* (P_1) *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T_2), *regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja* ($Ekon_1$).

Z racji tego, że na podstawie zaprezentowanego na rys. 2.4 rankingu nie można jednoznacznie wyodrębnić dwóch czynników, które otrzymały najwyższe noty zarówno ze względu na ważność i niepewność, przedstawiony ranking czynników wsparto analizą strukturalną sporządzoną za pomocą programu komputerowego MIC-MAC.

2.3.3. Znaczenie rezultatów analizy strukturalnej w określaniu kluczowych czynników sukcesu

Analiza strukturalna jest narzędziem, które pozwala na wykrywanie wzajemnego wpływu i relacji pomiędzy czynnikami tworzącymi badany system. Pierwszym etapem jej realizacji jest wskazanie typu oddziaływania pary czynników. W tym celu należy określić, czy jest ono bezpośrednie i jaka jest jego siła (mała,

Rys. 2.4. Ranking szczegółowy czynników pod względem ważności i niepewności



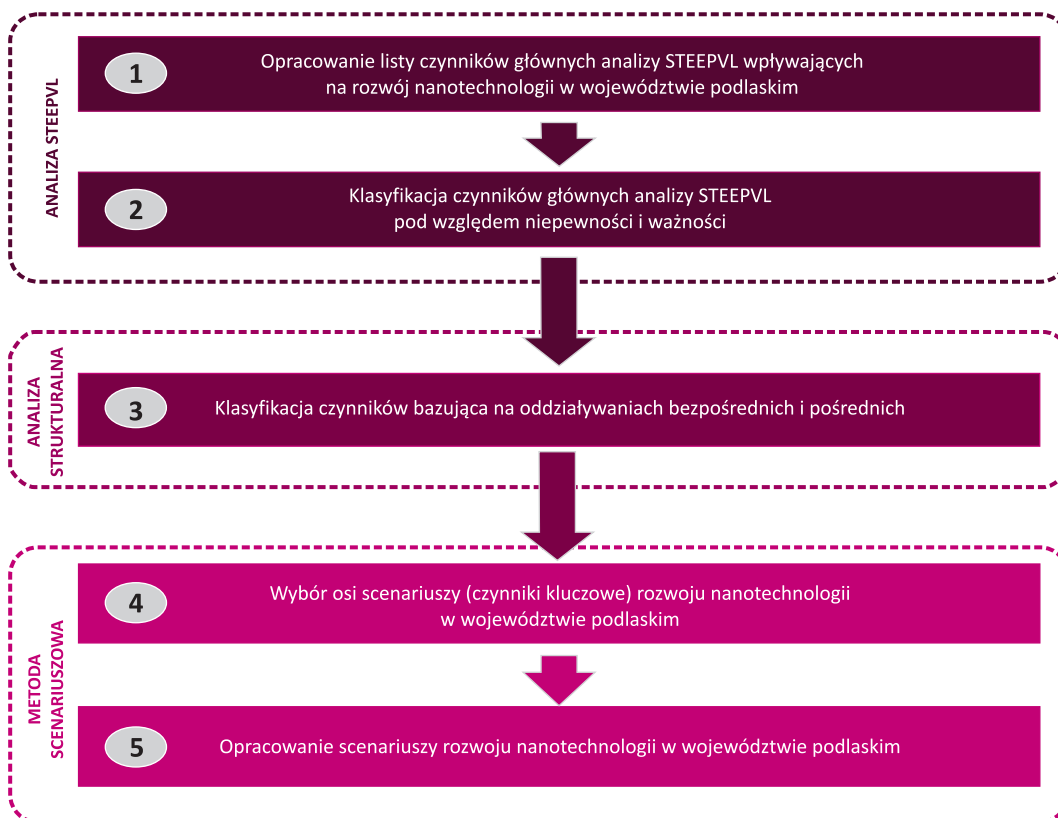
Źródło: [105].

średnia, wysoka lub potencjalna). Zaletą analizy strukturalnej jest jej zdolność do identyfikowania związków łączących zmienne, których wzajemne wpływy nie są oczywiste i mogą pozostać nierozpoznane nawet przez ekspertów w danej dziedzinie. Opis wzajemnych powiązań pomiędzy zmiennymi pozwala na rekonstrukcję badanego systemu oraz wyodrębnienie charakterystycznych – ze względu na funkcje pełnione w systemie – klas zmiennych: kluczowych, celów, rezultatów, pomocniczych, decydujących, regulujących, zewnętrznych i autonomicznych.

Czynniki kluczowe łączą w sobie dużą siłę oddziaływania z dużym stopniem zależności. Czynniki „cele”, to takie, które w większym stopniu same zmieniają się na skutek innych czynników, niż wpływają na pozostałe czynniki; reprezentują możliwe cele badanego syste-

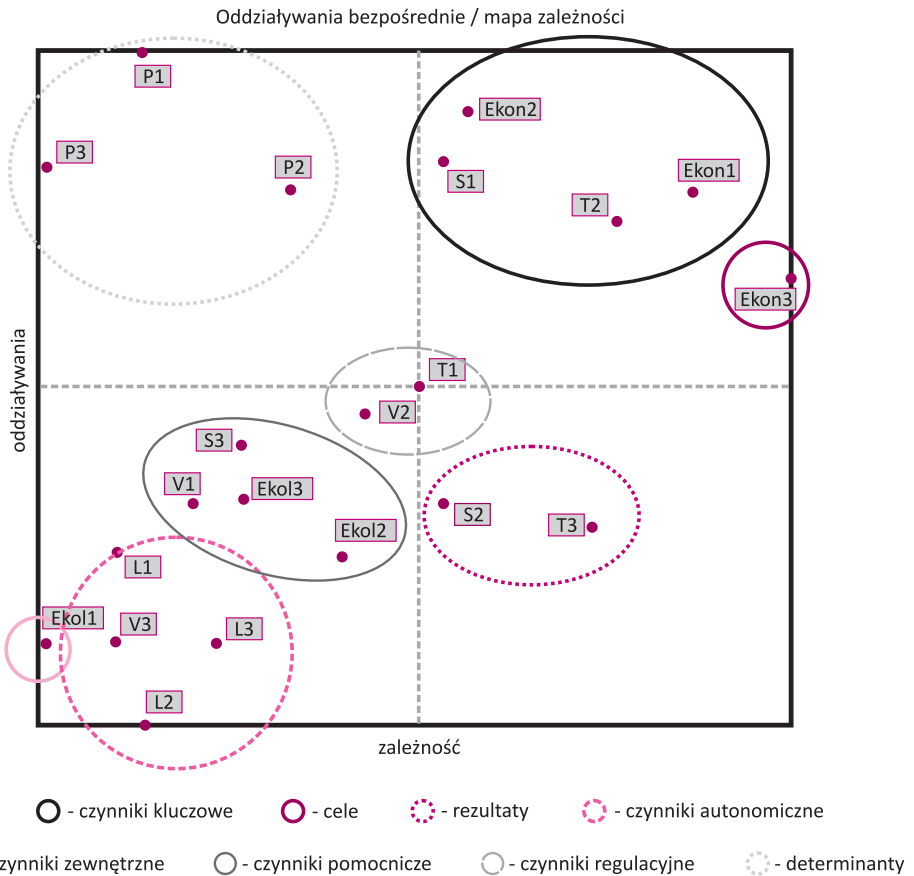
mu [88]. Czynniki zależne/rezultaty charakteryzują się małym oddziaływaniem, a dużą zależnością od innych czynników. Są szczególnie podatne na zmiany czynników decydujących oraz kluczowych. Czynniki decydujące (determinanty) to te, które wywierają bardzo silny wpływ na system, czyli czynniki napędzające i hamujące, ale są trudne do kontrolowania. Czynniki regulujące/pomocnicze charakteryzują się małym wpływem na system, ale mogą okazać się pomocne do osiągnięcia celów strategicznych [88]. Czynniki autonomiczne wykazują najmniejszy wpływ na zmiany zachodzące w systemie jako całości, a czynniki zewnętrzne charakteryzują się mniej istotnym wpływem na system niż wpływ determinantów, ale większym niż wpływ zmiennych autonomicznych. Jednocześnie wpływ systemu na te zmienne jest niewielki [108].

Rys. 2.5. Miejsce analizy strukturalnej w metodyce projektu



Źródło: [108].

Rys. 2.6. Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach bezpośrednich



Czynniki kluczowe:

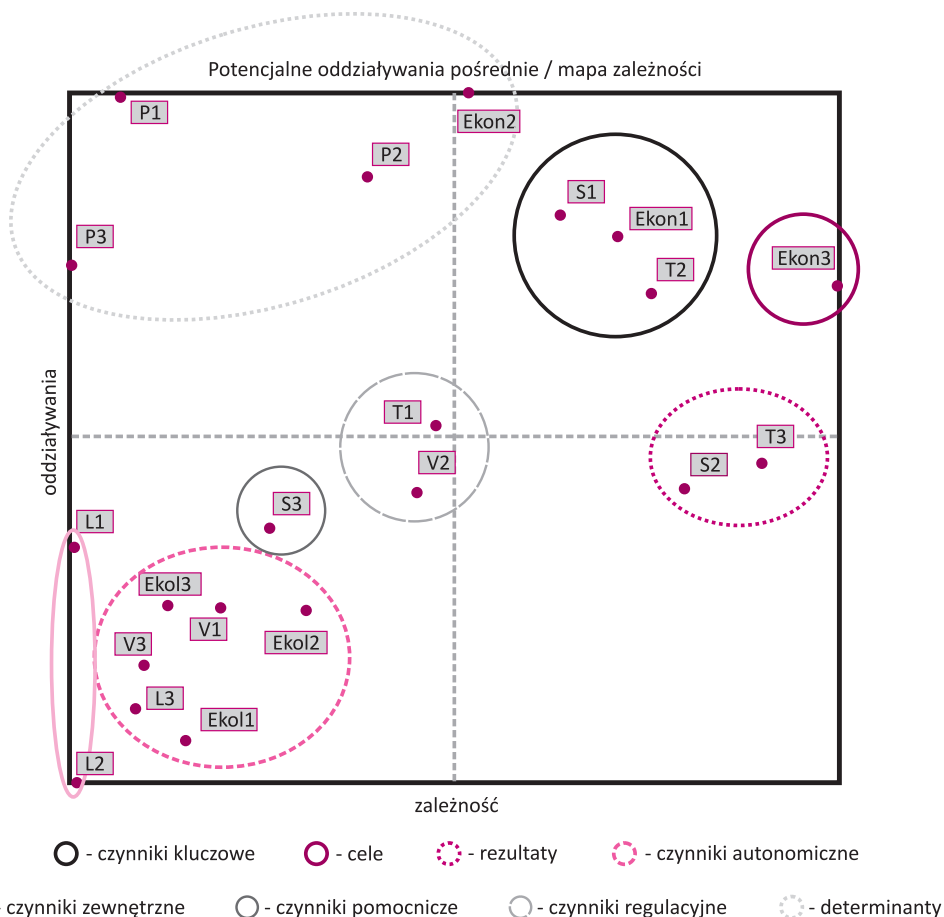
Ekon1	regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja
Ekon2	nakłady na B+R
T2	potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii
S1	potencjał kadrowy

Źródło: [106].

Analiza strukturalna w projekcie „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii” pełniła pomocniczą rolę w określaniu kluczowych czynników rozwoju nanotechnologii: (i) umożliwiła alternatywną klasyfikację czynników analizy STEEPVL oraz (ii) wsparła

istotnie proces wyboru czynników kluczowych rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Miejsce analizy strukturalnej w metodzie projektu przedstawiono na rys. 2.5. Szczegółową charakterystykę rezultatów analizy strukturalnej można odnaleźć w publikacji [108].

Rys. 2.7. Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach pośrednich potencjalnych



Czynniki kluczowe:

Ekon1	regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja
T2	potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii
S1	potencjał kadrowy

Źródło: [108].

Przeprowadzona analiza strukturalna pozwoliła na wyodrębnienie czynników kluczowych, wywierających silny wpływ na inne czynniki i jednocześnie silnie zależnych od innych czynników. Analiza strukturalna, której podstawę stanowiła macierz wpływów bezpo-

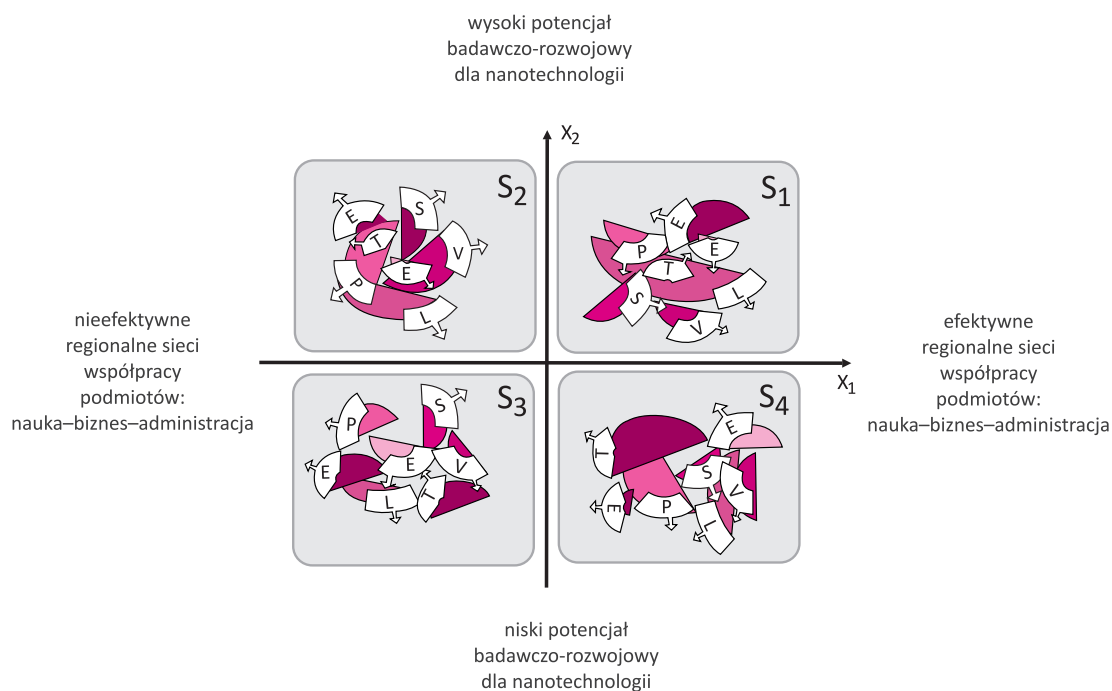
średnich, umożliwiła zidentyfikowanie czterech czynników kluczowych: *regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja* (Ekon₁), *nakłady na B+R* (Ekon₂), *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T₂) oraz *potencjał kadrowy* (S₁), (rys. 2.6).

Skonfrontowanie tych wyników z klasyfikacją czynników analizy STEEPVL pod względem ważności i niepewności zawęziło grupę czynników kluczowych do trzech ($Ekon_1$, $Ekon_2$, T_2). Czynniki te charakteryzują się stopniem niepewności tylko nieznacznie odbiegającym od średniej oraz stopniem ważności przekraczającym wartość średnią dla wszystkich czynników. Uwzględniając oddziaływania pośrednie, na grupę czynników kluczowych składają się trzy czynniki: *potencjał kadrowy* (S_1), *regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja* ($Ekon_1$) oraz *potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii* (T_2), (rys. 2.7).

Skonfrontowanie tych wyników z klasyfikacją czynników analizy STEEPVL pod wzglę-

dem ważności i niepewności zawęziło grupę czynników kluczowych do dwóch ($Ekon_1$, T_2). Czynniki *nakłady na B+R* ($Ekon_2$) został przesunięty do grupy czynników determinantów [108]. Stąd, za siły napędowe rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim można uznać *wysoki potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii oraz efektywne regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja*. W wyniku prac projektowych czynniki te zostały zarekomendowane jako osie scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim w wariantach: *wysoki versus niski potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii, efektywne versus nieefektywne regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja* (rys. 2.8).

Rys. 2.8. Przyjęte warianty osi scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim



Źródło: [108].

Jednocześnie należy podkreślić, że wyniki analizy strukturalnej są ściśle uzależnione od ocen ekspertów biorących udział w badaniu, a więc prezentują sposób, w jaki grupa eksper-

tów postrzega badany system. Zbieżne wyniki analizy strukturalnej uwzględniające oddziaływania pośrednie z wynikami uwzględniającymi oddziaływania pośrednie potencjalne prze-

mawiają za brakiem różnic w percepcji procesu rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim – teraz i w przyszłości.

2.3.4. Kluczowe czynniki sukcesu rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim

Wyniki analizy strukturalnej skonfrontowane z wynikami analizy STEEPVL pozwoliły na identyfikację kluczowych czynników sukcesu rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim: *wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii oraz efektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów nauka–biznes–administracja.*

Potencjał badawczo-rozwojowy odnosi się do zasobów sfery badawczo-rozwojowej regionu. Dotyczy on liczby jednostek prowadzących działalność B+R (placówki naukowe PAN, jednostki badawczo-rozwojowe, jednostki prywatne działające w sekcji PKD „Nauka”, szkoły wyższe, jednostki obsługi nauki, jednostki rozwojowe przedsiębiorstw), liczby zatrudnionych w nich pracowników, a także ponoszonych przez te jednostki nakładów na działalność badawczo-rozwojową. Potencjał badawczo-rozwojowy regionu jest jednym z niezbędnych warunków rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Stanowi on bazę naukową dla tego rozwoju, dostarczając koniecznych zasobów kadrowych i instytucjonalnych [105]. Pożądanym, wysokim poziomem potencjału badawczo-rozwojowego dla rozwoju nanotechnologii w województwie to:

- wysoki poziom infrastruktury B+R w regionie;
- wysoki stan badań wdrożeniowych;
- wysoki stan transferu technologii z nauki do gospodarki regionu;
- wysoki stan wykorzystania nanotechnologii w gospodarce regionu.

Przeprowadzona analiza wskazuje, że – przy ogólnie niskim potencjale polskiego sektora B+R – pozycja województwa podlaskiego jest gorsza od większości województw. Niski potencjał badawczo-rozwojowy regionu może uniemożliwić rozwój nowoczesnych technologii i stać się kluczowym hamulcem rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Stąd, należy podjąć wszelkie działania na rzecz budowania potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii. Dobrymi przykładami

budowania potencjału są: utworzenie Centrum Syntezy i Analizy BioNanoTechno Uniwersytetu w Białymstoku, czy też zaliczenie nanotechnologii do preferowanych branż w Białostockim Parku Naukowo-Technologicznym.

Sieci współpracy triady nauka–biznes–administracja charakteryzują poziom i kierunki rozwoju współpracy pomiędzy podmiotami triady. Efektywne sieci powiązań pomiędzy sektorem przemysłu, uczelniami a instytucjami władzy lokalnej warunkują między innymi komercjalizację wyników badań naukowych, zapewniając upowszechnianie najlepszych praktyk, wspomagając realizowanie innowacyjnej działalności gospodarczej [105]. Pożądane, efektywne regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja powinny charakteryzować:

- wysoki poziom zaufania jakim darzą się wzajemnie podmioty z otoczenia nauki, biznesu i administracji w zakresie wspierania działań innowacyjnych na rzecz rozwoju społeczno-gospodarczego regionu;
- otwartość instytucji lokalnych i samorządowych na wspieranie działań podmiotów wdrażających nanotechnologie;
- dostrzeganie przez przedstawicieli biznesu potrzeby współpracy ze sferą B+R;
- niski poziom zbiurokratyzowania decyzji administracyjnych;
- inspirowanie przez przedstawicieli nauki przedsiębiorstw w zakresie nowych inicjatyw;
- wysoki stopień kooperacji nauki–biznesu–administracji.

Pozytywnymi przykładami kooperacji w triadzie nauka–biznes–administracja w regionie są między innymi takie inicjatywy, jak: Akcelerator innowacji, kooperacji i przedsiębiorczości akademickiej, Talenty XXI wieku realizowane w ramach Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego, Akademicki Inkubator Przedsiębiorczości i Wybranych Nowych Technologii Politechniki Białostockiej, projekt Wsparcie współpracy kadr nauki i biznesu województwa podlaskiego realizowany przez Politechnikę Białostocką, Podniesienie potencjału uczelni wyższych jako czynnik rozwoju gospodarki opartej na wiedzy realizowany przez Politechnikę Białostocką i Wyższą Szkołę Administracji Publicznej, Dydaktyka i praktyka kluczem do przyszłości zrealizowany na Wydziale Ekonomii i Zarządzania Uniwersytetu

w Białymstoku, czy też projekt Wspieramy praktyków – współpraca nauka-biznes realizowany przez Wyższą Szkołę Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży.

W praktyce krajów wysoko rozwiniętych powstało wiele organizacji non-profit, zrzeszających podmioty sektora biznesu, nauki i administracji w celu współpracy na rzecz rozwoju nowych technologii, w tym nanotechnologii. Interesującą inicjatywą współpracy w ramach różnych sektorów jest powstała w Quebec organizacja non-profit pod nazwą Nano-Quebec.

Organizacja ta, poza licznymi przedsiębiorstwami z sektora biznesu oraz aktywnego uczestnictwa naukowców z lokalnych uniwersytetów, zrzesza również rządowe agencje do spraw rozwoju ekonomicznego, które zapewniają stałe wsparcie finansowe w tworzeniu nowych technologii [105].

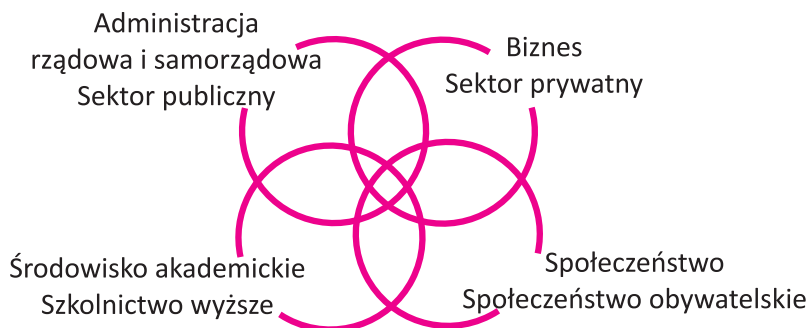
Rozwój efektywnych sieci współpracy może być istotnie wsparty koncepcją potrójnej helisy (*triple helix concept*) [49] bądź jej modyfikacji, czyli poczwórnej helisy (*quadruple helix concept*), (rys. 2.9).

Rys. 2.9. Koncepcja potrójnej i poczwórnej spirali

Model potrójnej helisy



Model poczwórnej helisy



Źródło: [39].

Koncepcja potrójnej helisy wskazuje na trzy główne elementy: (i) istotną rolę uczelni wyższych w tworzeniu innowacji na równi z przemysłem oraz administracją rządową i samorządową w społeczeństwie wiedzy; (ii) zwrot ku współpracy pomiędzy nauką, biznesem i administracją, gdzie polityka innowacyjna jest rezultatem interakcji, a nie wytycznymi płynącymi ze strony administracji rządowej i samorządowej, (iii) poza pełnieniem tradycyjnych funkcji, każda instytucjonalna sfera przejmuje również rolę pozostałych odgrywa-

jąc tym samym nowe role. Instytucje pełniące nietradycyjne role są postrzegane jako główne źródło innowacji. Dopełnieniem koncepcji potrójnej spirali jest tak zwana koncepcja poczwórnej spirali [1]. Celem tej koncepcji jest podkreślanie funkcji inwestycji w mechanizmie transferu innowacji w sektorach wysokich technologii uwypuklając role: uniwersytetów i technologicznej infrastruktury, przedsiębiorstw i innowacji, instytucji rządowych i samorządowych oraz społeczeństwa obywatelskiego.

3. Priorytetowe nanotechnologie dla województwa podlaskiego w kontekście trajektorii naukowo-badawczych

3.1. Kluczowe trajektorie naukowo-badawcze w zakresie nanotechnologii

Badania naukowe poprzez rozwój innowacyjności i podnoszenie konkurencyjności regionu stanowią podstawę rozwoju społeczno-gospodarczego. W związku z tym, jednym z celów realizowanego projektu było wytypowanie takich kierunków badań, które wskazywałyby na priorytety polityki naukowo-badawczej i jednocześnie znalazłyby aprobatę społeczeństwa oraz władz regionu. Wyniki tych analiz, do których odniesiono się w poniższych charakterystykach odwołują się do dwóch opracowań sporządzonych w ramach projektu „*Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>*”. *Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*” [29, 58].

Na proces badawczy związany z identyfikacją priorytetowych kierunków badań dla rozwoju województwa podlaskiego składało się sześć zadań badawczych:

1. Opracowanie wstępnego katalogu kierunków badań.
2. Opracowanie kryteriów oceny kierunków badań.
3. Wyłonienie kluczowych kierunków badań.
4. Opracowanie założeń priorytetyzacji kierunków badań.
5. Priorytetyzacja kierunków badań.
6. Sporządzenie katalogu priorytetowych kierunków badań w ramach obszarów badawczych.

Poszczególne zadania badawcze były wykonywane sekwencyjnie, a ich rezultaty stanowiły informację wejściową dla kolejnych zadań badawczych. Efektem końcowym było opracowanie bazy kluczowych kierunków badań w zakresie nauk podstawowych i stosowanych wraz z ich priorytetyzacją.

Priorytetyzacja kierunków badań miała na celu uszeregowanie listy kluczowych kierunków badań z uwzględnieniem przyjętych czynników wpływających na rozwój danego kierunku badań oraz wskazanie kierunków badań, które mają szansę zaistnieć w województwie podlaskim w pierwszej kolejności. Analizy były prowadzone dla dwóch grup kierunków badań: badań podstawowych i stosowanych. Zidentyfikowane na potrzeby monografii *Nanonauka na rzecz rozwoju województwa podlaskiego* [58] priorytetowe kierunki badań podstawowych zostały uszczegółowione i przyporządkowane do pięciu obszarów badawczych. Wyniki przedstawiono w tab. 3.1.

Poniżej przedstawiono charakterystykę głównych obszarów badawczych i przypisanych im priorytetowych kierunków badawczych w zakresie nanotechnologii. Podstawowym źródłem informacji były karty opisu kierunków badań sporządzone przez ekspertów dziedzinowych [29].

Tab. 3.1. Obszary badawcze i priorytetowe kierunki badań podstawowych

Obszar badawczy 1	Nanoelektronika i optoelektronika
Kierunek badań 1	Poszukiwanie nowych zjawisk wynikających z oddziaływania grafenu z polami elektromagnetycznymi
Obszar badawczy 2	Medycyna regeneracyjna
Kierunek badań 2	Rozwój metod wytwarzania nanomateriałów dla wspomagania regeneracji tkanek
Kierunek badań 3	Opracowanie inteligentnych implantów
Kierunek badań 4	Mechanizmy resorpcji implantów
Obszar badawczy 3	Nanotechnologie dla zwalczania chorób, stanów zapalnych i nowotworów
Kierunek badań 5	Opracowanie skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nie oddziałujących negatywnie na środowisko
Kierunek badań 6	Rozwój teranostyki: nanotechnologii dla terapii i diagnostyki
Obszar badawczy 4	Badanie oddziaływań nanomateriałów i komórek lub tkanek
Kierunek badań 7	Doskonalenie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych
Kierunek badań 8	Procesy zarodkowania nanokryształów, zjawiska ich oddziaływania między sobą oraz innymi materiałami
Kierunek badań 9	Oddziaływanie tkanek z warstwami o sterowanej nanostrukturze i optymalizacja adhezji
Kierunek badań 10	Badanie mechanizmów wzrostu i degradacji nanowarstw
Obszar badawczy 5	Oddziaływania nanocząstek na środowisko naturalne
Kierunek badań 11	Rozwój metod badania oddziaływania nanocząstek na środowisko naturalne
Kierunek badań 12	Rozwój metod badania oddziaływania nanocząstek na człowieka w jego środowisku

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 3.2. Obszary badawcze i priorytetowe kierunki badań stosowanych

Obszar badawczy 1	Implanty medyczne i medycyna regeneracyjna
Kierunek badań 1	Poprawa parametrów mechanicznych implantów medycznych
Kierunek badań 2	Resorbowalne implanty spełniające oczekiwania lekarzy i pacjentów
Kierunek badań 3	Tworzenie nanostruktur gradientowych i hierarchicznych
Kierunek badań 4	Poprawa przyczepności powłok implantów oraz obniżanie temperatury procesu ich tworzenia

Źródło: opracowanie własne.

OBSZARY I KIERUNKI BADAŃ PODSTAWOWYCH

Obszar badawczy 1	Nanoelektronika i optoelektronika
Kierunek badań 1	Poszukiwanie nowych zjawisk wynikających z oddziaływania grafenu z polami elektromagnetycznymi

Poszukiwanie nowych zjawisk wynikających z oddziaływania grafenu z polami elektromagnetycznymi – grafen ze względu na swoje niezwykle właściwości elektryczne (między innymi wysoką ruchliwość nośników ładunku i możliwość modyfikacji struktury elektronowej) stwarza możliwości urzeczywistnienia idei elektroniki molekularnej takiej, w której do wytwarzania elementów elektronicznych i ich układów wykorzystuje się pojedyncze cząsteczki. Przyszłościowe kierunki badań dotyczą opracowania metod kontrolowanej syntezy grafenu; projektowania i kontrolowania nanostruktury i właściwości różnych form grafenu; charakteryzacji struktury i właściwości fizycznych grafenu; projektowania i wytwarzania elementów elektronicznych na bazie grafenu. Potencjalne nowe obszary zastosowań związane są z projektowaniem nowych tranzystorów, układów scalonych i pamięci o „wiecznej” trwałości, procesów polarnych o częstotliwościach powyżej 100 GHz, ekranów dotykowych, układów LCD i plazmowych oraz folii chroniących je przed uszkodzeniami mechanicznymi, organicznych diod fotoluminescencyjnych oraz kondensatorów.

Obszar badawczy 2	Medycyna regeneracyjna
Kierunek badań 2	Rozwój metod wytwarzania nanomateriałów dla wspomaganie regeneracji tkanek
Kierunek badań 3	Opracowanie inteligentnych implantów
Kierunek badań 4	Mechanizmy resorpcji implantów

Rozwój metod wytwarzania nanomateriałów dla wspomaganie regeneracji tkanek – medycyna regeneracyjna stawia sobie za zadanie regenerację tkanki ludzkiej i leczenie jej znacznych ubytków. Przykładami są regeneracja skóry, włókien nerwowych, tkanki kostnej po urazach lub operacjach chirurgicznych. Badania mogą się opierać na opracowaniu mate-

riałów stanowiących rusztowania dla tkanki, która ma być odtworzona. Rusztowania to materiały, korzystnie resorbowalne, tworzące pomost, na którym mogą się rozprzestrzeniać komórki regenerowanej tkanki.

Opracowanie inteligentnych implantów – przedmiotem badań są implanty wykorzystujące inteligentne materiały. Badania nad tymi materiałami są następnym krokiem wynikającym z ogromnego sukcesu jaki odniosło zastosowanie nanomateriałów podnoszących efektywność osłonową bariery immunologicznej organizmów ludzkich oraz w zastosowaniach biobójczych (na przykład bakteriobójczych i grzybobójczych, a także hamujących podział wirusów, na przykład koloidalne, niejonowe nanosrebro, tlenku cynku, tytanu). Ich zastosowanie stało się ekonomicznie zasadne w wyniku zwiększenia powierzchni czynnej (koloidów) preparatu oraz możliwości lepszego dotarcia do zainfekowanego obszaru.

Mechanizmy resorpcji implantów – implanty medyczne często stosowane są dla umożliwienia regeneracji tkanek, na przykład kostnej, skóry czy nerwów. Przykładowo, śruby ortopedyczne unieruchamiają kości zanim nie nastąpi ich zrost. Jednak po wypełnieniu swojej funkcji implant może działać niekorzystnie na organizm człowieka. Dlatego poszukiwane są implanty resorbowalne po wykonaniu swojego zadania. Prace nad takimi implantami są na początkowym etapie badań. Zadania technologiczne to sterowanie kinetyką resorpcji oraz zapobieżenie szkodliwym skutkom resorpcji dla organizmu. Warunkiem osiągnięcia tych celów jest poznanie mechanizmów resorpcji.

Obszar badawczy 3	Nanotechnologie dla zwalczania chorób, stanów zapalnych i nowotworów
Kierunek badań 5	Opracowanie skutecznych środków antybakteryjnych, antywirusowych i grzybobójczych nie oddziałujących negatywnie na środowisko
Kierunek badań 6	Rozwój teranostyki: nanotechnologii dla terapii i diagnostyki

Opracowanie skutecznych środków antybakteryjnych, antywirusowych i grzybobójczych nie oddziałujących negatywnie na środowisko – badania koncentrują się na poszukiwaniu nowych nanokoloidów i nowych nanopokryć materiałowych (badania związane z nanokoloidalnymi roztworami metali, zwłaszcza szlachetnych oraz różnego rodzaju nanopokryć materiałowych).

kryć o właściwościach bakteriobójczych i grzybobójczych w celu różnorodnych zastosowań w przemyśle spożywczym (dodatki do produktów i opakowań), w przemyśle drzewnym, medycynie (w tym bardzo intensywne prace nad zastosowaniami w protetyce, stomatologii, farmacji), wyposażeniu domów oraz obiektów użyteczności publicznej (na przykład szpitale, przychodnie). Jednak szerokie rozpowszechnienie nanocząstek antybakteryjnych może spowodować wzrost ich koncentracji w środowisku naturalnym. Wynikają z tego ważne nurty badań: koncentracja nanocząstek w środowisku, źródła ich pochodzenia oraz wpływ na środowisko naturalne oraz skuteczne stosowanie nanocząstek i nanomateriałów do likwidacji bakterii, grzybów i wirusów w produktach i konstrukcjach.

Rozwój teranostyki: nanotechnologii dla terapii i diagnostyki – kierunek dotyczy metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych – wytwarzanie nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych podyktowane jest wzrastającą i coraz bardziej szeroką potrzebą zastosowania nanomateriałów do aplikacji biomedycznych. W przypadku nowoczesnego podejścia do diagnostyki i leczenia chorób nowotworowych, nanocząstki stanowią efektywny system wybiórczego docierania do wybranych, zmienionych nowotworowo komórek, z pominięciem komórek zdrowych. Jest to możliwe, dzięki specyficznym białkom błony komórkowej. Prowadzone prace powinny obejmować: wytwarzanie nanocząstek oraz ich modyfikację, poprzez pokrywanie ich powierzchni czynnikami strukturalnymi, pozwalającymi na: zwiększenie tolerancji organizmu na obecność nanocząstek (wydłużenie czasu wychwycenia przez elementy układu immunologicznego); działanie terapeutyczne polegające na uwolnieniu leku bezpośrednio do zmienionych nowotworowo komórek, minimalizując w ten sposób efekty uboczne terapii – wpływ na zdrowe komórki/tkanki organizmu.

Obszar badawczy 4	Badanie oddziaływań nanomateriałów i komórek lub tkanek
Kierunek badań 7	Doskonalenie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych
Kierunek badań 8	Procesy zarodkowania nanokryształów, zjawiska ich oddziaływania między sobą oraz innymi materiałami
Kierunek badań 9	Oddziaływanie tkanek z warstwami o sterowanej nanostrukturze
Kierunek badań 10	Badanie mechanizmów wzrostu i degradacji nanowarstw

Doskonalenie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych

– nanocząstki to cząstki materii o średnim rozmiarze poniżej 100 nm. Jednak w medycynie stosuje się też cząstki większe, ale o złożonej strukturze kształtowanej w skali nanometrów. Poszukiwane dla zastosowań są nowe cechy w porównaniu z cząstkami o większych rozmiarach. Dla aplikacji biomedycznych ważne jest to, że mają znacznie mniejsze rozmiary niż biostuktury w organizmie, jak na przykład komórki i naczynia krwionośne. Poszukiwane są nanocząstki, których powierzchnia jest tak modyfikowana, aby gromadziły się one w pobliżu określonych tkanek, albo nie były zatrzymywane przez membrany w organizmie. Wykorzystywane są one do znakowania tkanek poprzez swoje właściwości optyczne lub magnetyczne albo w terapii jeśli przenoszą one leki. Odpowiednio do tych funkcji konieczna jest funkcjonalizacja nanocząstek, czyli modyfikacja ich nanostruktury i powierzchni odpowiednio do zadań.

Procesy zarodkowania nanokryształów, zjawiska ich oddziaływania między sobą oraz innymi materiałami

– nanocząstki mają wysoką wartość w zastosowaniach jedynie wtedy, gdy charakteryzują się nowymi cechami w stosunku do zwykłych cząstek, wynikających z kształtu i rozmiarów w skali 1-100 nm. Cechy te dla zastosowań powinny być powtarzalne i regulowane. To z kolei wymaga wiedzy o procesach ich tworzenia: syntezy i wzrostu. Jest ona daleko niewystarczająca, co skutkuje znaczną czasochłonnością i znacznymi kosztami prac nad technologią prowadzonymi metodą prób i błędów.

Nanocząstki wykazują swoje właściwości w zastosowaniach najczęściej przez ich wpływ na materiały, w których są one osadzone.

Zadanie połączenia nanocząstek z innym materiałem wymaga modyfikacji powierzchni nanocząstek tak, aby preferencyjnie łączyły się one z materiałem, a nie pomiędzy sobą.

Oddziaływanie tkanek z warstwami o sterowanej nanostrukturze – w wielu wypadkach komórki w różny sposób oddziałują z konwencjonalnymi materiałami i nanomateriałami. Jest to szansa dla nanotechnologii, gdyż stwarza możliwość radykalnych udoskonaleń w technologii implantów, kateterów, materiałów opatrunkowych. Wykorzystanie potencjału nanotechnologii wymaga lepszego poznania zjawisk oddziaływania tkanek i nanowarstw.

Badanie mechanizmów wzrostu i degradacji nanowarstw w zastosowaniach biomedycznych – jednym z najważniejszych obszarów zastosowań nanotechnologii w medycynie jest modyfikacja materiałów przez tworzenie na nich nanowarstw. Zastosowania to na przykład hydrofobowość lub hydrofiliczność, zwiększenie twardości, zmiana współczynnika tarcia, antybakteryjność, odporność na korozję. Część z tych cech dotyczy też materiałów o zastosowaniach w innych niż medycyna dziedzinach, na przykład opakowania, warstwy ochronne przed wpływem czynników atmosferycznych. Optymalizacja warstw wymaga lepszego poznania mechanizmów ich wzrostu i degradacji.

Obszar badawczy 5	Oddziaływania nanocząstek na środowisko naturalne
Kierunek badań 11	Rozwój metod badania oddziaływania nanocząstek na środowisko naturalne
Kierunek badań 12	Rozwój metod badania oddziaływania nanocząstek na człowieka w jego środowisku

Rozwój metod badania oddziaływania nanocząstek na środowisko naturalne – Badania koncentrują się na badaniu potencjalnego oddziaływania nanoproduktów i nanotechnologii na środowisko przyrodnicze – zarówno w kontekście oddziaływania pozytywnego, jak i negatywnego na jakość środowiska rozumianą jako czystość środowiska i zachowanie jego bogactwa. Przyszłe kierunki badań dotyczą również badania możliwości wykorzystania nanoproduktów i nanotechnologii w działaniach na rzecz ochrony środowiska przyrodniczego i wzrostu bezpieczeństwa ekologicznego, wskazując na rolę nanotechnologii w utrzymaniu równowagi ekologicznej.

Rozwój metod badania oddziaływania nanocząstek na człowieka w jego środowisku – badania dotyczą potencjalnego oddziaływania nanoproduktów i nanotechnologii na zdrowie człowieka, w aspekcie wykorzystania nanotechnologii w ochronie zdrowia, zagrożeń zdrowia związanych ze środowiskiem pracy w sektorze nanotechnologii, zagrożeń zdrowia konsumentów związanych z użytkowaniem nanoproduktów, umiejętności proekologicznego użytkowania nanoproduktów przez konsumentów.

OBSZARY I KIERUNKI BADAŃ STOSOWANYCH

Obszar badawczy 1	Implanty medyczne i medycyna regeneracyjna
Kierunek badań 1	Poprawa parametrów mechanicznych implantów medycznych
Kierunek badań 2	Resorbowalne implanty spełniające oczekiwania lekarzy i pacjentów
Kierunek badań 3	Tworzenie nanostruktur gradientowych i hierarchicznych
Kierunek badań 4	Poprawa przyczepności powłok implantów oraz obniżanie temperatury procesu ich tworzenia

Poprawa parametrów mechanicznych implantów medycznych – kierunek badań dotyczy modyfikacji struktury w kontekście poprawy właściwości mechanicznych. Nanomodyfikacje mogą dotyczyć całej objętości materiału lub tylko jego warstwy wierzchniej. W pierwszym przypadku głównym zadaniem modyfikacji jest rozdrobnienie wielkości ziarna do skali nanometrycznej w celu poprawy właściwości mechanicznych (ma to szczególne znaczenie w przypadku implantów wykonanych z czystego tytanu). Efektem realizowanych badań będzie minimalizacja skutków ubocznych implantów medycznych; zapewnienie ich trwałości przez czas życia pacjenta. Przyszłe badania powinny dotyczyć również zapewnienia biogodności implantu i tkanki ludzkiej; zmniejszeniu zużycia i korozji oraz nadania dodatkowych funkcji. Modyfikacje warstw wierzchnich obejmują względnie szeroki wachlarz technologii obróbek powierzchniowych, których celem jest poprawa biogodności i innych cech funkcjonalnych implantów.

Resorbowalne implanty spełniające oczekiwania lekarzy i pacjentów – perspektywicz-

ny kierunek badań w obszarze inżynierii biomateriałów, o dużym potencjale poznawczym i aplikacyjnym. Badania dotyczą obszaru tak zwanej medycyny regeneracyjnej wykorzystującej najnowsze podejście w leczeniu ubytków tkanek. Zakłada się w niej wykorzystanie sztucznych materiałów (głównie biodegradowalnych polimerów lub kompozytów), które początkowo pełnią funkcję rusztowań dla komórek, by w efekcie końcowym ulec biodegradacji, pozostawiając w pełni zregenerowaną naturalną tkankę. Dla medycyny regeneracyjnej w szczególności przydatne są nanomateriały i związane z nimi nanotechnologie w postaci nanoproszków bioceramik pełniących rolę wzmocnienia biodegradowalnej osnowy lub nanowłókien wspomagających proces tworzenia naczyń krwionośnych. Przyszłe obszary zastosowań dotyczą zespolenia złamań kości, stomatologii oraz materiałów dla inżynierii tkankowej (*scaffolds*).

Tworzenie nanostruktur gradientowych i hierarchicznych – nanotechnologia stwarza nowe możliwości kształtowania struktur materiałów przez zmianę składu warstw w miarę oddalania się od powierzchni (struktura gradientowa). Wykorzystuje się wtedy nowe cechy materiałów, w których oddziałują ze sobą nanowarstwy różnych materiałów. Kolejnym etapem rozwoju nanostruktur gradientowych są struktury hierarchiczne, gdzie poszczególne układy nano i nanomikromateriałów tworzą struktury wyższego rzędu, naśladując przyrodę, jak na przykład budowę skrzydła motyla czy pancerzy owadów. Skutkiem tego są nie-

zwykle skuteczne działania w kierunku połączenia cech: wytrzymałość i lekkość oraz kolor.

Poprawa przyczepności powłok implantów oraz obniżanie temperatury procesu ich tworzenia – tworzenie implantów z wykorzystaniem nanotechnologii wymaga zastosowania niskotemperaturowych metod produkcji. W przypadku implantów polimerowych granicą jest temperatura degradacji polimeru. W przypadku implantów metalicznych lub ceramicznych, temperatura nie powinna przekraczać 0,3 temperatury topnienia. Wysokie temperatury powodują przekształcenie nanostruktury w materiał konwencjonalny. Jednak wymagane jest, aby powłoki i nanostruktury były odpowiednio trwale związane z osnową. Pogodzenie tych sprzecznych tendencji to wyzwanie technologiczne i naukowe.

Za priorytetowe kierunki badań uznano te kierunki, w których poddawany ocenie poziom trudności badań gwarantuje relatywnie wysokie prawdopodobieństwo osiągnięcia zakładanych celów badawczych.

Proces badawczy dotyczący kierunków badań podstawowych i stosowanych uzupełniono konsultacjami z ekspertami z danej dziedziny. W wyniku tych prac określono, że rozwój wyżej wymienionych kierunków badań warunkują takie kwalifikacje jak: wiedza w zakresie fizyki, biochemii i biologii molekularnej; wiedza w zakresie modyfikacji procesu technologicznego w kontekście poprawy właściwości; umiejętność charakteryzowania struktury materiałów implantów i interpretacji wyników badań; umiejętności marketingowe; znajomość rynku i regulacji prawnych.

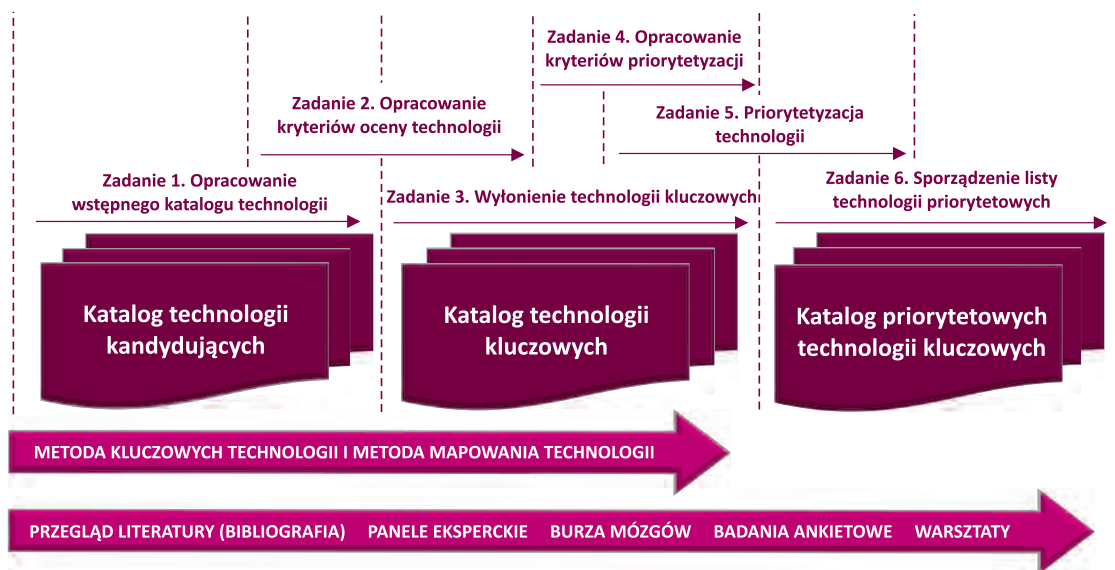
3.2. Metodyka wyznaczania technologii priorytetowych

Sporządzenie katalogu technologii priorytetowych zostało poprzedzone sekwencyjnym ciągiem zadań badawczych: (i) opracowaniem wstępnego katalogu technologii; (ii) opracowaniem kryteriów oceny technologii; (iii) wyłonieniem technologii kluczowych; (iv) opracowaniem kryteriów priorytetyzacji technologii; (v) priorytetyzacją technologii. Operacjonalizacja metodyki badawczej została zaprezentowana na rys. 3.1.

Lista nanotechnologii kandydujących do miana technologii kluczowych została sporządzona na podstawie wiedzy eksperckiej licznego grona ekspertów zaproszonych do udziału w projekcie. Wykaz technologii kandydujących jest dostępny w opracowaniu [106].

Wybór listy kryteriów oceny technologii kandydujących został oparty na analizie stosowanych kryteriów oceny technologii opisywanych w literaturze. Zidentyfikowano dwie gru-

Rys. 3.1. Schemat operacjonalizacji metodyki badawczej Panelu mapowania technologii i kluczowych technologii w zakresie utworzenia priorytetowych technologii kluczowych



Źródło: [104].

py kryteriów wykorzystywanych na potrzeby oceny technologii: odnoszące się do wykonalności oraz odnoszące się do atrakcyjności. Poprzez wykonalność należy rozumieć możliwość realizacji nanotechnologii, jej potencjał badawczo-technologiczny oraz potencjał do absorpcji korzyści społeczno-gospodarczych. Atrakcyjność wyraża się poprzez generowane przez rozwój danej nanotechnologii korzyści społeczno-gospodarcze oraz szanse naukowo-techniczne [106].

Wyboru technologii kluczowych dokonano na podstawie ocen eksperckich w zakresie ich atrakcyjności i wykonalności. Wykaz technologii kluczowych zaprezentowano w tab. 3.3.

Jako narzędzie priorytetyzacji technologii zastosowano zmodyfikowany (rozszerzony) system oceny poziomu gotowości technologicznej – *Technology Readiness Level* (TRL), [106], polegający na systematycznym sprawdzaniu

poziomu rozwoju technologii w celu obniżenia ryzyka niepowodzenia jej dalszego rozwoju [85, 106]. Zakłada on ocenę gotowości technologii przez przyporządkowanie jej do jednego z 10 zdefiniowanych poziomów. Szczegółową charakterystykę każdego poziomu technologicznego przedstawiono w tab. 3.4.

Poszczególne poziomy odzwierciedlają kolejne fazy rozwoju, w których znajduje się dana technologia.

POZIOM 1 – ZAOBSERWOWANIE I ODNOTOWANIE PODSTAWOWYCH PRAW I ZASAD

Najniższy poziom dojrzałości technologii. Badania naukowe zaczynają być przekładane na badania stosowane i rozwojowe, na przykład badania podstawowych właściwości materiałów, badania technicznego zjawiska, definicja koncepcji technicznej.

Tab. 3.3. Wykaz kluczowych technologii

Obszar badań	Kategoria	Technologia
PRZEMYSŁ DRZEWNY	Nanomateriały z drewna i roślin	Produkcja nanocelulozy
	Nanotechnologie dla przetwórstwa i ochrony drewna	Nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna
		Nanotechnologie dla ochrony drewna (mechanicznej, fizycznej, chemicznej, biologicznej)
MEDYCYNĄ	Nanocząstki dla medycyny, terapia, diagnostyka, teranostyka	Technologie nanoproszków do zastosowań biomedycznych
		Produkcja biokosmetyków i leczniczych specyfików ziołowych w nanośnikach
	Nanorusztowania dla medycyny regeneracyjnej	Technologie regeneracji tkanek w oparciu o nanomaterię
		Produkcja implantów układu kostnego
	Nanokompozyty dla ortopedii i stomatologii	Materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne
		Kompozytowy materiał na bazie stopów tytanu z wypełniaczem węglowym do zastosowań w połączeniach kinematycznych implantów dokostnych
Nanowarstwy dla medycyny	Nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym	
	Nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych	
	Wytwarzanie warstw i powłok o strukturze nanometrycznej z wykorzystaniem hybrydowych metod PVD	
PRZEMYSŁ ODZIEŻOWY	Nanowłókna (z nanostruktury powierzchniowej lub objętościowej) dla przemysłu tekstylnego	Produkcja nanotkanin do specjalnych zastosowań
		Nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi np. materiały opatrunkowe
		Zbrojenie materiałów polimerowych nanowłóknami
BUDOWNICTWO I KONSTRUKCJE	Nanokompozyty -polimerowe	Zbrojenie ceramiki budowlanej nanowłóknami w różnym składzie chemicznym
		Technologie proszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów
ROLNICTWO I PRZEMYSŁ SPOŻYWCZY	Nanotechnologie dla bezpieczeństwa żywności	Nanotechnologie w produkcji opakowań żywności
		Nanowarstwowe powłoki antybakteryjne dla aparatury produkcyjnej przemysłu spożywczego
OCHRONA ŚRODOWISKA	Nanomembrany dla ochrony środowiska	Technologia wytwarzania nanostrukturalnych filtrów włókninowych do oczyszczania gazów i cieczy
		Nanomembrany do oczyszczania wody
PRZEMYSŁ MASZYNOWY I TRANSPORT	Nanometale konstrukcyjne	Technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metodach dużego odkształcenia plastycznego

Źródło: [106].

Tab. 3.4. Poziomy gotowości technologicznej przyjęte w procesie priorytetyzacji



Źródło: [106].

POZIOM 2 – SFORMUŁOWANIE Koncepcji I/LUB ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII

Rozpoczęcie procesu inwencji. Kiedy podstawowe zasady zostają zaobserwowane można rozpocząć poszukiwanie pomysłów ich praktycznych zastosowań. Na tym poziomie to głównie spekulacje, które nie są poparte eksperymentalnym dowodem bądź szczegółową analizą.

POZIOM 3 – ANALITYCZNE ORAZ EKSPERYMENTALNE POTWIERDZENIE KLUCZOWYCH FUNKCJI I/LUB Koncepcji TECHNOLOGII

Inicjacja procesu badań i rozwoju. Etap ten obejmuje prace analityczne mające na celu rozpatrywanie technologii w odpowiednim kontekście oraz laboratoryjne weryfikujące poprawność analitycznych założeń. Faza ta powinna stanowić potwierdzenie koncepcji postawionej na POZIOMIE 2.

POZIOM 4 – WERYFIKACJA KOMPONENTÓW I/LUB MODELU W WARUNKACH LABORATORYJNYCH – BADANIA ROZWOJOWE

Integracja podstawowych elementów technologii w celu ustalenia poziomu i charakteru ich współdziałania. Tworzenie pierwszych modeli z użyciem często elementów tworzonych w warunkach laboratoryjnych. Otrzymywane wyniki charakteryzują się jeszcze niskim poziomem wiarygodności.

POZIOM 5 – WERYFIKACJA KOMPONENTÓW I/LUB MODELU W WARUNKACH ZBLIŻONYCH DO RZECZYWISTEGO ŚRODOWISKA – BIEŻĄCE TESTY

Połączenie podstawowych elementów technologii ze wspomagającymi elementami ze środowiska rzeczywistego, tak by całość (na poziomie komponentu, podsystemu, systemu) mogła być badana w symulowanym środowisku rzeczywistym. Wzrost wiarygodności uzyskiwanych wyników.

POZIOM 6 – BUDOWA MODELU SYSTEMU/ PODSYSTEMU LUB PROTOTYPU TECHNOLOGII W WARUNKACH ZBLIŻONYCH DO RZECZYWISTYCH

Model lub prototyp technologii testowany w warunkach laboratoryjnych o wysokim poziomie odzwierciedlenia rzeczywistości lub w symulowanym środowisku operacyjnym. Na tym poziomie może następować integracja poszczególnych technologii.

POZIOM 7 – DEMONSTRACJA PROTOTYPU TECHNOLOGII W ŚRODOWISKU OPERACYJNYM

Prototyp testowany w środowisku rzeczywistej pracy (w samolocie, pojeździe, przestrzeni).

POZIOM 8 – WDROŻENIE DOCELOWEGO SYSTEMU/PRODUKTU W ŚRODOWISKU OPERACYJNYM

Technologia sprawdziła się w ostatecznej formie i w oczekiwanych warunkach. Opracowanie ostatecznej specyfikacji. W większości przypadków to ostatnia faza rzeczywistego procesu rozwoju elementów technologii.

POZIOM 9 – WERYFIKACJA PRZEZ KONKRETNE ZASTOSOWANIA

Pierwsze faktyczne stosowanie technologii w jej ostatecznej formie.

POZIOM 10 – ZAAKCEPTOWANIE TECHNOLOGII PRZEZ RYNEK

Rozprzestrzenianie się technologii na rynku, nowe zastosowania.

Analiza uzyskanych wyników priorytetyzacji technologii pozwoliła na umiejscowienie każdej z kluczowych technologii na osi dojrzałości technologicznej, co zaprezentowano na rys. 3.2.

Jako priorytetowe, spośród kluczowych technologii, wskazano te, które uzyskały najwyższy poziom dojrzałości technologicznej. W przypadku ocen eksperckich uzyskanych na etapie priorytetyzacji technologii kluczowych były to dwie grupy technologii: na poziomie demonstracji prototypu technologii w środowisku operacyjnym, a więc w przestrzeni rzeczywistej pracy (poziom 7) oraz na poziomie budowy modelu systemu/podsystemu lub prototypu technologii testowanej w warunkach

laboratoryjnych, lecz zbliżonych do rzeczywistego środowiska działania (poziom 6).

Technologie priorytetowe wybrano na podstawie [76]:

- średniej z ocen poziomu gotowości technologicznej nadanych przez ekspertów (jako kryterium główne);
- średnich ocen z poziomu atrakcyjności technologii (według 13 kryteriów atrakcyjności) oraz wykonalności technologii (według 8 kryteriów wykonalności);
- relacji pomiędzy technologiami uwidocznonymi na mapie relacji technologii kluźowych.

Do technologii priorytetowych zaliczono:

TP1: Nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym (T20).

TP2: Materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne (T17).

TP3: Technologie nanoproszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów (T31).

TP4: Nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych (T21).

TP5: Nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna (T3).

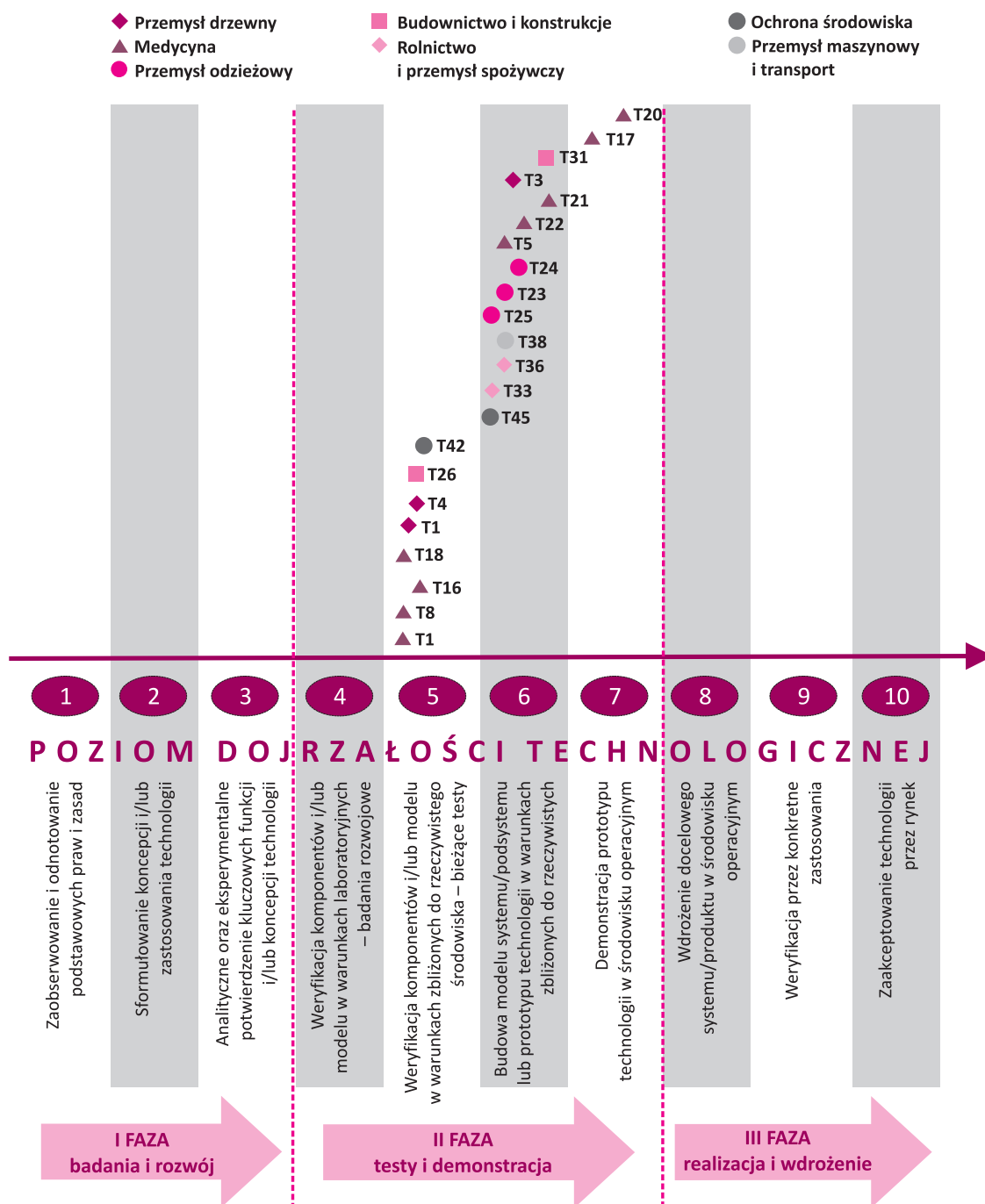
TP6: Nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi, na przykład materiały opatrunkowe i odzież sportowa (T24).

TP7: Technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności opartych na metodach dużego odkształcenia plastycznego (T38).

Trzy spośród nanotechnologii priorytetowych pochodzą z obszaru medycyny (T20, T17, T21), a pozostałe lokują się w obszarach budownictwa i konstrukcji (T31), przemysłu drzewnego (T3), przemysłu odzieżowego (T24) oraz przemysłu maszynowego i transportu (T38).

Wyłonione w wyniku przeprowadzonych badań nanotechnologie priorytetowe powinny zyskać szczególne wsparcie w polityce regionalnej, jako te, których rozwój może mieć zasadnicze znaczenie dla protechnologicznego rozwoju województwa podlaskiego [106]. Za technologie o najwyższej wadze należy uznać dwie pierwsze technologie (Nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym oraz Materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne), charakteryzujące się najwyższym poziomem dojrzałości technologicznej.

Rys. 3.2. Umieszczenie technologii kluczowych na osi dojrzałości technologicznej



Źródło: [106].

3.3. Charakterystyka technologii priorytetowych

Nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym

Nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym zostały zewidencjonowane w projekcie w obszarze medycyna, w kategorii nanowarstwy dla medycyny. Nanowarstwy i nanopokrycia to warstwy z materiału nanokrystalicznego na powierzchni drugiego materiału. Najczęściej stosowane są warstwy diamentopodobne oraz warstwy hydroksyapatytu. Nanomateriały znalazły zastosowanie w wielu obszarach medycyny takich, jak: sprzęt medyczny, stomatologia i ortopedia, chirurgia. Nanotechnologia wykorzystywana jest również w leczeniu chorób układu naczyniowego, sercowego oraz chorób nowotworowych. Istnieją dane na temat zastosowania nanomateriałów w wytwarzaniu sztucznych organów oraz protez siatekówek. Prowadzone są badania nad zapewnieniem jak najlepszej adhezji nanocząstek do podłoża, aby ich liczba nie zmniejszała się w trakcie eksploatacji lub prania. Nanomateriały znalazły również zastosowanie w pokryciu narzędzi chirurgicznych w celu między innymi zmniejszenia inwazyjności operacji. Przykładowo, nacięcia wykonane skalpelem pokrytym nanometryczną powłoką diamentu (DLC), (20-40 nm) są mniejsze i bardziej precyzyjne dzięki obniżeniu współczynnika tarcia. Ponadto, wysokie właściwości mechaniczne oraz obojętność chemiczna i biologiczna powłoki DLC zwiększają w istotny sposób żywotność narzędzia. Nanomateriały mogą również znaleźć zastosowanie w neurochirurgii. Stosowanie wewnętrznych i zewnętrznych cewników do drenażu płynu mózgowo-rdzeniowego może spowodować infekcje bakteryjne, które mogą rozprzestrzenić się do mózgu oraz opon mózgowych. Zastosowanie nanocząstek srebra jako dodatku do cewników może zapobiec zakażeniom i komplikacjom. Planowane są badania kliniczne mające potwierdzić wstępne testy. Dzięki nanotechnologii operacje chirurgiczne osiągnęły kolejny poziom precyzji.

Do głównych korzyści rozwoju nanomateriałów i nanopokryć w sprzęcie medycznym

można zaliczyć takie cechy technologii, jak: biokompatybilność, brak niepożądanych efektów implantów, ochronę przed korozją, zwiększoną trwałość narzędzi, zmniejszenie tarcia, zwiększoną odporność na korozję oraz poprawę jakości ciętych elementów. Podstawowe bariery rozwoju technologii to fragmentacja rynku oraz silna konkurencja gotowych wyrobów z innych krajów.

Alternatywne technologie to pokrycia innymi materiałami niż diament, czyli azotkiem boru, czy też tlenkiem cyrkonu, które posiadają jednak niższą twardość, biokompatybilność i odporność chemiczną niż diament.

Nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna

Nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna zostały zewidencjonowane w projekcie, w obszarze badawczym przemysł drzewny, w kategorii nanotechnologie dla przetwórstwa i ochrony drewna. Nanotechnologia dla narzędzi tnących wykorzystywanych do obróbki drewna polega na wytworzeniu metodami z grupy metod PVD nanostrukturalnych powłok azotków wieloskładnikowych Ti-Al-N, Ti-Cr-Al-N oraz powłok wielowarstwowych Cr-N/Cr-C-N na narzędziach wykonanych ze stali szybko tnącej i z węglików spiekanych. Narzędzia tnące powinny charakteryzować się następującymi cechami: wysoką twardością, która nie zmniejsza się podczas pracy w podwyższonych temperaturach, dobrą przewodnością cieplną, odpornością na utlenianie w podwyższonych temperaturach, odpornością na zmęczenie mechaniczne i cieplne. Wszystkie te wymagania spełniają narzędzia tnące pokryte powłokami o nanometrycznej strukturze. Mogą to być struktury:

- nanogradentowe, gdzie obserwuje się ciągłą zmianę składu chemicznego na szerokości warstwy;
- nanowarstwowe, o grubości około 3-10 nm każda;
- nanokompozytowe, na przykład nanokrystaliczne ziarna (Al, TiN) w amorficznej osnowie – Si_3N_4 .

Takie powłoki dodatkowo skutecznie chronią narzędzie przed zużyciem ściernym, adhezją, czy powstawaniem mikropęknięć. Metodami stosowanymi do ich wytwarzania są metody: fizycznego osadzania z fazy gazowej PVD (*physical vapour deposition*) i chemicznego osadzania z fazy gazowej CVD (*chemical vapour deposition*). Powłoki o nanometrycznej strukturze pokrywające ostrza narzędzi tnących mogą wydłużyć ich czas życia nawet o 200-1200%.

Do korzyści rozwoju nanotechnologii dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna można zaliczyć takie, jak: zwiększenie wydajności procesów obróbki drewna, poprawę jakości ciętych elementów, możliwość obróbki płyt o większych grubościach, możliwość wydajnej obróbki płyt z twardymi pokryciami laminatowymi, poprawę konkurencyjności krajowych producentów narzędzi oraz przedsiębiorstw branży drzewnej. Główne bariery rozwoju tej grupy technologii to: niska liczba specjalistycznych, kompleksowo wyposażonych centrów technologicznych z zakresu rozwoju nanotechnologii dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna, konieczność zgromadzenia profesjonalnej kadry technologów oraz problemy z akceptacją społeczną technologii wytwórczych.

Materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne

Materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne zostały zewidencjonowane w obszarze badawczym medycyna w kategorii nanokompozyty dla ortopedii i stomatologii. Materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne to materiały na bazie polimerowej (modyfikowane żywice akrylowe) z napełniaczami proszkowymi, z udziałem nanoproszków, o obniżonym skurczu polimerizacyjnym i znakomitych charakterystykach tribologicznych. Właściwości kompozytów można modyfikować wprowadzając do matrycy polimerowej nanocząstki, na przykład SiO_2 , SiN , SiC , hydroksyapatytu. Nanowypełniacz ma wpływ na właściwości użytkowe materiału stomatologicznego (polerowalność, utrzymanie połysku, ścieralność, konsystencję) i estetykę ostatecznych wypełnień (przezierność, połysk). Najczęściej wykorzystywanym nanonapełniaczem jest nanokrzemionka. Wpływa ona na obniżenie współczynnika tarcia i zużycie materiału oraz przyczynia się do zmniejszenia naprężeń powstających

podczas polimeryzacji. Ponadto, w przypadku nanocząstek SiO_2 modyfikowanych srebrem zaobserwowano właściwości bakteriobójcze. Takie nanoproszki mogą być składnikiem antybakteryjnym osnowy polimerowej nowoczesnych kompozytów do zastosowań stomatologicznych.

Metodą stwarzającą wiele możliwości syntezy nanomateriałów krzemionkowych, w tym także funkcjonalizowanych i domieszkowanych atomami metali jest metoda zol-żel. Dzięki specyfice tej metody zmieniając warunki reakcji, na przykład stosunek molowy reagentów lub wartość pH mieszaniny reakcyjnej, można otrzymać nanoproszki krzemionkowe (od bezpostaciowego kserożelu lub aerożelu poprzez materiały powłokowe i włókna do monodispersyjnych nanosfer), w sposób istotny różniące się strukturą i właściwościami fizycznymi.

Do korzyści związanych z rozwojem materiałów na stałe wypełnienia stomatologiczne można zaliczyć istnienie produktów krajowych, korzystne cechy biofunkcjonalne (między innymi charakterystyki tribologiczne) oraz konkurencyjną cenę. Główne bariery rozwoju to konkurencja koncernów zagranicznych oraz brak producentów regionalnych.

Alternatywne materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne to klasyczne materiały kompozytowe, glassjonometry oraz ormocery.

Nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych

Nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych zostały zewidencjonowane w obszarze badawczym medycyna, w kategorii nanowarstwy dla medycyny. Obejmują one względnie szeroki wachlarz technologii obróbek powierzchniowych, których celem jest poprawa biogodności i innych cech funkcjonalnych implantów. W tym celu wytwarza się warstwy tlenkowe, diamentowe (DLC), azotowane, węgielazotowane, tleno-węgielazotowane, hydroksyapatytowe, polimerowe, kompozytowe i inne.

Do wykorzystywanych technologii w szczególności zaliczyć należy:

- anodowanie w celu wytworzenia nanoporowatych warstw tlenkowych;
- metody PVD i CVD w różnych odmianach, na przykład rozpylanie jonowe, magnetronowe, Plasma-Assisted PVD (PAPVD), Pla-

sma Assisted CVD (PACVD) z użyciem różnych pól fizycznych: mikrofal (MWCVD), fal radiowych (RFCVD);

- metody hybrydowe, na przykład warstwa dyfuzyjna/powłoka PVD, warstwa azotowana/powłoka PAPVD, warstwa nawęglana/powłoka PVD, metoda hybrydowa PLD/magnetriona.

Do podstawowych korzyści związanych z rozwojem nanotechnologii warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych można zaliczyć: możliwość otrzymania pokryć o właściwościach nieosiągalnych poprzez zastosowanie standardowych metod obróbki powierzchniowej, zwiększenie trwałości pokrywanych elementów oraz bezpieczeństwo technologii z punktu widzenia ekologii. Główne bariery to konieczność zachowania dużej czystości i przestrzegania reżimu technologicznego oraz konieczność wykorzystania specjalistycznej aparatury.

Alternatywne technologie wobec nanotechnologii warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych to metody biomimetyczne. Jednak to nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych charakteryzują się możliwością precyzyjnego sterowania mikro i nanostrukturą wytwarzanych warstw, dobrą przyczepnością wytwarzanych warstw do materiału podłoża oraz możliwością pokrywania implantów o skomplikowanych kształtach.

Nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi

Nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi, na przykład materiały opatrunkowe i odzież sportowa, to technologie zewidencjonowane w obszarze przemysłu odzieżowego, w kategorii nanowłókien (z nanostruktury powierzchniowej lub objętościowej) dla przemysłu tekstylnego. Technologie te dotyczą wytwarzania z wykorzystaniem metody elektrospinningu tkanin oraz membran z modyfikowanych mikro i nanowłókien polimerowych. Elektrospinning to obecnie najskuteczniejsza metoda wytwarzania nanowłókien polimerowych. Metoda polega na przedzeniu włókien w polu elektrostatycznym z roztworu polimeru w rozpuszczalniku. Odpowiednio dobierając parametry procesu oraz kompozycje polimer/rozpuszczalnik możliwe jest wytwarzanie włókien poniżej 100 nm średnicy o różnej morfologii powierzchni (na przykład włó-

kien porowatych). Sterując parametrami procesu możliwe jest otrzymywanie tkanin o różnej gęstości włókien, jak również tkanin składających się z warstw o różnej średnicy, morfologii i gęstości, a co za tym idzie o różnych właściwościach. W procesie elektrospinningu możliwe jest modyfikowanie wytwarzanych włókien różnego rodzaju nanocząstkami, co ma na celu otrzymanie nowych właściwości. Produkowane tkaniny w zależności od potrzeb oraz rodzaju zastosowanego polimeru, średnicy włókien, ich morfologii oraz modyfikacji mogą mieć właściwości bakteriobójcze, antyodorowe, hydrofobowe lub hydrofilowe, bądź właściwości wspomagające leczenie. Tkaniny membrany produkowane z nanowłókien pozwalają na wytwarzanie odzieży wodoodpornej z jednoczesnym zapewnieniem wymiany powietrza.

Główna korzyść rozwoju nanotechnologii z tkaninami specjalnymi to uruchomienie wysoce funkcjonalnych tkanin na potrzeby przemysłu opatrunkowego i odzieżowego, będących w kręgu zainteresowania producentów odzieży sportowej, odzieży do zastosowań specjalnych, producentów materiałów medycznych oraz na potrzeby wojska i policji. Bariery rozwoju to trudności w stosowaniu tych samych komercyjnych urządzeń do elektrospinningu włókien z różnych materiałów, brak komercyjnych urządzeń do elektrospinningu na skalę przemysłową oraz wysokie zużycie rozpuszczalników w procesie elektrospinningu.

Alternatywne technologie wobec nanotechnologii związanych z tkaninami specjalnymi to *melt-blown*. W porównaniu do technologii *melt-blown*, nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi charakteryzują się stosunkowo łatwym wprowadzeniem modyfikatorów w postaci nonocząstek, możliwością stosowania szerokiej gamy polimerów oraz najniższą średnicą wytwarzanych włókien.

Technologie nanoproszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji, farb i lakierów [106]

Technologie nanoproszkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji, farb i lakierów zostały zewidencjonowane w obszarze budownictwo i konstrukcje, w kategorii nanokompozyty polimerowe. Malowanie farbami proszkowymi, pole-

ga na nakładaniu farby proszkowej o wielkości cząstek 10-100 nm na powłokę najczęściej metalową, techniką natrysku elektrostatycznego, co pozwala na uzyskanie powłoki do grubości 180 nm. Podawanie farby jest wspomagane sprężonym powietrzem, które dodatkowo wykorzystuje się do upłynnienia proszku. Podczas procesu farba nabiera cech materiału ciekłego, gdzie zawiesina proszku w powietrzu staje się mieszaniną łatwą do nałożenia. Naelektryzowane cząstki farby proszkowej, przylegają równomiernie do powierzchni pokrywanych przedmiotu. Następnie farba jest utwardzana w temperaturze od 180 do 200°C lub promieniami UV.

Do głównych korzyści rozwoju technologii proszkowych do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów zaliczyć można poprawę właściwości wytrzymałościowych, zwiększenie odporności na uderzenia, giętkość i tłoczność nakładanych powłok oraz poprawę optycznych właściwości materiału, czyli nie uleganie żółczeniu w przypadku powłok białych. Bariery rozwoju technologii proszkowych to konieczność poniesienia nakładów inwestycyjnych na zbudowanie instalacji do malowania proszkowego, ograniczenie wielkości elementów malowanych do rozmiarów komory natryskowej oraz możliwość wykorzystania technologii jedynie dla materiałów odpornych termicznie.

Alternatywne technologie wobec technologii proszkowych to malowanie natryskowe, które jednak nie dostarcza takich korzyści jak brak lotnych związków organicznych, czy też duża jednorodność pokrycia przy wysokiej efektywności wykorzystania materiałów.

Technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metodach dużego odkształcenia plastycznego [106]

Technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich zostały zewidencjonowane w projekcie w obszarze przemysł maszynowy i transport, w kategorii nanometale konstrukcyjne. Metody dużego odkształcenia plastycznego (*Severe Plastic Deformation* – SPD) opierają się na koncepcji przekształcenia mikrometrycznej struktury ziarnistej konwencjonalnych materiałów metalicznych w strukturę

nanometryczną przez reorganizację struktury dyslokacyjnej tworzącej się w wyniku odkształcenia plastycznego. Dla małych wartości odkształcenia defekty generowane w materiale, głównie dyslokacje, rozmieszczone są przypadkowo. Po przekroczeniu pewnego krytycznego odkształcenia ulegają one przegrupowaniu tworząc ściany dyslokacyjne, komórki oraz pasma ścinania. Wraz ze wzrostem wartości odkształcenia zmniejszają się odległości pomiędzy granicami ziarn a w efekcie powstaje struktura złożona z ziarn o nanometrycznych wielkościach i dużych kątach dezorientacji granic ziarn. Rozdrobnienie ziarna do rozmiarów nanometrycznych wpływa na właściwości mechaniczne metalu, a zwłaszcza jego wytrzymałość. Zgodnie z zależnością Halla-Petcha można spodziewać się znacznego wzrostu wytrzymałości materiału wraz ze zmniejszaniem się średniej średnicy ziarn.

Do głównych korzyści rozwoju technologii nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności opartych na metodach dużego odkształcenia plastycznego zaliczyć można zmniejszenie masy i wymiarów elementów konstrukcyjnych przy zachowaniu ich wysokich właściwości wytrzymałościowych, co stwarza nowe możliwości rynkowe. Główne bariery obejmują koszty eksploatacji urządzeń do realizacji procesów SPD, małe rozmiary produktów, niską stabilność termiczną otrzymanych nanometali, wysokie koszty uruchomienia produkcji oraz problemy z chłodzeniem podczas procesów SPD.

Alternatywne technologie wobec technologii nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich to techniki bottom-up (konsolidacja plastyczna nanoproszków, hip, krystalizacja szkielek metalicznych, osadzanie z fazy gazowej CVD, PVD).

Alternatywne technologie charakteryzują się mniejszym zakresem obrabianych materiałów oraz nie zapewniają stałego składu chemicznego.

W opinii wykonawców projektu powyższa charakterystyka może stanowić cenny materiał informacyjny z uwagi na fakt, że dostępna wiedza na temat nanotechnologii jako czynnika decydującego o rozwoju potencjału technologicznego jest w dużym stopniu ograniczona. Każda informacja może więc przyczynić się do zmniejszenia ryzyka porażki rynkowej.

3.4. Trajektorie naukowo-badawcze związane z priorytetowymi nanotechnologiami

Na potrzeby tworzenia marszrut rozwoju nanotechnologii zwrócono się do ekspertów o wskazanie kierunków badań niezbędnych do realizacji, które odnoszą się do zidentyfikowanych priorytetowych technologii. Dla każdej

priorytetowej nanotechnologii zostały wskazane kierunki badań podstawowych oraz kierunki badań stosowanych (łącznie z przemysłowymi). Wyniki zaprezentowano w tab. 3.5.

Tab. 3.5. Zestawienie kierunków badań niezbędnych do realizacji priorytetowych nanotechnologii

Technologia	PRIORYTETOWE TECHNOLOGIE I KIERUNKI BADAŃ
Nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym	Badania podstawowe
	Procesy tworzenia nanowarstw
	Oddziaływanie tkanek z nanowarstwami
	Badania toksyczności nanowarstw
	Badania stosowane
	Pokrywanie złożonych profili oraz badania trwałości pokryć
	Zmniejszanie kosztów produkcji, nanocharakteryzacji i nanometrologii
Mechanizmy wzrostu nanowarstw, mechanizmy ich degradacji, optymalizacja adhezji, oddziaływanie z tkankami i komórkami	
Nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych	Badania podstawowe
	Poprawa przyczepności powłok oraz obniżanie temperatury procesu ich tworzenia
	Projektowanie i kontrolowanie wytwarzania warstw o pożądanym charakterystykach, w tym warstw gradientowych
	Szczegółowe badania mikrostrukturalne w powiązaniu z parametrami procesu oraz właściwościami użytkowymi
	Badania stosowane
	Budowa stanowisk do obróbek powierzchniowych pozwalających na wykonywanie procesów w skali półtechnicznej
	Opracowanie technologii wraz z budową stanowisk do obróbek powierzchniowych pozwalających na ich wykorzystanie w skali przemysłowej
Opracowanie powłok wieloskładnikowych, wielowarstwowych	
Opracowanie powłok kompozytowych, gradientowych	
Nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi, na przykład materiały opatrunkowe	Badania podstawowe
	Produkcja i modyfikacja nanowłókien, produkcja nanocząstek
	Metody charakteryzacji nanowłókien i nanocząstek
	Badanie wpływu nanocząstek na organizmy żywe
	Badania z obszaru kontroli jakości, automatyzacji procesów produkcyjnych, a także nowych nieznanych obecnie procesów modyfikacji i wytwarzania nanowłókien i nanocząstek
	Badania stosowane
	Prace nad urządzeniami do wielkoskalowej produkcji nanowłókien i ich modyfikacji
Prace nad urządzeniami umożliwiającymi bezpieczną pracę z nanocząstkami w skali przemysłowej	
Prace nad automatyzacją procesów produkcyjnych	

Materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne	Badania podstawowe
	Przygotowanie osnowy polimerowej o obniżonym skurczu
	Dobór składników i przygotowanie napełniaczy nanoproczkowych
	Prace nad procesami homogenizacji
	Kształtowanie struktury i właściwości, szczególnie tribologicznych i wytrzymałościowych
	Opracowanie metodycznych i ocena właściwości aplikacyjnych przygotowanych materiałów, szczególnie w kontekście oceny biologicznej oraz klinicznej
	Badania stosowane
Ocena struktury właściwości, zgodnie z wymaganiami normatywnymi oraz badania dopuszczeniowe (<i>in vitro</i> , <i>in vivo</i>)	
Rzeczony technologii materiałowych (osnowa, napełniacze, systemy kompozytowe)	
Badania materiałowe i tribologiczne	
Technologie prozkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji, farb i lakierów	Badania podstawowe
	Przygotowanie powierzchni i badania nad opracowaniem nowych farb o różnym składzie chemicznym
	Badania nad wpływem ilości i rodzaju nanowypełniaczy na właściwości farb oraz badania stabilności farb i lakierów
	Badanie wpływu budowy chemicznej, kształtu i wielkości nanocząstek na właściwości farb, lakierów i powłok oraz wpływ światła UV na utwardzanie powłok
	Prace badawcze nad optymalizacją technologii
	Opracowywanie nowych kompozytów polimerowych zawierających nanomodyfikatory (na przykład SiO_2 , TiO_2)
	Zintensyfikowanie prac nad dodatkiem nano- TiO_2 ze względu na jego właściwości fotokatalityczne i możliwości otrzymywania powłok samoczyszczących
Badania stosowane	
Ewolucja od farb i lakierów zawierających nanoproczki polimerowe i nanocząstki nieorganiczne, poprzez farby i lakiery zawierające nano- TiO_2 i inne nanomodyfikatory, aż do innych produktów powstałych w wyniku przeprowadzonych wcześniej prac	
Przygotowanie powierzchni metali, ceramiki i tworzyw sztucznych w zakresie badań wstępnych i optymalizacyjnych, badań aplikacyjnych i wdrożeniowych	
Poszukiwanie nowych farb	
Technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metodach dużego odkształcenia plastycznego	Badania podstawowe
	Badania nad wpływem parametrów procesu rozdrobnienia ziarna na właściwości otrzymywanego materiału
	Optymalizacja parametrów otrzymywania różnych metali i stopów o strukturze drobnoziarnistej
	Kształtowanie mikrostruktury i właściwości różnych stopów
	Wpływ składu chemicznego na mikrostrukturę otrzymywanych materiałów
	Modyfikacja parametrów procesu SPD dla różnych stopów
	Badania stosowane
Wytwarzanie wsporników oraz małych elementów płaskich z nanometali	
Wytwarzania nanometalicznych blach	
Łączenie elementów wykonanych z nanometali	
Nowe materiały na matryce i stemple oraz odpowiednie metody ich obróbek (cieplna, mechaniczna, wykańczająca)	
Modelowanie komputerowe procesów SPD	

Nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna	Badania podstawowe
	Badania mikrostruktury cienkich powłok z wykorzystaniem metod: TEM, STEM, HRSEM, FIB
	Badania nad rozwojem hybrydowych technologii wieloźródłowych do wytwarzania powłok złożonych o strukturze nanometrycznej, w tym wielowarstwowych i wieloskładnikowych na bazie azotków i węglików metali przejściowych
	Badania w zakresie wykorzystania technik jonowych i technik laserowych do modyfikowania granic fazowych pomiędzy warstwami składowymi powłok wielowarstwowych
	Badania stosowane
	Rozwój hybrydowych, wieloźródłowych technologii obróbki powierzchniowej do wytwarzania powłok złożonych o strukturze nanometrycznej, w tym wielowarstwowych i wieloskładnikowych na bazie azotków i węglików metali przejściowych

Źródło: [58].

Zaprezentowane w tab. 3.4 analizy pozwoliły na poznanie perspektywicznych badań podstawowych i stosowanych dla zidentyfikowanych technologii priorytetowych. Szczegółowe wyniki odnoszące się do trzech perspektyw czasowych 2012-2014, 2015-2017 oraz 2018-2020 dla wszystkich siedmiu technologii priorytetowych, znajdują się w opracowaniu *Kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Mapy. Marszruty. Trendy* [76].

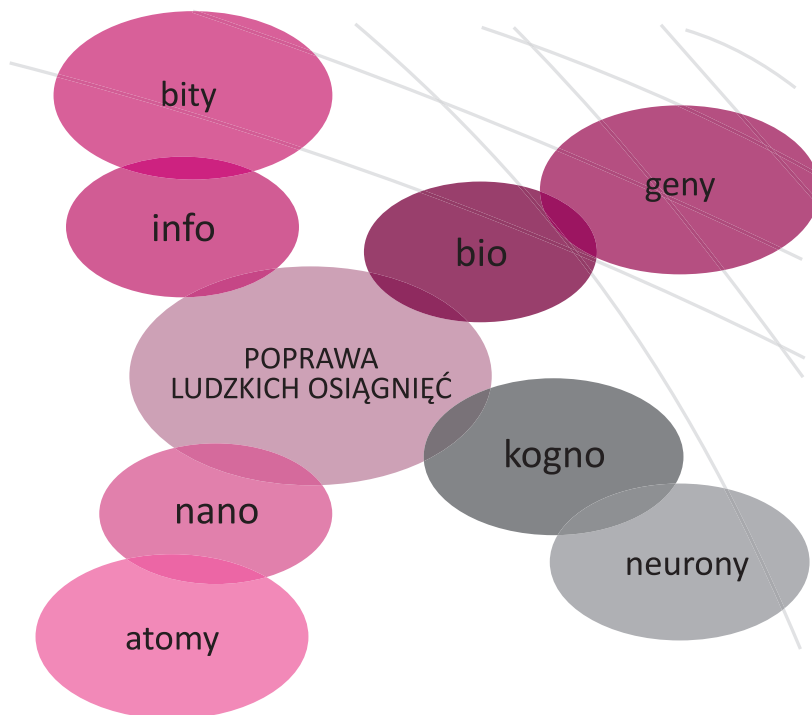
4.1. Megatrendy tworzące tło dla scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim

Tło dla rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim w perspektywie 2020 roku tworzą **megatrendy** rozumiane jako kierunki przemian społecznych, gospodarczych, środowiskowych, politycznych i kulturowych obejmujące znaczny układ czasowo-przestrzenny. Granice pomiędzy scharakteryzowanymi megatrendami są płynne. Niektóre elementy megatrendów, ze względu na kompleksową naturę analizowanych pojęć są wspólne. Identyfikacji megatrendów tworzących tło dla scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim dokonano na podstawie przeglądu publikacji na temat sił napędowych kształtujących przyszłość między innymi takich autorów, jak D. Altman [2], E. Cornish [25], R. Watson [143], czy też rezultatów projektów foresightowych, na przykład Narodowego Programu Foresight „Polska 2020” [149] oraz projektu iKnow [69]. Za najbardziej istotne z punktu widzenia rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim uznano siedem megatrendów. Należą do nich: postęp technologiczny, starzenie się społeczeństwa, wzrost znaczenia alternatywnych źródeł zasobów, intensyfikacja działań ku wzmocnieniu bezpieczeństwa państw, nowe wzorce społecznych nierówności, kształtowanie się nowej gospodarki, globalizacja. Szczegółową charakterystykę megatrendów przedstawiono w monografii *Kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Mapy. Marszruty. Trendy* [76]. Poniżej przedstawiono zsyntetyzowaną

charakterystykę megatrendów, którą zawężono do układu: definicja megatrendu, pochodne trendy (*branching trends*), [129], województwo podlaskie na tle megatrendu.

Postęp technologiczny definiowany jest jako proces zmian rozwojowych techniki wyrażający się przez wprowadzenie do procesu produkcji nowych, udoskonalonych maszyn, urządzeń, narzędzi i nowych technologii oraz przez wykorzystanie w sposób doskonalszy istniejących zasobów [148]. Zdaniem E. Cornisha, postęp technologiczny jest najważniejszym megatrendem w ludzkiej ewolucji, a jego siła, zasięg oraz obecne przyspieszenie sprawiają, że trudno jest zidentyfikować przesłanki, które miałyby ten trend odwrócić, czy też zahamować. Postęp technologiczny jest pojęciem bardzo pojemnym. Na trendy pochodne tworzące główny kierunek zmian rozwojowych składają się między innymi wszelkie ulepszenia technologii komputerowych, medycznych, transportu oraz innych technologii, które umożliwiają efektywniejszą realizację celów społecznych [25]. R. Watson wśród wiodących technologii przyszłego pięćdziesięciolecia postrzega tak zwane *GRIN technologie* [143], czyli technologie wspomagające rozwój genetyki, robotyki, internetu oraz nanotechnologii. W. S. Bainbridge, M. C. Rocco do technologii, które miałyby decydować o przyszłym kształcie nauki i techniki zaliczają biotechnologie, technologie informacyjne, technologie kognitywne oraz nanotechnologie [4], (rys. 4.1).

Rys. 4.1. Nano-Bio-Info-Cogno – technologie przyszłości



W województwie podlaskim istnieje potencjał zastosowania nanotechnologii w branżach: medycznej, bieliźniarskiej, przetwórstwa rolno-spożywczego, drzewnej, maszynowej [105]. Na podstawie badań przeprowadzonych przez członków Kluczowego Zespołu Badawczego mających na celu między innymi ocenę poziomu zastosowania nanotechnologii w poszczególnych gałęziach przemysłu w województwie, można stwierdzić, że największe zainteresowanie nanotechnologiami przejawiają branże: medyczna, wyrobów gumowych i tworzyw sztucznych oraz sektor rolno-spożywczy. Planowane do wykorzystania nanotechnologie, to między innymi (i) nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym, (ii) materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne, (iii) nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych (branża medyczna), (iv) technologie nanoprószkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów (branża wyrobów gumowych i tworzyw

sztucznych) oraz (v) nanowarstwowe powłoki antybakteryjne dla aparatury produkcyjnej przemysłu spożywczego, jak również (vi) nanotechnologie w produkcji opakowań żywności (sektor rolno-spożywczy).

Starzenie się społeczeństwa jest definiowane jako proces zwiększania się udziału ludności w starszym wieku w ogólnej liczbie ludności. Określa się tak zwany próg starości, czyli wiek, po osiągnięciu którego można daną osobę zaliczyć do grupy ludności w starszym wieku. Najczęściej – jako próg – przyjmuje się jednolicie wiek 60 lub 65 lat bądź wprowadza się odrębny próg dla mężczyzn – wiek 65 lat, a dla kobiet – 60 lat. W opracowaniach ONZ stosuje się dla kobiet i mężczyzn wiek jednolity – 65 lat [115]. Proces starzenia się społeczeństwa określane również jako *przemiana lub przejście demograficzne – od wysokiej stopy urodzeń i zgonów do niskiej – można obecnie zaobserwować, z różnym nasileniem, we wszystkich częściach świata* [113]. Prawie we wszystkich krajach Unii Europejskiej *liczba*

urodzeń przeciętnie przypadających na kobietę jest obecnie mniejsza od wielkości zapewniającej proste odtworzenie pokoleń [149]. Megatrend obejmujący starzenie się społeczeństwa generuje trendy pochodne, do których można zaliczyć między innymi wzrastający popyt na usługi opiekuńcze, zmianę struktury rodziny, wzrost zainteresowania turystyką medyczną, wzrost wydatków na leki, jak również poszukiwanie rozwiązań technicznych łagodzących deficyt opieki (telemedycyna, monitoring), czy też wszelkie działania na rzecz poprawy jakości życia [149, 143].

Województwo podlaskie znajduje się również w megatrendzie starzenia się społeczeństwa. W ciągu najbliższych lat nastąpi znaczne powiększenie się udziału ludności w wieku poprodukcyjnym. Już obecnie problem starzejącego się społeczeństwa jest najbardziej widoczny w gminach województw podlaskiego i lubelskiego [134]. Skoncentrowanie działalności naukowej i gospodarczej na działaniach mających na celu złagodzenie skutków procesu starzenia się społeczeństwa może być szansą na zmianę postrzegania województwa podlaskiego. Rosnący popyt na wyroby medyczne, ugruntowana pozycja producentów sprzętu medycznego, dostęp do kadry akademickiej, możliwości korzystania z nowoczesnych laboratoriów nanotechnologicznych w ramach Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego wydają się stwarzać dogodne warunki do badań nad nanotechnologiami.

Wzrost znaczenia alternatywnych źródeł zasobów związany jest z niesłabnącym zainteresowaniem alternatywnymi źródłami zasobów i przewidywanym ich szerokim wykorzystaniem w przyszłości. Alternatywne źródła zasobów powszechnie kojarzone są z odnawialnymi źródłami energii, do których należą: energia wody (m. in. energia spadku wody, fal, pływów morskich, energia cieplna oceanu), energia słoneczna, energia wiatru, biomasy (między innymi słomy, odpadów drewna, biogazu, biopaliw, upraw energetycznych), energia geotermalna i inne. Istotą eksploatacji tych zasobów jest ich relatywnie niski ubytek: wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii nie powoduje trwałego ich deficytu, a wręcz przeciwnie – odnawiają się one i to w krótkim czasie. Trendy pochodne, które wpisują się w omawiany megatrend, to zdecydowany zwrot ku paliwom hybrydowym i wspierającym je technologiom (*hybrid fuels; sustainable*

energy), zielonym lub czystym technologiom (*clean coals*), tendencje ku technologicznym rozwiązaniom pozwalającym magazynować energię (*energy storage, negawatts, domestic energy dashboards*), czy rozwijać mikroenergetykę (*micro-power generation*). Nie bez znaczenia są także trendy społeczne, a zwłaszcza ruchy społeczne – nierzadko skrajne – związane z ochroną środowiska (*emerge of green nationalism*), [144].

Województwo podlaskie ma szansę wyzyskać siłę tego megatrendu poprzez silne skoncentrowanie się na utrzymaniu dobrego stanu środowiska naturalnego i prowadzenie szerokich badań w tym zakresie. Przygotowanie kadr oraz dobre rozpoznanie naukowo-badawcze stanowiłoby istotny krok ku szerszemu wpisywaniu się regionu w proces odkrywania i tworzenia alternatywnych źródeł zasobów. Wraz z udoskonaleniem laboratoriów badawczych w kierunku nanotechnologii, rysuje się szansa umożliwiająca uczestniczenie województwa podlaskiego w światowym obszarze badań nad nowoczesnymi „zielonymi technologiami” przyszłości.

Intensyfikacja działań ku wzmocnieniu bezpieczeństwa państw w XXI wieku stała się trwałym procesem współcześnie prowadzonej polityki przez coraz większą liczbę podmiotów na arenie międzynarodowej. Coraz częściej też bezpieczeństwo znajduje swoje wyraźne odzwierciedlenie w dokumentach strategicznych państw, związków państw i jest priorytetowym elementem podejmowanych przez nie działań. Bezpieczeństwo, zgodnie z definicją przyjętą przez Komisję Europejską, jest interpretowane jako zagwarantowanie prawa wszelkim podmiotom państwa: pojedynczym osobom, wspólnotom, całym organizacjom i instytucjom społecznym, własnościom państwa (na przykład dobrom, wartościom, czy infrastrukturze) do swobodnego funkcjonowania w ramach całego systemu państwowego.

Na wskazany megatrend mają wpływ procesy pochodne, do których niewątpliwie należy zwiększająca się złożoność (*complexity*) oraz tempo międzypodmiotowych relacji w wymiarze globalnym (państw, korporacji ponadnarodowych, organizacji oraz pojedynczych ludzi), a co za tym idzie – wzrastająca niepewność i nieprzewidywalność ich skutków [6, 7]. Nie bez znaczenia jest także obserwowany wzrost pozycji ekonomicznej nowych podmiotów na arenie światowej – państw N-11 (*rise of N11*

*countries*¹), renesans nuklearnej siły państw (*nuclear power renaissance*), rozwój badań nad technologiami wykorzystywanymi w produkcji najnowocześniejszej broni (postępujący, choć nieoficjalny, wyścig zbrojeń), w tym naśladowanej naturę (*bio-mimicry*), [143].

Województwo podlaskie obecnie nie dysponuje takim potencjałem, ani nawet gotowością działań, by móc w pełni uczestniczyć we wskazanym procesie. Region obecnie nie ma więc szans na znalezienie się w orbicie, czy też choćby pod wpływem wskazanego megatrendu – rozwoju nauki i technologii światowej, sprzężonych z realizacją założeń bezpieczeństwa narodowego. Taka szansa może zaistnieć wówczas, gdy w regionie nastąpi zwrot ku nanotechnologiom.

Nowe wzorce społecznych nierówności są zjawiskiem, które w dynamiczny i odmienny niż dotąd sposób wyznaczają linie stratyfikacyjne współczesnych społeczeństw. Obejmują one swym zasięgiem nie tylko jedno państwo, lecz całe regiony (grupy państw), nierzadko włączając też w zasięg swojego oddziaływania cały system globalny. Nierówność społeczna oznacza nierówny dostęp do rzadkich, lecz cenionych społecznie dóbr, pojedynczych osób lub też całych grup, ze względu na posiadane przez nie – wykluczające z szerszej struktury społecznej – cechy społeczne lub też przynależność do określonych grup, czy też kategorii społecznych (nierówność strukturalna), [140]. Do dóbr rzadkich i tym samym wysoko społecznie cenionych należą: zasoby materialne, władza i prestiż. W ostatnich latach spektrum tych klasycznych wartości powiększają: zdrowie (dostęp do służby zdrowia) i edukacja (szanse edukacyjne społeczeństw). Trendy pochodne, które współkształtują megatrend, to – wbrew powszechnym siłom globalizacyjnym zwiększającym i intensyfikującym wzajemne powiązania podmiotów – pogłębiające się podziały społeczne (na przykład ekonomiczne, technologiczne) i w efekcie wynikające stąd dysproporcje ładu światowego: różnice między silnymi centrami a zależnymi od nich peryferiami, wyraźne kulturowo-cywilizacyjne (tech-

nologiczne) podziały, obserwowane także w mniejszej skali: między miastem i wsią (*urban/rural divide*), wiktylizacja kulturowa (*victim culture*), zwiększająca się polaryzacja płac (*price polarisation*). Wzrost długu (*debt*) państw i społeczeństw skutkuje także dysharmonią w sferze emocji i uwidaczniającymi się wzmożonymi niepokojami (protestami) społecznymi (*anxiety*). Podziały i nierówności społeczne mogą w dalszej przyszłości skutkować wzrostem antytechnologicznych ruchów społecznych (*the growth of „No-Tech” movements*), [143]. Współcześnie, trajektorie nierówności społecznych prowadzą także wedle nowych dróg – wyznaczone są głównie potencjałem naukowo-badawczym. W kontekście nanotechnologii, związek z nierównomierną społeczną dystrybucją szans życiowych i w efekcie – prawa do podstawowych wolności obywatelskich nie zawsze jest bezpośredni, a wynika raczej z siły ekonomicznej konkretnych państw czy społeczeństw.

W tym kontekście, obecna pozycja województwa podlaskiego stwarza zagrożenie dalszej marginalizacji regionu oraz jego mieszkańców w skali kraju i Europy. Sytuacja ta rysuje jednak wyraźną alternatywę: albo region będzie w stanie podjąć wysiłek i zwrócić się ku najnowszym osiągnięciom nauki i wykorzystać swój potencjał ku nanotechnologiom – czym zdobędzie szanse na dogonienie tych, którzy są w tej sferze zaawansowani, albo nie wykorzysta odpowiedniego momentu i nadal będzie utrzymywać pozycję regionu marginalnego, niedostosowanego do wymogów współczesnego świata, czym pogłębi społeczno-gospodarczy dystans wobec liderów.

Kształtowanie się nowej gospodarki należy do głównych megatrendów współczesnej rzeczywistości. Pojęcie „nowa gospodarka” odnosi się do ilościowych i jakościowych zmian, które w ciągu ostatnich lat przekształciły strukturę, funkcjonowanie i zasady gospodarek. Wśród określeń nowej gospodarki pojawia się sformułowanie „gospodarka wiedzy”, wskazujące na dominację nowego zasobu w ekonomii – wiedzy i informacji [27]. Gospodarka w dzisiejszym świecie jest przede wszystkim „napędzana” przez ludzi i ich skumulowaną wiedzę [48]. Kształtowanie się nowej gospodarki obejmuje takie trendy jak: wzrost znaczenia wiedzy, rozwój nowych technologii, przepływ informacji, rosnący udział wartości dodanej opartej na usługach, rosnącą

¹ Państwa tak zwanej kolejnej jedenastki (*The Next Eleven* lub N-11) wykazujące znaczny wzrost ekonomiczny i otwartość w handlu światowym. Przewiduje się, iż w XXI wieku staną się potęgami ekonomicznymi. Do N-11 należą: Bangladesz, Egipt, Filipiny, Indonezja, Iran, Korea Południowa, Meksyk, Nigeria, Pakistan, Turcja oraz Wietnam.

konkurencję, nowe możliwości i zmiany strategii biznesowych, globalizację gospodarki, znieszenie barier handlowych, indywidualizację produktów i usług przy jednoczesnym wykorzystywaniu efektów skali [27]. I. Lopes, M. Martins, M. Nunes podkreślają, że bazą gospodarki opartej na wiedzy są technologie informacyjno-komunikacyjne, a do jej głównych filarów należą: innowacje, nauka, kultura, a także udział obywateli [83]. Gospodarka oparta na wiedzy jest silnie skorelowana z rozwojem innowacji technologicznych, wśród których znajdują się również nanotechnologie.

W megatrend rozwoju gospodarki wiedzy opartej na nowoczesnych technologiach, w tym także nanotechnologiach, może się również wpisywać województwo podlaskie, którego przyszła konkurencyjność w dużej mierze zależy od adaptacji nowoczesnych technologii do procesu wytwórczego przedsiębiorstw z regionu. Nanoinnowacja może być kluczem do konkurencyjności podlaskich firm oraz główną siłą napędową wzrostu produktywności województwa, chroniąc jednocześnie jego niepowtarzalne walory środowiskowe. Daje ona jednocześnie szansę na unowocześnienie dotychczasowego potencjału endogenicznego regionu – dzięki aplikacji nanotechnologii do już istniejących w regionie branż z wysokim potencjałem jej zastosowania (na przykład medycyna, przemysł maszynowy, produkcja artykułów spożywczych, produkcja drewna i wyrobów z drewna, sektor bieliźniarski). Z drugiej strony, zakłada również dążenie do dywersyfikacji specjalizacji regionalnej i budowy nowego potencjału dla gospodarki innowacyjnej [105].

Globalizacja definiowana jest przez Komisję Europejską jako proces, w którym rynki i produkcja w różnych krajach stają się coraz bardziej współzależne w związku z dynamiką wymiany towarów i usług, przepływem kapitału i technologii [147]. Obejmuje głębokie przeobrażenia w gospodarce światowej, będące wynikiem liberalizacji stosunków gospodarczych, zmniejszenia roli państw w gospodarce, internacjonalizacji kapitału, rewolucji informatycznej i wzrostu znaczenia korporacji międzynarodowych [112]. Globalizacja jest zjawiskiem dynamicznym, wieloaspektowym i złożonym. Jako megatrend obejmuje ona trzy zasadnicze wymiary (trendy pochodne): ekonomiczny (charakteryzuje otwarcie gospodarki na prze-

plywy dóbr i usług, kapitałów, technologii), społeczny (ilustruje otwarcie społeczeństwa na transfer ludzi, informacji i wiedzy) i polityczny (odzwierciedla otwarcie państwa na międzynarodowe stosunki polityczne), [112].

W tym sensie także województwo podlaskie może w przyszłości korzystać z megatrendu związanego z rozwojem procesu globalizacji. Rosnące powiązania między gospodarkami, wzrost liberalizacji i integracji rynków handlowych, deregulacja przepływów kapitałowych, redukcja – dzięki nowym możliwościom technologicznym – kosztów komunikacji i transportu, zmieniają warunki prowadzenia działalności gospodarczej. Globalna gospodarka prowadzi do globalizacji aktywności przedsiębiorstw. Przejawem tego jest przemieszczanie produkcji, cechującej się znacznym nakładem pracy lub usług związanych z procesami biznesowymi do dowolnego miejsca na świecie. Kryteria wyboru miejsca działalności mogą być różne, jednak najczęściej związane są one z poszukiwaniem przez firmy niższych kosztów wytwarzania [64], w tym także niższych kosztów pracy (i to zarówno specjalistów z wyższym wykształceniem, jak i personelu produkcyjnego). Koszty pracy są bowiem jednym z podstawowych kryteriów podejmowania decyzji o lokalizacji bezpośrednich inwestycji zagranicznych, w tym inwestycji związanych z rozwojem nanotechnologii. Korzystne relacje między kwalifikacjami a kosztami pracy w województwie podlaskim w porównaniu do innych regionów w kraju mogą stanowić istotną przewagę konkurencyjną branżą pod uwagę przez potencjalnych inwestorów w wyborze miejsca lokalizacji swojej działalności gospodarczej [105].

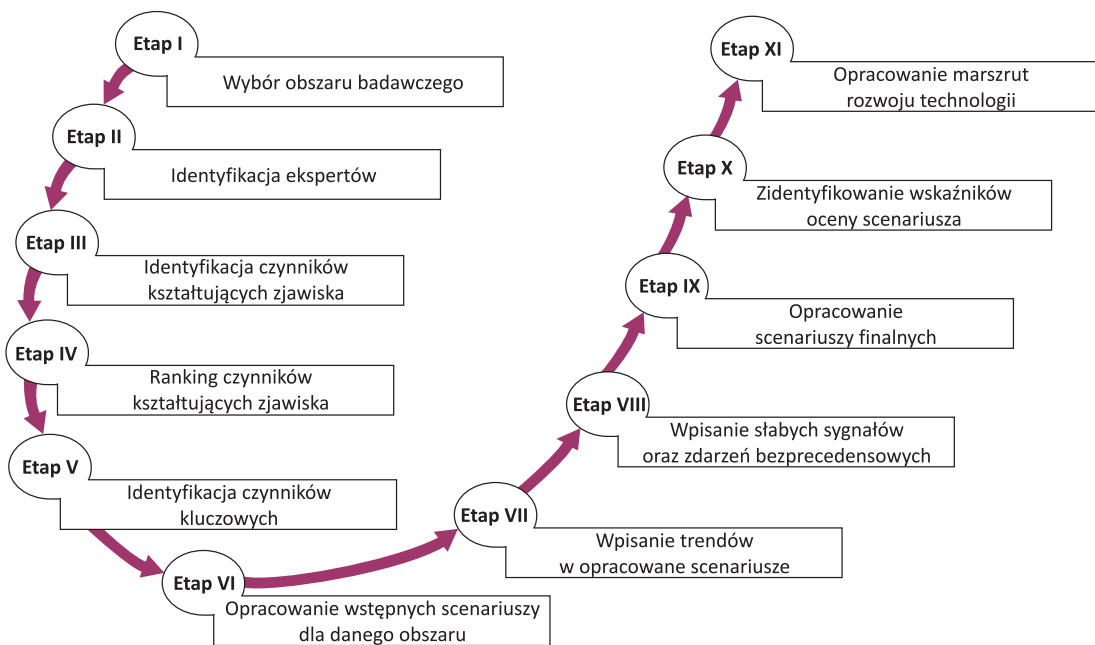
Zaprezentowane kierunki przemian społecznych, gospodarczych, środowiskowych, politycznych i kulturowych obejmujących znaczny układ czasowo-przestrzenny stanowią szeroki kontekst rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Województwo podlaskie ma szansę wykorzystać większość sprzyjających megatrendów. Niezbędnymi warunkami tego stanu, wydaje się być jednak współwystępowanie efektywniejszej niż dotychczas sieci współpracy podmiotów triady nauka-biznes-administracja oraz wzrastającego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii.

4.2. Metodyka konstrukcji scenariuszy w projekcie

Na potrzeby projektu „*Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*” zaadaptowano referencyjną metodykę konstrukcji scenariusza opracowaną w ramach rozprawy doktor-

skiej przez A. Kononiuk [77]. Proponowana metodyka konstrukcji scenariusza na potrzeby badań foresightowych składa się z jedenastu etapów (rys. 4.2).

Rys. 4.2. Referencyjna metodyka konstruowania scenariuszy na potrzeby badań foresightowych



Źródło: [77].

Szczegółowy opis poszczególnych etapów można znaleźć w cytowanej publikacji. W ramach prac projektowych z zakresu metody scenariuszowej: (i) zidentyfikowano ekspertów, (ii) wybrano czynniki kształtujące zjawiska, (iii) sporządzono ranking czynników pod względem ważności i niepewności, (iv) wyodrębniono czynniki kluczowe wpływające na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim, (v) opracowano scenariusze rozwoju nanotechnologii, (vi) dokonano identyfikacji

zdarzeń bezprecedensowych oraz (vii) opracowano marszrutę rozwoju technologii.

Podstawę do wyodrębnienia czynników kluczowych stanowiła konfrontacja czynników pod względem ważności i niepewności z wynikami analizy strukturalnej. Jako czynniki kluczowe dla rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim zidentyfikowano regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka-biznes-administracja oraz potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii. Bazowe

scenariusze rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim zostały opracowane przy wykorzystaniu techniki osi scenariusza (*scenario-axes technique*) promowanej przez S. A. Kloostera oraz M. B. A. Asselta [72]. Technika ta była popularyzowana między innymi przez takich futurologów, jak P. Schwartz [131] i K. van der Heijden [67].

Określono również – zgodne z koncepcją konstrukcji scenariusza według P. Schwartza [131] – stan w 2020 roku pozostałych dwiętnastu czynników analizy STEEPVL wpły-

wających na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim. Wypracowany przez ekspertów stan czynników w poszczególnych scenariuszach został przedstawiony w tab. 4.1.

Uwzględniając za A. Whiteheadem, że *foresight is the product of insight* [149] wiele uwagi poświęcono zjawiskom, które obecnie kształtują rzeczywistość w kontekście nanotechnologii. Przeanalizowano obecny stan czynników analizy STEEPVL [105], jak również rozważono między innymi takie procesy i zjawiska, jak dynamika rozwoju i obecny stan

Tab. 4.1. Stan czynników głównych analizy STEEPVL w czterech scenariuszach

Grupa czynników	Nazwa czynnika	Scenariusze			
		S1	S2	S3	S4
S: społeczne	Potencjał kadrowy (S_1)	bardzo wysoki	wzrastający	przeciętny, bez zmian	niski, bez zmian
	Atrakcyjność regionu dla specjalistów (S_2)	wysoka	przeciętna	bardzo niska	słaba, lekkie impulsy wzrostowe
	Świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii (S_3)	wysoka	poprawa	wzrastająca, większy dostęp do produktów	wzrastająca
T: technologiczne	Dostęp do światowych nanotechnologii (T_1)	łatwy, bez barier	wzrastający	wzrastający	łatwiejszy, większa otwartość na transfer technologii
	Potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii (T_2)	Czynnik stanowi oś scenariuszy			
	Potencjał zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu (T_3)	zdecydowana poprawa	niski (powoli rosnący w branżach obecnie stosujących, wysoki tylko w nisze)	w branżach obecnie stosujących – umiarkowanie rozwojowy, brak nowych obiecujących branż	w branżach obecnie stosujących – potencjał rozwojowy, brak nowych obiecujących branż
E: ekonomiczne	Regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja ($Ekon_1$)	Czynnik stanowi oś scenariuszy			
	Nakłady na B+R ($Ekon_2$)	wysokie	wzrastające	w regionie niskie, w kraju wzrastające (rosnąca dysproporcja)	wzrastające w regionie i w kraju
	Potencjał gospodarczy regionu ($Ekon_3$)	wysoki	niski (nieznacznie rosnący)	bardzo niski	bardzo niski z tendencją wzrostową

E: ekologiczne	Oddziaływanie nanopro- duktów i nanotechnologii na człowieka i na środowisko (Eko ₁)	lepiej rozpoznane	lepiej rozpoznane	wzrastające	wzrastające
	Stan badań naukowych w zakresie oddziaływania nanotechnologii na człowieka i środowisko (Eko ₂)	zaawansowany	wzrośnie	wzrastający	wzrastający
	Aktywność organizacji i ruchów ekologicznych (Eko ₃)	duża	nieznacznie wzrośnie	wysoka	umiarkowana
P: polityczne	Polityka innowacyjna państwa (P ₁)	bardziej ukierunkowana na nano	bardziej ukierunkowana na nano	wspierająca innowacje, udoskonalona, wykorzystująca więcej narzędzi	wspierająca innowacje, udoskonalona, wykorzystująca więcej narzędzi
	Polityka regionalna (P ₂)	nano jako jeden ze strategicznych kierunków polityki regionalnej	nano tematem pobocznym w polityce regionalnej	ograniczone wsparcie nano	ograniczone wsparcie nano
	Polityka UE (P ₃)	korzystna	bez zmian (wspierająca)	ograniczone wsparcie nano	ograniczone wsparcie nano
V: wartości	Dominujące wartości (przed- siębiorczość, zdrowie, środowisko naturalne) (V ₁)	wzrost znaczenia środowiska naturalnego	wzrost znaczenia środowiska naturalnego	duże znaczenie	bardzo duże znaczenie, nacisk na przed- siębiorczość i współpracę
	Otwartość na nowości, wartość postępu (V ₂)	znaczna poprawa	nieznacznie większa	wyższa niż obecnie	wyższa niż obecnie, wzrastająca
	Współdziałanie społeczne, wartość dobra wspólnego (V ₃)	lekka poprawa	osłabione, niski poziom kapitału społecznego	niewielkie znaczenie	bardzo duże znaczenie
L: prawne	Regulacje w zakresie współ- pracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki (L ₁)	ułatwiający, wspierający	bez zmian (słabe, nieprzychylny)	wzrost liczby i form regulacji, słabe ich wykorzystanie w regionie; niezdolność do sprostania wymogom prawnym	motywujący do współpracy
	Regulacje chroniący własność intelektualną (L ₂)	zmiany wspierający innowacje	bez zmian	wzrost liczby i form regulacji	wzrost liczby i form regulacji
	Prawne regulacje w zakresie nanotechnologii (L ₃)	wspierający	nieznacznie wspierający	wzrost liczby i form regulacji	wzrost liczby i form regulacji

Źródło: [75].

Tab. 4.2. Podstawowa charakterystyka i nazwy scenariuszy

Akronim	Profil scenariusza	Nazwy scenariuszy	
		formalne	nieformalne
N _(S1)	Wysoki potencjał B+R i efektywna współpraca sieci: N+B+A	Scenariusz Nowych szans i możliwości	Nano nowy wymiar Podlasia
A _(S2)	Wysoki potencjał B+R i nieefektywna współpraca sieci: N+B+A	Scenariusz Ambiwalencji rozwojowej	Podlaskie nanorozproszenie
N _(S3)	Niski potencjał B+R i nieefektywna współpraca sieci: N+B+A	Scenariusz Niemocy rozwojowej	Podlaska nanobierność
O _(S4)	Niski potencjał B+R i efektywna współpraca sieci: N+B+A	Scenariusz Ograniczeń rozwojowych	Podlaski nanozapaf

Źródło: [75].

ośrodków innowacji i przedsiębiorczości w Polsce i województwie podlaskim, stan wykorzystania nanotechnologii w województwie podlaskim. Szczególna uwaga została poświęcona prognozom rozwoju nanotechnologii w Polsce i na świecie.

Podstawowa charakterystyka profili scenariusza oraz ich nazwy formalne i nieformalne zostały przedstawione w tab. 4.2.

Dążono do wypracowania czterech odmiennych, różniących się jakościowo scenariuszy. Nazwy scenariuszy zostały opracowane przy użyciu techniki burzy mózgów oraz techniki brain-netting. Przyjęto, że nazwy scenariuszy będą składały się z dwóch części. Pierwsza część będzie miała wydźwięk bardziej formalny, z kolei druga – mniej formalna – będzie dodatkowo opisywać specyfikę charakteryzowanego scenariusza.

W kolejnym kroku postępowania badawczego dokonano identyfikacji dzikich kart – zdarzeń o niskim prawdopodobieństwie wystąpienia oraz dużej, potencjalnej sile oddziaływania. Na podstawie przeglądu literatury na temat dzikich kart oraz wyników moderowanej dyskusji ekspertów, łącznie zgłoszono pięćdziesiąt trzy dzikie karty zgodnie z wymiarami analizy STEEPVL. Następnie, zbiór dzikich kart zawężono do ośmiu. Ostateczne możliwe zdarzenia bezprecedensowe – występujące w danych warunkach po raz pierwszy – to, zdaniem ekspertów:

- przełomowe – rangi nagrody Nobla – odkrycie białostockich naukowców w zakresie nanotechnologii;

- ustanowienie – w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego – Instytutu Badań nad Nowoczesnymi Technologiami;
- powstanie i wzmożona aktywność w województwie podlaskim ruchu „antynano” głoszącego o szkodliwości nanotechnologii;
- pojawienie się globalnego inwestora na terenie województwa podlaskiego realizującego swoją produkcję z wykorzystaniem nanotechnologii;
- znany Podlasianin/Podlasianka traci zdrowie z powodu (domniemanego) stosowania nanoproduktów;
- hybrydowy nanoorganizm wydostaje się do środowiska z laboratorium, powodując wymieranie miejscowych organizmów;
- wszystkie białostockie uczelnie (zarówno państwowe, jak i prywatne) łączą się, tworząc jeden potężny ośrodek dydaktyczno-naukowy, w którym nanonauka jest priorytetem;
- w Białymstoku powstaje filia Instytutu Technologicznego w Massachusetts.

Uznano, że w przypadku sześciu dzikich kart (1, 2, 4, 6, 7, 8) niezbędnymi warunkami ich zaistnienia są efektywne sieci współpracy podmiotów oraz wysoki potencjał badawczy dla nanotechnologii, czyli warunki *Scenariusza nowych szans i możliwości rozwojowych*. Wystąpienie niezależne każdej z tych kart przyspieszyłoby logikę tego scenariusza. Z kolei, dzikie karty: *powstanie i wzmożona aktywność w województwie podlaskim ruchu „antynano” głoszącego o szkodliwości nanotechnologii* oraz *znany*

Podlasiainin/Podlasiainka traci zdrowie z powodu (domniemanego) stosowania nanoproductów mogą wystąpić w każdym scenariuszu i spowolnić logikę jego rozwoju.

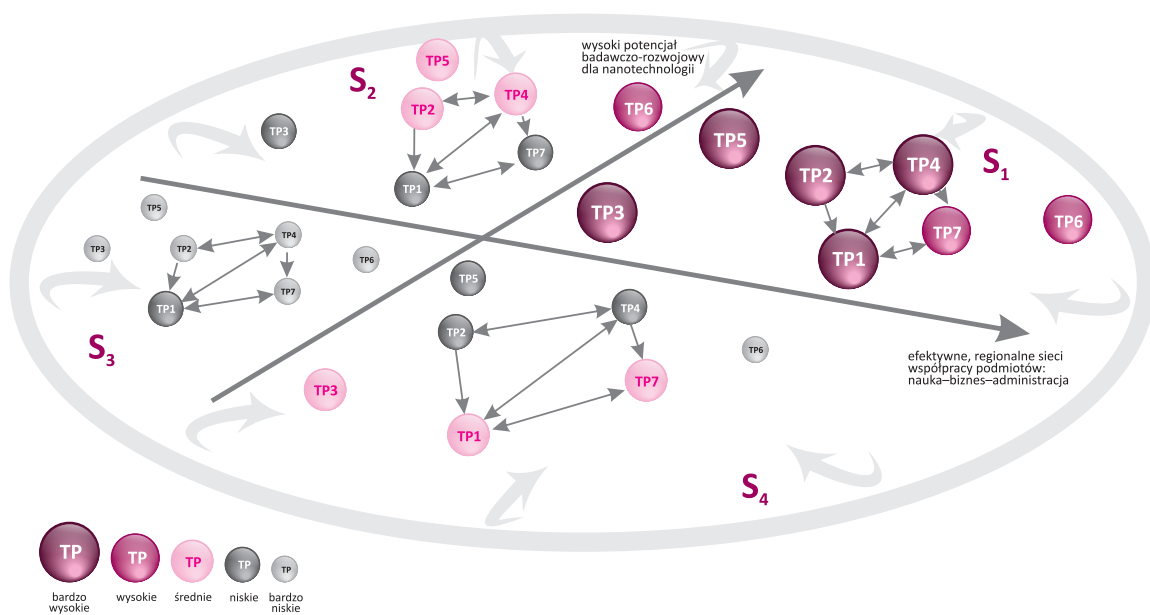
Równie istotnym rezultatem prac projektowych było opracowanie zbioru technologii priorytetowych. Zidentyfikowane technologie priorytetowe (TP) dla województwa podlaskiego to [76]:

- TP1: *nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym.*
- TP2: *materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne.*
- TP3: *technologie nanoproshkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów.*
- TP4: *nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych.*
- TP5: *nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna.*
- TP6: *nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi na przykład materiały opatrunkowe i odzież sportowa.*
- TP7: *technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metodach dużego odkształcenia plastycznego.*

Technologie priorytetowe należało wpisać w cztery scenariusze rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim w perspektywie 2020 roku. Zadaniem wiodących ekspertów była ocena szans rozwoju danych technologii w warunkach czterech scenariuszy (rys. 4.3).

W opinii ekspertów w warunkach scenariusza *nowych szans i możliwości* (wysoki potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii oraz efektywne regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja) bardzo wysokie szanse rozwojowe ma aż pięć spośród siedmiu technologii priorytetowych, czyli *nanotechnologie dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna* (TP5), *materiały kompozytowe na stałe wypełnienia stomatologiczne* (TP2), *nanomateriały i nanopokrycia w sprzęcie medycznym* (TP1), *nanotechnologie warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych* (TP4), *technologie nanoproshkowe do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów* (TP3). Potencjał rozwojowy nanotechnologii związanych z tkaninami specjalnymi na przykład materiały opatrunkowe i odzież sportowa (TP6) oraz *technologie nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności oparte na metodach dużego odkształcenia plastycznego*

Rys. 4.3. Eksperska ocena szans rozwoju technologii priorytetowych w warunkach czterech scenariuszy



Źródło: [76].

(TP7) w warunkach tego scenariusza został oceniony jako wysoki [76].

W trzech kolejnych scenariuszach sytuacja zmienia się diametralnie. W warunkach scenariusza *ambiwalencji rozwojowej* (wysoki potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii oraz nieefektywne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja) wysokie szanse rozwoju – zdaniem ekspertów – mają jedynie *nanotechnologie związane z tkaninami specjalnymi na przykład materiały opatrunkowe i odzież sportowa* (TP6). Szanse rozwoju: *nanotechnologii dla narzędzi tnących i przetwórstwa drewna* (TP5), *materiałów kompozytowych na stałe wypełnienia stomatologiczne* (TP2), *nanotechnologii warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych* (TP4) zostały ocenione na poziomie średnim. Z kolei szanse rozwoju *technologii proszkowych do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów* (TP3), *technologii nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich w szczególności opartych na metodach dużego odkształcenia plastycznego* (TP7) na poziomie niskim. W warunkach scenariusza *niemocy rozwojowej* (nieefektywne sieci współpracy podmiotów oraz niski potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii) szanse rozwoju technologii zostały ocenione na poziomie bardzo niskim, za wyjątkiem *nanomateriałów i nanopakryć w sprzęcie medycznym* (TP1), których szanse zostały ocenione na poziomie niskim [76]. W warunkach scenariusza *ograniczeń rozwojowych* (niski potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii, efektywne regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja) średnie szanse rozwoju przypisano *nanomateriałom i nanopakryciom w sprzęcie medycznym* (TP1), *technologiom nanostrukturyzacji metali i stopów lekkich*

w szczególności opartym na metodach dużego odkształcenia plastycznego (TP7), *technologiom proszkowym do wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, kompozycji farb i lakierów* (TP3). Szanse rozwojowe pozostałych technologii oceniono na poziomie niskim bądź bardzo niskim. Połączenia pomiędzy technologiami priorytetowymi (rys. 4.3) w każdym z poszczególnych scenariuszy odzwierciedlają ekspercką ocenę siły wpływu jednej technologii na rozwój drugiej. Eksperti, w toku postępowania badawczego, wszystkie zidentyfikowane relacje określili jako stymulujące wzajemny rozwój. Miały one charakter skierowany (co odzwierciedlają kierunki strzałek), tak więc wpływ jednej technologii na drugą nie był tożsamy z relacją odwrotną. Część spośród technologii priorytetowych okazało się być technologiami niezależnymi, zaś najsilniejszą obustronną relację zidentyfikowano w zakresie *nanomateriałów i nanopakryć w sprzęcie medycznym* (TP1) oraz *nanotechnologii warstw wierzchnich do zastosowań biomedycznych* (TP4). Szczegółowy opis zidentyfikowanych relacji pomiędzy technologiami, jak też przyjętej w tym zakresie metodyki badawczej znajduje się w monografii [76].

Z racji tego, że największe szanse rozwoju nanotechnologie mają w warunkach wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii oraz efektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja, główne cele projektu podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii koncentrują się na działaniach na rzecz budowania i wzmacniania potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii, jak również na aktywności ukierunkowanej na budowanie efektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów: nauka–biznes–administracja [76].

4.3. Opis scenariuszy i wizji rozwojowych

W podrozdziale zaprezentowano cztery alternatywne scenariusze i towarzyszące im wizje rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim w perspektywie 2020 roku. Szczegółowy opis scenariusza został poprzedzony nazwą formalną oraz nieformalną, dodatkowo opisującą specyfikę charakteryzowanego scenariusza.

Scenariusz nowych szans rozwojowych. Nano – nowy wymiar Podlasia

Scenariusz S1

wysoki potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii

efektywne regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka-biznes-administracja

OPIS

Scenariusz nowych szans rozwojowych zakłada radykalny wzrost potencjału badawczo-rozwojowego w obszarze nanotechnologii w województwie podlaskim. Potencjał ten wzrosnie zarówno w aspekcie ilościowym (liczba zespołów badawczych zajmujących się nanotechnologiami, liczba laboratoriów, ilość specjalistycznej aparatury badawczej, liczba realizowanych projektów w obszarze nanotechnologii), jak i jakościowym (krajowa i międzynarodowa renoma zespołów badawczych z regionu, wydźwięk rezultatów badań, przełomowość wypracowanych rozwiązań). Tak znacząca poprawa potencjału B+R będzie możliwa między innymi dzięki przyływowi spoza regionu wybitnych specjalistów z dziedziny nanotechnologii, wokół których powstaną silne i dynamiczne zespoły o ponadregionalnym znaczeniu.

Jednocześnie, scenariusz przyjmuje, że powstaną i będą efektywnie działać sieci współpracy podmiotów: nauka-biznes-administracja. Aktywność tych sieci będzie ukierunkowana m. in. na pozyskiwanie światowych nanotechnologii na potrzeby gospodarki regionu. Łatwiejszy dostęp do osiągnięć zagranicznych oraz generowane przez miejscowy

sektor B+R nanoinnowacje przyczynią się do wzrostu zainteresowania przedsiębiorców możliwościami zastosowania nanotechnologii w różnych branżach gospodarki województwa (maszynowej, tekstylnej, drzewnej, meblarskiej, rolno-spożywczej, medycznej i innych). Wiele firm zacznie upatrywać w nanotechnologii drogi do osiągnięcia przewagi konkurencyjnej na rynku krajowym i europejskim.

Według tego scenariusza, przed 2020 rokiem spodziewać się można przełomu, dotyczącego nakładów na badania i rozwój. Jednostki akademickie oraz najsilniejsze przedsiębiorstwa zwiększają wydatki na B+R. Przyjmuje się, że wysoki potencjał badawczo-rozwojowy wzmacniany przez aktywne sieci kooperacji i efektywne mechanizmy transferu technologii przełoży się na znaczący wzrost potencjału gospodarczego całego regionu.

Scenariusz zakłada, że oddziaływanie nanoproduktów i nanotechnologii na człowieka i środowisko będzie znacznie lepiej rozpoznane. Zaawansowane badania naukowe nie stwierdzą istnienia wyjątkowego i niedającego się uniknąć zagrożenia ze strony nanocząstek. Scenariusz przyjmuje, że wysoka świadomość społeczna problematyki nanotechnologii sprawi, że działalność organizacji i ruchów ekologicznych nie będzie miała charakteru historycznego i destrukcyjnego, lecz merytoryczny i konstruktywny.

Rozwój według przyjętego scenariusza zakłada korzystne przemiany w krajowej polityce innowacyjnej, która zostanie ukierunkowana na wspieranie rozwoju nanotechnologii, czego wyrazem będzie finansowe wsparcie dla inwestycji w tym obszarze. Na poziomie województwa, rozwój nanotechnologii zostanie uznany za jeden ze strategicznych kierunków polityki regionalnej. Podmioty w regionie skorzystają też ze wsparcia Unii Europejskiej udzielanego na badania i wdrożenia nanotechnologii.

Wartości uznawane przez mieszkańców województwa za najważniejsze nie ulegną znacznym przemianom. Będzie można jednak zaobserwować wzrost znaczenia środowiska naturalnego oraz otwartości na nowości.

Współdziałanie społeczne i wartość dobra wspólnego – wartości, które nie są mocną stroną polskiego społeczeństwa – zyskają nieco na znaczeniu dzięki pozytywnym wzorcom kreowanym w ramach współpracy podmiotów z sfer nauki, administracji i biznesu oraz dzięki działalności organizacji społecznych zainteresowanych problematyką nanotechnologii.

W sferze przemian prawnych, scenariusz zakłada korzystny rozwój regulacji w zakresie współpracy władz publicznych, przedsiębiorstw i nauki. Regionalne sieci współpracy umiejętnie skorzystają z możliwości oferowanych przez nowe prawo. Podmioty prowadzące działalność innowacyjną będą mogły liczyć na skuteczną i dostępną ochronę ich własności intelektualnej. Firmy i jednostki naukowe działające w obszarze nanotechnologii będą poruszać się w obrębie przepisów, które nie będą paraliżować ich aktywności i tworzenia nowych rozwiązań.

WIZJA

Rok 2020 przynosi w województwie podlaskim kolejne sukcesy lokalnych firm na rynkach krajowych i zagranicznych. Innowacyjne przedsiębiorstwa wzmacniają swoją pozycję w obranych przez siebie rynkowych niszach. Niebagatelną rolę w ich powodzeniu odgrywa obserwowany od dekady znaczny wzrost zainteresowania nanotechnologią oraz jej wykorzystanie do udoskonalania istniejących oraz kreowania nowych produktów i usług. Będąc świadkami i beneficjentami korzyści, jakie przynosi rozwój oparty na nowoczesnych technologiach, ludność województwa staje się bardziej otwarta na nowości oraz wysoko ceni postęp cywilizacyjny, przedsiębiorczość i współdziałanie dla osiągnięcia wspólnego celu. Podmioty administracji publicznej, jednostki naukowo-badawcze oraz przedsiębiorstwa tworzą silne i efektywne sieci współpracy. Dzięki temu umiejętnie korzystają z nowych instrumentów polityki państwa i Unii Europejskiej pobudzających innowacyjność i kładących duży nacisk na promocję zastosowań nanotechnologii w gospodarce. Władze regionu dostrzegły potrzebę oparcia rozwoju regionu na przełomowych technologiach, w szczególności na nanotechnologiach, i upatrują w tym szansę na społeczno-gospodarczy skok. Od kilku lat jest więc realizowana w województwie Regionalna Strategia Rozwoju Nanotechnologii.

Region staje u progu epokowej szansy nadrobienia cywilizacyjnego zapóźnienia względem reszty kraju i lepiej rozwiniętych państw Europy.

Scenariusz ambiwalencji rozwojowej. Podlaskie nanorozproszenie

Scenariusz S2

wysoki potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii

nieefektywne regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka-biznes-administracja

OPIS

Scenariusz ambiwalencji rozwojowej zakłada ukierunkowanie regionu na wzmocnienie sfery badawczej w dziedzinie nanotechnologii. Dzięki wysokiej aktywności w tej dziedzinie, a także pozyskanym środkom, można spodziewać się rozwinięcia laboratoriów i pozostałej infrastruktury badawczej, a także wzmocnionej aktywności badawczej opartej na tych zasobach. Rozwój infrastruktury badawczej będzie odbywał się przede wszystkim opierając się na publicznych źródłach finansowania. Niestety, wykorzystanie tej infrastruktury na potrzeby katalizowania rozwoju gospodarczego w regionie będzie bardzo małe. Spodziewać się można, że w sferze badawczej rozwiną się kierunki badawcze bardziej o charakterze teoretyczno-poznawczym niż aplikacyjnym. Region w zakresie wyników aktywności badawczej w dziedzinie nano oraz absorbowanych nakładów finansowych będzie odznaczał się dobrymi wskaźnikami na tle innych regionów. W regionie ukształtują się liczące się w skali kraju ośrodki badań w dziedzinie nano, wybrane badania będą miały wydźwięk międzynarodowy.

W niniejszym scenariuszu, transfer technologii do przedsięwzięć o komercyjnym charakterze stanowi jednak ograniczenie, które nie będzie pozwalało na właściwe wykorzystanie zbudowanego w regionie potencjału badawczego. Można więc spodziewać się ukształtowania się mechanizmów transferowania wyników badań do bardziej otwartych na kooperację obszarów gospodarczych. Prawdopodobnie wywiąże się współpraca z hubami technologicznymi w kraju i za granicą. Poprzez nie, rozwiązania wypracowane w regionie – najczę-

ściej już w zmienionym kształcie albo też jako pewne komponenty większych całości – będą komercjalizowane poza regionem.

Scenariusz przyjmuje, że gospodarka regionu będzie ciągle mało nasycona nanotechnologiami. Przedsiębiorstwa nie będą upatrywały w tym obszarze szczególnej szansy rozwojowej. Jedną z głównych przyczyn takiego stanu będzie słaba kooperacja pomiędzy podmiotami generującymi technologie a podmiotami wykorzystującymi je w celach komercyjnych.

W rozwoju, według tego scenariusza, nie wystąpi, zazwyczaj bardzo ważny na początkowym etapie rozwoju technologii, czynnik wsparcia ze strony organów administracji. Wsparcie to mogłoby mieć charakter promujący, umożliwiający, inicjujący i ułatwiający kontakty, wzmacniający relacje stron wymiany technologii, pomagający przy poszukiwaniu źródeł wsparcia finansowego, a w wybranych wypadkach także wsparcie zapewniający.

Scenariusz rozwojowy zakłada, że w dużej mierze utrzyma się obecny stan niskiego poziomu współpracy kooperacyjnej w triadzie nauka–biznes–administracja. Nie wystąpią czynniki, które pozwolą na przełamanie obecnego stanu słabej kooperacji. Każdy z elementów triady będzie skupiony przede wszystkim na swoich własnych celach, nie wchodząc w głębsze interakcje wzajemne prowadzące do przynoszącej realne efekty współpracy. Spodziewać się można, że w takiej sytuacji utrzyma się niskie znaczenie wartości związanych z przedsiębiorczością i wprowadzaniem różnorodnego typu innowacji. Jest to konsekwencja zbyt niskiego poziomu kapitału społecznego w regionie, szczególnie w zakresie współpracy i zaangażowania w nowatorskie przedsięwzięcia gospodarcze. W sferze rozwiązań prawnych nie wystąpią żadne wyraźne zmiany, które mogłyby ułatwić zdynamizowanie rozwoju regionu dzięki sprawnemu przepływowi wiedzy technologicznej. Niestety, ciągle nie powstaną właściwe ramy instytucjonalno-prawne – a nawet jeśli powstaną w kraju, to nie zafunkcjonują w naszym regionie – efektywnej współpracy różnorodnych podmiotów celem tworzenia nowatorskich rozwiązań o zastosowaniach komercyjnych opartych na wiedzy naukowo-technicznej.

Aktywność badawcza w obszarze nano z pewnością przyczyni się do budowania pozytywnego postrzegania nanotechnologii wśród mieszkańców regionu. Spodziewać się można, że różnego typu osiągnięcia badawcze będą miały oddźwięk w regionalnych mediach, a to z kolei, przełoży się na poprawę wiedzy o nanotechnologiach. Tak więc, aktywność badawcza wpłynie na pozytywne zmiany na płaszczyźnie świadomości nanotechnologii wśród mieszkańców regionu.

Według tego scenariusza spodziewać się należy wzrastającego przyptywu do regionu strumieni pieniężnych wspierających nanobadania zarówno z poziomu krajowego, jak i ze źródeł europejskich. Sfera badawcza regionu dobrze wykorzysta politykę krajową i europejską wspierającą badania w zakresie nanotechnologii. Niestety nie będzie poświęcało się zbyt wiele miejsca rozwojowi nanotechnologii w polityce regionalnej. Nie będzie to ani przedmiotem szerszych debat związanych z rozwojem regionu, ani też przedmiotem programowania rozwoju. Nanotechnologie będą stanowiły wątek poboczny w regionalnej strategii rozwoju.

WIZJA

Zespoły naukowe z województwa podlaskiego prowadzące badania z zakresu nanotechnologii zdobywają uznanie w kraju, a niekiedy również w Europie i na świecie. W regionie kształtują się silne ośrodki z powodzeniem pozyskujące ze źródeł publicznych (krajowych i europejskich) znaczne fundusze na infrastrukturę, laboratoria i badania. Niestety, brak zainteresowania lokalnego biznesu nanotechnologiami, dysfunkcyjne mechanizmy transferu technologii oraz niska kooperacja w triadzie nauka-biznes-administracja powodują, że innowacyjne nanotechnologie tworzone w regionie są (z sukcesem) komercjalizowane poza nim. Rozwój regionu toczy się zatem starym, powolnym rytmem. Mieszkańcy województwa cechują się względnie wysoką wiedzą o nanotechnologiach, lecz nie potrafią przekuć tego w społeczny klimat sprzyjający przedsiębiorczości, współdziałaniu i innowacyjności. Władze województwa nie dostrzegają w nanotechnologii szansy na skokowy rozwój. Jest to jedynie wątek poboczny w regionalnej strategii rozwoju.

Scenariusz niemocy rozwojowej – Podlaska nanobierność

Scenariusz S3

niski potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii

nieefektywne regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka-biznes-administracja

OPIS

Scenariusz niemocy rozwojowej zakłada, że do roku 2020 nie nastąpi istotny wzrost potencjału kadrowego województwa obejmującego akademickie zasoby kadrowe, pracowników sfery badawczo-rozwojowej, a także kwalifikacje kadr regionalnej gospodarki. Nanotechnologia pozostanie na marginesie zainteresowania zarówno naukowców, jak i przedsiębiorców. Prowadzone przez nielicznych badania w tym zakresie nie będą stanowić istotnego wkładu do światowych osiągnięć. Niedostatecznie wysoki poziom osiągnięć będzie związany między innymi z brakiem zainteresowania wysokiej klasy specjalistów od nanotechnologii osiedlaniem się i budowaniem zespołów badawczych w regionie.

W tym scenariuszu przewiduje się niską siłę kapitałową przedsiębiorstw oraz ogólnie słabą kondycję gospodarki regionu. Pogłębi się dysproporcja pomiędzy województwem i innymi regionami w kraju pod względem nakładów na badania i rozwój.

Podejście lokalnych firm do nanotechnologii będzie zachowawcze. Branże, które pracowały z nanotechnologiami w minionej dekadzie będą podtrzymywać zainteresowanie nowymi osiągnięciami w tym obszarze. Procesy globalizacyjne i rozwój nowych kanałów wymiany wiedzy sprawią, że dostęp do światowych technologii będzie łatwiejszy. Natomiast branże, które tradycyjnie nie stosowały nanotechnologii w procesach produkcyjnych pozostaną niezainteresowane poszukiwaniem potencjalnych korzyści z wdrożenia nanotechnologii. Generalnie, scenariusz nie przewiduje szczególnego wzrostu poziomu innowacyjności przedsiębiorstw w regionie.

Według tego scenariusza, istotnym hamulcem szybkiego rozwoju województwa będzie brak efektywnych sieci współpracy pomiędzy administracją publiczną, nauką i biznesem. Nieefektywne sieci współpracy będą stanowić poważną przeszkodę w czerpaniu korzyści z instrumentów polityki innowacyjnej

na szczeblu Unii Europejskiej, Polski, a także regionu.

Niezależnie od sytuacji w regionie, świadomość społeczna dotycząca nanotechnologii, jej zastosowań oraz oddziaływania na człowieka i środowisko, wzrośnie. Będzie ona kształtowana zarówno przez informacje medialne, jak też coraz szerszą dostępność nanoproduktów dla konsumentów. Społeczne zainteresowanie skutkami stosowania nanotechnologii wzbudzi aktywność organizacji i ruchów ekologicznych nawołujących bądź do radykalnych posunięć takich jak wprowadzenie zakazu stosowania nanotechnologii bądź przynajmniej do daleko posuniętej ostrożności w jej wykorzystywaniu.

Scenariusz przyjmuje, że nie ulegnie zmianie katalog wartości uznawanych przez społeczeństwo za najważniejsze. Dominujące pozostaną: zdrowie, przedsiębiorczość i środowisko naturalne. W związku ze wspomnianym wyżej szerszym dostępem do wiedzy i informacji wzrośnie wartość postępu, a także społeczna otwartość na nowości. Nieefektywne sieci współpracy spowodują jednak spadek znaczenia wartości dobra wspólnego i społecznego współdziałania.

Scenariusz zakłada wzrost liczby i form regulacji w zakresie współpracy władz publicznych, biznesu i nauki oraz przepisów chroniących własność intelektualną, jak również związanych z działalnością gospodarczą bazującą na nanotechnologiach. Przedsiębiorstwa funkcjonujące w województwie podlaskim – ze względu na niską innowacyjność i konkurencyjność (brak własnych laboratoriów badawczych, ograniczony dostęp do wysokiej jakości usług doradztwa prawnego) – nie będą jednak umiały skorzystać z możliwości, jakie dadzą nowe przepisy.

WIZJA

W ciągu ostatniej dekady województwo podlaskie konsekwentnie okupowało końcówki rankingów atrakcyjności inwestycyjnej, innowacyjności gospodarki oraz nakładów na badania i rozwój. Miejscowe władze, biznes i środowiska akademickie nie zdołały wypracować wspólnej wizji rozwojowej dla zapóźnionego cywilizacyjnie regionu i przekonać do tej wizji społeczeństwa, które zdaje się być już gotowe na zaakceptowanie nowego, odważnego i nietradycyjnego paradygmatu rozwoju województwa. Przedsiębiorstwa tylko sporadycznie

przejawiają ambicje kreowania unikalnej wartości dodanej swoich produktów opierając się na nanotechnologiach. Na bardzo małą skalę wykorzystują też możliwości pozyskiwania światowych nanotechnologii, jakie daje gospodarka. Z powodu braku prężnych sieci współpracy w triadzie nauka-biznes-administracja region traci (często bezpowrotnie) szansę, jaką daje unijna i krajowa polityka wspierania innowacyjnych przedsięwzięć w obszarze nanotechnologii.

Scenariusz ograniczeń rozwojowych. Podlaski nanozapał

Scenariusz S4

niski potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii

efektywne regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka-biznes-administracja

OPIS

Scenariusz ograniczeń rozwojowych zakłada do 2020 roku brak znaczącego wzrostu potencjału kadrowego dla nanotechnologii w województwie. Za barierę postępu w tym obszarze przyjmuje się wciąż niskie nakłady (względem reszty kraju) na badania i rozwój oraz niską atrakcyjność regionu dla polskich i zagranicznych specjalistów w obszarze nanotechnologii. Przyjmuje się, że region będzie na straconej pozycji na rynku specjalistycznych kadr ze względu na niemożność zaoferowania na szerszą skalę zadowalających wynagrodzeń oraz wystarczająco wysokiego poziomu naukowego i potencjału biznesowego realizowanych projektów.

Według tego scenariusza, silną stroną regionu jest intensywna i wielopłaszczyznowa współpraca władz, przedsiębiorstw, uczelni i instytutów badawczych oraz organizacji pozarządowych. Podmioty te będą rozumiały, że w obliczu ograniczonego potencjału województwa, kluczem do osiągnięcia wyższego wzrostu gospodarczego jest kooperacja oparta na wzajemnym rozumieniu potrzeb i zogniskowana na podnoszenie konkurencyjności regionu. Stąd, można spodziewać się owocnej synergii w staraniach o wsparcie z różnych programów, zarówno w zakresie badań podstawowych, jak i przemysłowych, a także wdrożeń i promocji nauki. Zaowocuje to stopniowym

wzrostem nakładów na B+R w województwie, co będzie skorelowane z podobnym trendem obserwowanym w skali kraju.

Scenariusz zakłada korzystne uwarunkowania polityczno-prawne dla rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Polityka innowacyjna na każdym poziomie (europejskim, krajowym i regionalnym) będzie dysponować instrumentami mogącymi wspierać ten kierunek rozwoju regionu. Wyklaruje się i ustabilizuje sytuacja prawna w zakresie współpracy władzy publicznej, nauki i przedsiębiorstw. Spodziewany jest również wzrost liczby i form regulacji chroniących własność intelektualną oraz przepisów dotyczących rozwijania i stosowania nanotechnologii.

Scenariusz przyjmuje, że wobec wciąż skromnego regionalnego potencjału badawczo-rozwojowego w obszarze nanotechnologii, przedsiębiorstwa zainteresowane stosowaniem nowoczesnych osiągnięć w tym zakresie będą sięgały niemal wyłącznie po rozwiązania zagraniczne, tym bardziej, że dzięki regionalnym sieciom współpracy dostęp do światowych nanotechnologii stanie się łatwiejszy. Jednakże, nie przewiduje się dużego wzrostu zainteresowania zastosowaniem nanotechnologii w działalności gospodarczej w regionie. Branże od dawna stosujące nanotechnologie utrzymają zainteresowanie tematem (medyczna, maszynowa, bieliźniarska), lecz nie pojawiają się nowe branże chętne do wprowadzania nanoinnowacji.

Rozwój nanotechnologii w ramach opisanego scenariusza nastąpi przy wysokim poziomie świadomości społeczeństwa oraz umiarkowanie intensywnej działalności ruchów ekologicznych. Mieszkańcy regionu – coraz wyżej ceniący postęp i coraz bardziej otwarci na nowości – będą relatywnie dobrze poinformowani o wynikach najnowszych badań w zakresie oddziaływania nanoproduktów na człowieka i środowisko. Prowadzone w regionie badania i projekty inwestycyjne będą uwzględniały przyrodniczy aspekt regionu oraz duże znaczenie, jakie społeczeństwo przywiązuje do zdrowia ludzkiego i ochrony środowiska naturalnego. Odnosi się wzrost kapitału społecznego w regionie, co przełoży się na widoczne przejawy społecznego współdziałania na rzecz dobra wspólnego.

WIZJA

Klimat w kraju i regionie do rozwoju działalności innowacyjnej, w tym z wykorzystaniem nanotechnologii jest korzystny. Zachodzą w województwie stopniowe zmiany społeczne dotyczące rozumienia znaczenia przedsiębiorczości w osiąganiu sukcesów indywidualnych, ale także regionu jako całości. Rosnąca otwartość na nowości tworzy sprzyjające warunki społeczne do rozwoju regionu opartego na badaniach naukowych i innowacyjnych przedsięwzięciach w obszarze nanotechnologii. Władze samorządowe, przedsiębiorstwa, uczelnie i instytuty badawcze oraz organizacje pozarządowe rozumieją potrzebę współpracy w celu podnoszenia konkurencyjności regionu. Rośnie liczba wspólnych projektów badawczych w zakresie nanotechnologii, powstają nowe kierunki studiów realizowane wspólnie przez uczelnie z udziałem przedsiębiorstw i instytucji otoczenia biznesu. Stale rosnący dostęp do międzynarodowych baz danych i sieci współpracy ułatwia realizację badań i przedsięwzięć biznesowych. Realizowane są projekty wdrożeniowe i transferu technologii. Potencjał gospodarczy województwa podlaskiego,

mimo stałej tendencji wzrostowej, pozostaje niestety jednym z najniższych w kraju. Podlaski nanoentuzjazm jest schładzany słabą pozycją na rynku specjalistycznych kadr oraz niewystarczająco wysokim poziomem naukowym i potencjałem biznesowym realizowanych projektów. Na tle niskiej kondycji ekonomicznej regionu, wciąż niewielkie są możliwości gospodarczego wykorzystania badań i nanotechnologii w gospodarce województwa, szczególnie w nowych branżach.

Zaprezentowane scenariusze stanowią cztery odmienne jakościowo ścieżki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Najbardziej pożądanym scenariuszem jest *Scenariusz nowych szans rozwojowych. Nano – nowy wymiar Podlasia* – opisujący funkcjonowanie regionu w warunkach wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii oraz efektywnych sieci współpracy podmiotów triady nauka–biznes–administracja: Stąd, projekcja *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku* jest ukierunkowana na wskazanie celów i działań umożliwiających osiągnięcie tego pożądanego stanu przyszłości.

5. Mapa rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim

Uznając, że ilustracja może być bardzo skuteczną formą komunikacji i instrumentem wizualizacji przyszłych zamierzeń, opracowano mapę rozwoju nanotechnologii (rys. 5.1).

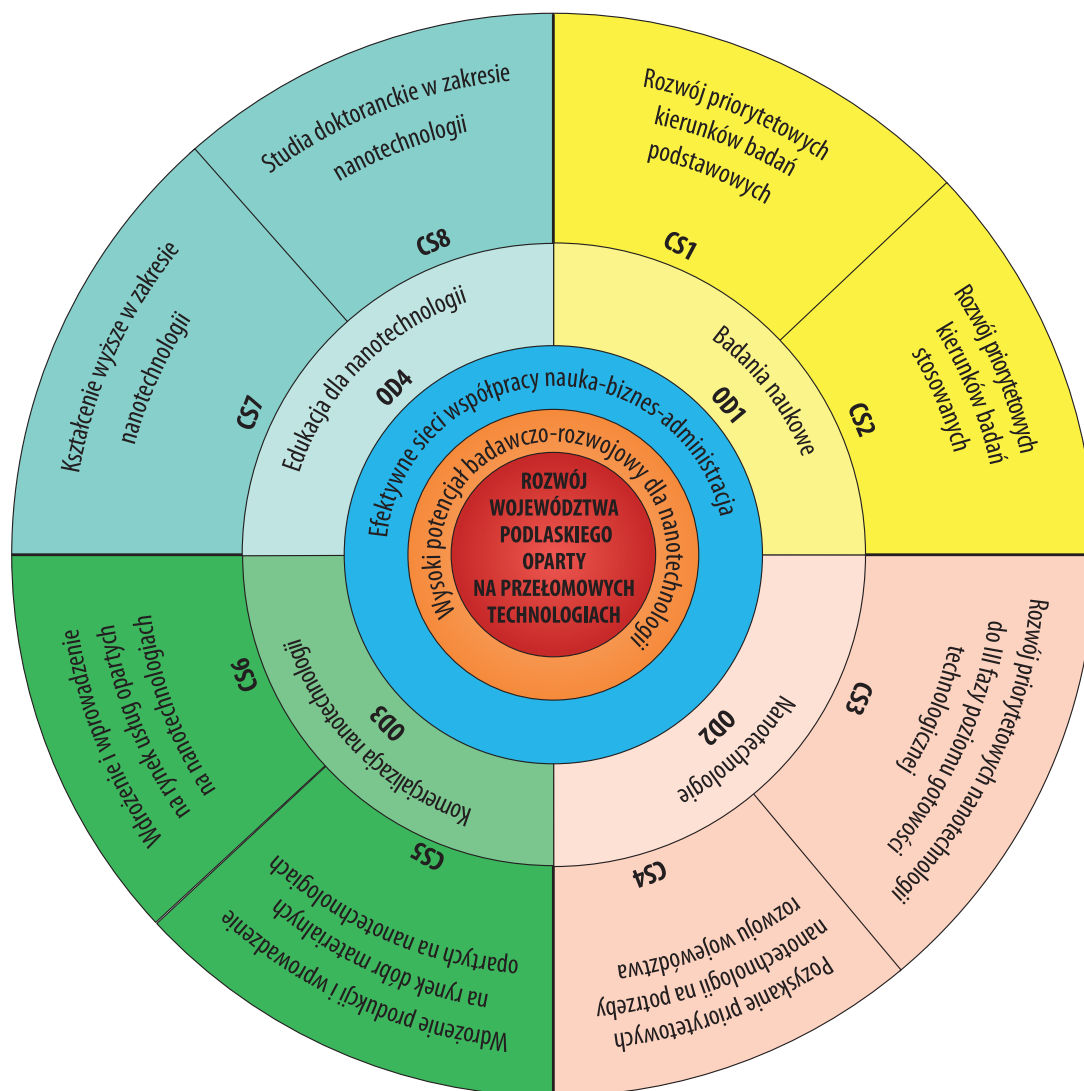
Mapa rozwoju nanotechnologii stanowi zwięzłą i klarowną formę przekazu treści opisującą podstawowe elementy strategii i ich wzajemne relacje. Służy ona wspomagananiu procesu decyzyjnego, stwarza możliwość klasyfikacji zagadnień oraz odgrywa istotną rolę w oddziaływaniu na percepcję odbiorców.

Mapę skonstruowano na bazie koła, którego płaszczyznę podzielono na cztery części odpowiadające obszarom działalności w zakresie nanotechnologii: badania naukowe (OD1),

nanotechnologie (OD2), komercjalizacja nanotechnologii (OD3) oraz edukacja dla nanotechnologii (OD4). Jej centralny punkt stanowi przyjęte założenie o rozwoju województwa podlaskiego opartym na przełomowych technologiach, do których zaliczono nanotechnologię. Kolejne kręgi wskazują dwa kluczowe czynniki sukcesu nanotechnologii: wysoki potencjał badawczo-rozwojowy dla nanotechnologii oraz efektywne regionalne sieci współpracy podmiotów: nauka-biznes-administracja.

Zewnętrzny okrąg prezentuje po dwa cele strategiczne (oznaczone kolejno od CS1 do CS8) dla każdego z obszarów działania.

Rys. 5.1. Mapa rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim



Źródło: opracowanie własne.

6. Cele strategiczne oraz kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim

Wskazane cele strategii rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim wpisują się w strategię europejską określoną w komunikacie Komisji Unii Europejskiej *Ku europejskiej strategii dla nanotechnologii* [18].

Zgodnie z opracowaną mapą rozwoju nanotechnologii dla każdego z obszarów zostały określone dwa cele strategiczne (CS).

OD1: Badania naukowe

- CS1. Rozwój priorytetowych kierunków badań podstawowych
- CS2. Rozwój priorytetowych kierunków badań stosowanych

OD2: Nanotechnologie

- CS3. Rozwój priorytetowych nanotechnologii do III fazy poziomu gotowości technologicznej
- CS4. Pozyskanie priorytetowych nanotechnologii na potrzeby rozwoju województwa

OD3: Komercjalizacja nanotechnologii

- CS5. Wdrożenie produkcji i wprowadzenie na rynek dóbr materialnych opartych na nanotechnologiach
- CS6. Wdrożenie i wprowadzenie na rynek usług opartych na nanotechnologiach

OD4: Edukacja dla nanotechnologii

- CS7. Kształcenie wyższe w zakresie nanotechnologii
- CS8. Studia doktoranckie w zakresie nanotechnologii

Zgodnie z hierarchią celów stanowiących element każdej strategii rozwoju przyjęto, że cele strategiczne o najwyższym znaczeniu uwzględniają przyjętą w dokumencie perspektywę 2020 roku. Odwołują się one do kierunków rozwoju województwa opartego na przełomowych technologiach w czterech głównych obszarach działania (OD1-OD4). Są również

zgodne z celami wyższego rzędu określonymi w dokumentach o znaczeniu krajowym i europejskim. Dodatkowo, na poziomie operacyjnym określono po dwa cele pomocnicze (CP) stanowiące konkretyzację każdego z ośmiu celów strategicznych.

Przyjęte w *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku* cele pomocnicze zostały zredagowane zgodnie z zasadą SMART, czyli są: precyzyjnie sformułowane, mierzalne, ambitne, realistyczne i określone w czasie.

OD1: Badania naukowe

CS1. Rozwój priorytetowych kierunków badań podstawowych

- CP1: Pozyskiwanie do współpracy z regionem naukowców z kraju i zagranicy mogących prowadzić zaawansowane badania podstawowe w dziedzinie nanotechnologii
- CP2: Utworzenie sieci współpracy między ośrodkami naukowymi mających na celu wspólne aplikowanie o fundusze na realizację projektów badawczych
- CP3: Stworzenie systemu wspierania finansowego i organizacyjnego zespołów naukowych prowadzących badania w zakresie priorytetowych kierunków badań podstawowych
- CP4: Stworzenie oferty specjalistycznego doradztwa w zakresie opracowywania wniosków projektowych, mających na celu pozyskanie funduszy na badania podstawowe w zakresie priorytetowych kierunków badań podstawowych

CS2. Rozwój priorytetowych kierunków badań stosowanych

- CP1: Pozyskiwanie do współpracy z regionem naukowców z kraju i zagranicy mogących prowadzić zaawansowane badania stosowane w dziedzinie nanotechnologii
- CP2: Stworzenie systemu wspierania finansowego i organizacyjnego zespołów nauko-

wych prowadzących badania w zakresie priorytetowych kierunków badań stosowanych

CP3: Tworzenie sieci współpracy pomiędzy ośrodkami naukowymi a sferą biznesu mających na celu wspólne aplikowanie o fundusze na realizację projektów badawczych z zakresu priorytetowych kierunków badań stosowanych

CP4: Przyjęcie priorytetowych kierunków badań stosowanych z zakresu nanotechnologii jako jednego z głównych priorytetów badawczych w działalności Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego

OD2: Nanotechnologie

CS3. Rozwój priorytetowych nanotechnologii do III fazy poziomu gotowości technologicznej

CP1: Wspieranie współpracy szkół wyższych, jednostek badawczych, przedsiębiorstw, instytucji wspierania biznesu oraz władz regionalnych wokół problematyki rozwoju w regionie prac wdrożeniowych na wysokim poziomie gotowości technologicznej z zakresu priorytetowych nanotechnologii

CP2: Stworzenie systemu wspierania finansowego i organizacyjnego zespołów naukowo-przemysłowych prowadzących prace wdrożeniowe na wysokim poziomie gotowości technologicznej w zakresie priorytetowych nanotechnologii

CP3: Wspieranie rozwoju struktury B+R („bieguny doskonałości”) z uwzględnieniem potrzeb przemysłu i instytucji naukowo-badawczych w województwie w zakresie podwyższania poziomu gotowości technologicznej nanotechnologii opracowanych w regionie

CS4. Pozyskanie priorytetowych nanotechnologii na potrzeby rozwoju województwa

CP1: Wspieranie współpracy szkół wyższych, jednostek badawczych, przedsiębiorstw, instytucji wspierania biznesu oraz władz regionalnych w zakresie upowszechniania wiedzy na temat nanotechnologii oraz źródeł ich powstawania i pozyskiwania

CP2: Wspieranie i rozwój kontaktów i współpracy podlaskich przedsiębiorców i naukowców z krajowymi i światowymi wytwórcami i dostawcami nanotechnologii

CP3: Wspieranie i promowanie przedsiębiorstw pozyskujących i wdrażających do produkcji priorytetowe nanotechnologie

OD3: Komerccjalizacja nanotechnologii

CS5. Wdrożenie produkcji i wprowadzenie na rynek dóbr materialnych opartych na nanotechnologiach

CP1: Stworzenie efektywnego systemu oceny innowacyjności rozwiązań technologicznych, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań nanotechnologii, w przedsięwzięciach korzystających ze wsparcia publicznego

CP2: Wspieranie rozwoju zastosowań nanotechnologii w istniejących w województwie gałęziach przemysłu, przede wszystkim w produkcji urządzeń medycznych, przetwórstwie tworzyw sztucznych, przemyśle tekstylnym, drzewnym, spożywczym i materiałów budowlanych

CP3: Przyciąganie inwestycji firm zagranicznych dysponujących potencjałem nanotechnologicznym

CS6. Wdrożenie i wprowadzenie na rynek usług opartych na nanotechnologiach

CP1: Wspieranie przedsiębiorstw we wprowadzaniu usług opartych na nanotechnologiach

CP3: Promocja regionu oparta na ofercie specyficznych usług wykorzystujących nanotechnologie

CP4: Powołanie sieci współpracy „Nano-Podlaskie”

OD4: Edukacja dla nanotechnologii

CS7. Kształcenie wyższe w zakresie nanotechnologii

CP1: Uruchamianie i rozwój kierunków studiów zorientowanych na nanotechnologie oraz inne technologie przełomowe (nano-bio-info-kogno)

CP2: Rozwój współpracy uczelni z przedsiębiorstwami w zakresie kształcenie wysokiej klasy specjalistów na potrzeby przedsiębiorstw wdrażających i stosujących nanotechnologie

CP3: Stworzenie na kierunkach studiów specjalności ukierunkowanych na przemysł i usługi kreatywne, zorientowane na przełomowe technologie (nano-bio-info-kogno)

CP4: Rozwój kształcenia w zakresie brokera nowoczesnych technologii (nano-bio-info-kogno)

CS8. Studia doktoranckie w zakresie nanotechnologii

CP1: Rozwój kształcenia na poziomie studiów III stopnia z zakresu nanotechnologii i innych technologii przełomowych (nano-bio-info-kogno)

CP2: Kształcenie młodych talentów na potrzeby pracy w interdyscyplinarnych, międzynarodowych zespołach badawczych w obszarze nanotechnologii

CP3: Wprowadzenie na studiach III stopnia kształcenia zorientowanego na potrzeby przedsiębiorstw wdrażających i stosujących przełomowe technologie (nano-bio-info-kogno)

CP4: Wprowadzenie na studiach III stopnia kształcenia zorientowanego na potrzeby sektora przemysłów i usług kreatywnych, zorientowanych na przełomowe technologie (nano-bio-info-kogno)

Obok celów strategicznych i pomocniczych w ramach *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku* wskazano następujące kierunki strategicznej interwencji:

1. Powołanie sieci współpracy „Nano-Podlaskie”.
2. Stymulowanie zaangażowania instytucjonalnego i społecznego wokół pozyskiwania środków finansowych na realizację celów zidentyfikowanych we wskazanych obszarach badawczych.
3. Wspieranie współpracy szkół wyższych, przedsiębiorstw, jednostek badawczych oraz władz regionalnych wokół problematyki rozwoju technologicznego regionu.

4. Pozyskiwanie do współpracy z regionem naukowców z kraju i zagranicy mogących prowadzić zaawansowane badania w dziedzinie nanotechnologii.
5. Tworzenie specjalistycznego zaplecza badawczego w zakresie nanotechnologii.
6. Kształcenie młodych talentów na potrzeby pracy w interdyscyplinarnych zespołach badawczych.
7. Kształcenie na potrzeby przedsiębiorstw wdrażających nanotechnologie.
8. Wspieranie przedsięwzięć biznesowych we wprowadzaniu produkcji i usług opartych na nanotechnologiach.
9. Budowę konsensusu społecznego wokół priorytetowych kierunków rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim.

Wskazane kierunki strategicznej interwencji pozwolą zniwelować istniejące bariery rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Stworzy to warunki do jego rozwoju opartego na przełomowych technologiach. Mając na uwadze słabe rezultaty dotychczasowych działań regionalnych decydentów, oparcie rozwoju województwa podlaskiego na przełomowych technologiach może przynieść zaskakująco pozytywne rezultaty. Uzyskany dzięki takiemu podejściu wzrost poziomu innowacyjności podlaskich przedsiębiorstw przyczyni się do szybszego rozwoju społeczno-gospodarczego całego regionu oraz pozwoli na podniesienie jego rangi w gospodarce krajowej i europejskiej.

7. Program i harmonogram wdrażania strategii

Osiągnięcie celów strategicznych i pomocniczych (operacyjnych) będzie możliwe dzięki realizacji działań przypisanych do poszczególnych celów operacyjnych. Do każdego celu pomocniczego zaproponowano do 4 działań (tab. 7.1). Do realizacji poszczególnych działań wyznaczono 4 okresy: A – działanie ma charakter ciągły, B – okres na jego realizację wynosi 2 lata (do 2015), C – 4 lata (do 2017), D – 7 lat (do 2020).

Proces wdrażania strategii ma podstawowe znaczenie dla uzyskania spodziewanych korzyści w planowanym okresie. Jest to szczególnie istotne w przypadku strategii dla określonej branży lub jednostki terytorialnej, gdzie występuje duża grupa podmiotów, od których zależy osiągnięcie celów dokumentu. Z taką sytuacją mamy do czynienia w przypadku *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku*.

Do prac nad realizacją strategii wskazane byłoby powołanie Komitetu Sterującego, odpowiedzialnego za koordynację i monitorowanie wdrażania strategii, w którym powinni

znaleźć się przedstawiciele z następujących środowisk:

- Zarządu Województwa Podlaskiego;
- największych miast regionalnych;
- przedsiębiorców z priorytetowych branż nanotechnologicznych w regionie;
- zrzeszeń przedsiębiorców;
- Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego;
- specjalnych stref ekonomicznych działających w regionie;
- klastrów technologicznych;
- podmiotów otoczenia biznesu;
- uczelni wyższych i instytucji badawczych;
- organizacji pozarządowych, fundacji regionalnych, samorządu gospodarczego, a także zarządzających kluczowymi dla regionu instytucjami.

Na poziomie poszczególnych celów strategicznych wskazane byłoby powołanie grup wdrażających, na czele z członkiem Komitetu Sterującego. Członkowie grup wdrażających mogliby zostać powołani przez Komitet Sterujący w drodze otwartego naboru.

Tab. 7.1. Zestawienie celów i działań strategii

Czas realizacji: A – działanie ciągłe; B – 2 lata; C – 4 lata; D – 7 lat

Obszar	Cel strategiczny	Cel pomocniczy	Działania	Czas realizacji
				(A-D)
Badania naukowe	Rozwój priorytetowych kierunków badań podstawowych	1.1. Pozyskiwanie do współpracy z regionem naukowców z kraju i zagranicy mogących prowadzić zaawansowane badania w dziedzinie nanotechnologii	1.1.1. Realizacja wspólnych grantów przez uczelnie regionalne we współpracy z naukowcami z kraju i ze świata	A
			1.1.2. Zlecenie ekspertyz i badań naukowcom z innych ośrodków w ramach prac naukowych	A
			1.1.3. Programy wymiany stażowej	A
			1.1.4. Wykreowanie w regionie konferencji naukowej dotyczącej nanotechnologii	D
		1.2. Utworzenie sieci współpracy między ośrodkami naukowymi mających na celu wspólne aplikowanie o fundusze na realizację projektów badawczych	1.2.1. Podpisanie umów partnerskich z innymi ośrodkami akademickimi, instytutami krajowymi i zagranicznymi	B
			1.2.2. Włączenie uczelni podlaskich do istniejących sieci współpracy międzynarodowej realizowanej na zasadach networkingu	A
			1.2.3. Powołanie zespołów opracowujących dokumentację aplikacyjną	B
		1.3. Stworzenie systemu wspierania finansowego i organizacyjnego zespołów naukowych prowadzących badania w zakresie priorytetowych kierunków badań podstawowych	1.3.1. Fundusz celowy utworzony ze środków UE lub krajowych	D
			1.3.2. Stworzenie fundacji wspierania badań podstawowych ukierunkowanych na rozwój nanotechnologii w różnych obszarach gospodarki regionalnej	C
		1.4. Stworzenie oferty specjalistycznego doradztwa w zakresie opracowywania wniosków projektowych mających na celu pozyskanie funduszy na badania podstawowe w zakresie priorytetowych kierunków badań podstawowych	1.4.1. Utworzenie zespołu specjalistycznych doradców w zakresie opracowywania wniosków projektowych, przy BPN-T lub uczelni wyższej	B
			1.4.2. Utworzenie sieci doradców wspierających projektodawców projektów nanotechnologicznych	B

Obszar	Cel strategiczny	Cel pomocniczy	Działania	Czas realizacji (A-D)
Badania naukowe	Rozwój priorytetowych kierunków badań stosowanych	2.1. Pozyskiwanie do współpracy z regionem naukowców z kraju i zagranicy mogących prowadzić zaawansowane badania stosowane w dziedzinie nanotechnologii	2.1.1. Realizacja wspólnych grantów przez uczelnie regionalne we współpracy z instytucjami przemysłowymi i biznesem z kraju i ze świata	A
			2.1.2. Zlecenie ekspertyz i badań naukowcom z innych ośrodków w ramach prac naukowych	A
			2.1.3. Programy wymiany stażowej	A
		2.2. Stworzenie systemu wspierania finansowego i organizacyjnego zespołów naukowych prowadzących badania w zakresie priorytetowych kierunków badań stosowanych	2.2.1. Fundusz celowy utworzony ze środków UE lub krajowych	D
			2.2.2. Stworzenie klastra wspierania badań stosowanych ukierunkowywanych na rozwój nanotechnologii w różnych obszarach gospodarki regionalnej	C
			2.2.3. Stworzenie funduszu załączkowego	C
		2.3. Tworzenie sieci współpracy pomiędzy ośrodkami naukowymi a sferą biznesu mających na celu wspólne aplikowanie o fundusze na realizację projektów badawczych z zakresu priorytetowych kierunków badań stosowanych	2.3.1. Podpisanie umów partnerskich z przedsiębiorstwami krajowymi i zagranicznymi oraz stowarzyszeniami branżowymi	B
			2.3.2. Włączenie uczelni podlaskich do istniejących sieci współpracy międzynarodowej w obszarze nanotechnologii	A
			2.3.3. Powołanie zespołów opracowujących dokumentację aplikacyjną	B
		2.4. Przyjęcie priorytetowych kierunków badań stosowanych z zakresu nanotechnologii jako głównego priorytetu badawczego w działalności Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego	2.4.1. Wypracowanie kierunków rozwoju BPN-T w triadzie nauka–biznes–administracja w obszarze nanotechnologii	B

Obszar	Cel strategiczny	Cel pomocniczy	Działania	Czas realizacji (A-D)
Nanotechnologie	Rozwój priorytetowych nanotechnologii do III fazy poziomu gotowości technologicznej	3.1. Wspieranie współpracy szkół wyższych, jednostek badawczych, przedsiębiorstw, instytucji wspierania biznesu oraz władz regionalnych wokół problematyki rozwoju w regionie prac wdrożeniowych na wysokim poziomie gotowości technologicznej z zakresu priorytetowych nanotechnologii	3.1.1. Powołanie regionalnej instytucji koordynującej badania i wdrożenia w obszarze nanotechnologii	B
			3.1.2. Realizacja wspólnych projektów rozwojowych w triadzie nauka–biznes–administracja	A
			3.1.3. Programy wymiany stażowej pomiędzy pracownikami biznesu, administracji i nauki.	A
		3.2. Stworzenie systemu wspierania finansowego i organizacyjnego zespołów naukowo-przemysłowych prowadzących prace wdrożeniowe na wysokim poziomie gotowości technologicznej w zakresie priorytetowych nanotechnologii	3.2.1. Powołanie specjalnego funduszu celowego	D
			3.2.2. Stworzenie systemu crowdfundingu	D
			3.2.3. Stworzenie funduszu załączkowego	D
		3.3. Wspieranie rozwoju struktury B+R („bieguny doskonałości”) z uwzględnieniem potrzeb przemysłu i instytucji naukowo-badawczych w województwie w zakresie podwyższania poziomu gotowości technologicznej nanotechnologii opracowanych w regionie	3.3.1. Określenie biegunów doskonałości regionu	C
			3.3.2. Nakreślenie porozumienia i planów realizacji	C
			3.3.3. Realizacja projektów infrastrukturalnych i badawczych	D

Obszar	Cel strategiczny	Cel pomocniczy	Działania	Czas realizacji (A-D)
Nanotechnologie	Pozyskanie priorytetowych nanotechnologii na potrzeby rozwoju województwa	4.1. Wspieranie współpracy szkół wyższych, jednostek badawczych, przedsiębiorstw, instytucji wspierania biznesu oraz władz regionalnych w zakresie upowszechniania wiedzy na temat nanotechnologii oraz źródeł ich powstawania i pozyskiwania	4.1.1. Realizacja wspólnych projektów edukacyjnych	A
			4.1.2. Programy wymiany stażowej pomiędzy pracownikami biznesu, administracji i nauki	A
		4.2. Wspieranie i rozwój kontaktów i współpracy podlaskich przedsiębiorców i naukowców z krajowymi i światowymi wytwórcami i dostawcami nanotechnologii	4.2.1. Stworzenie bazy danych ekspertów i nanotechnologii powiązanych z branżami nano w regionie	B
			4.2.2. Realizacja wspólnych grantów przez uczelnie regionalne we współpracy z ośrodkami z kraju i ze świata	A
			4.2.3. Wykreowanie w regionie konferencji naukowej dotyczącej nanotechnologii	D
		4.3. Wspieranie i promowanie przedsiębiorstw poszukujących i wdrażających do produkcji priorytetowe nanotechnologie	4.3.1. Organizacja wyjazdów na targi	A
			4.3.2. Poszukiwanie rynków zbytu dla firm regionalnych	A
			4.3.3. Organizacja międzynarodowych konkursów i wystaw podlaskich produktów nanotechnologicznych	A

Obszar	Cel strategiczny	Cel pomocniczy	Działania	Czas realizacji
				(A-D)
Komerccjalizacja nanotechnologii	Wdrożenie produkcji i wprowadzenie na rynek dóbr materialnych opartych na nanotechnologiach	5.1. Stworzenie efektywnego systemu oceny innowacyjności rozwiązań technologicznych, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań nanotechnologii, w przedsięwzięciach korzystających ze wsparcia publicznego	5.1.1. Powołanie zespołu do spraw opracowania kryteriów oceny innowacyjności uwzględniających nanotechnologie	C
			5.1.2. Opracowanie kryteriów oceny innowacyjnych rozwiązań przez zespół ekspercki	C
			5.1.3. Prowadzenie bieżącej ewaluacji kryteriów oceny innowacyjności	C
		5.2. Wspieranie rozwoju zastosowań nanotechnologii w istniejących w województwie gałęziach przemysłu, przede wszystkim w produkcji urządzeń medycznych, przetwórstwie tworzyw sztucznych, przemyśle tekstylnym, drzewnym, spożywczym i materiałów budowlanych	5.2.1. Przygotowanie i stała aktualizacja zastosowań nanotechnologii w gałęziach przemysłu (w tym Best Practise)	C
			5.2.2. Utworzenie bazy przedsiębiorstw z województwa podlaskiego pod kątem przyszłego wykorzystania nanotechnologii	B
			5.2.3. Wprowadzenia punktów w kryteriach oceny projektów innowacyjnych finansowanych z RPOWP perspektywa 2014-2020	B
		5.3. Przyciąganie inwestycji firm zagranicznych dysponujących potencjałem nanotechnologicznym	5.3.1. Przeszkolenie pracowników do kontaktów z inwestorami	B
			5.3.2. Opracowanie oferty w językach obcych dla inwestorów zagranicznych	B
			5.3.3. Przygotowanie bazy zagranicznych firm z potencjałem nanotechnologicznym	C

Obszar	Cel strategiczny	Cel pomocniczy	Działania	Czas realizacji
				(A-D)
Komerccjalizacja nanotechnologii	Wdrożenie i wprowadzenie na rynek usług opartych na nanotechnologiach	6.1. Wspieranie przedsiębiorstw we wprowadzaniu usług opartych na nanotechnologiach	6.1.1. Utworzenie funduszu i zasad wsparcia przedsiębiorstw z województwa podlaskiego wprowadzających usługi oparte na nanotechnologiach	B
			6.1.2. Przygotowanie dobrych praktyk z innych rynków w zakresie wspierania usług nanotechnologicznych	B
		6.2. Promocja regionu oparta na ofercie specyficznych usług wykorzystujących nanotechnologie	6.2.1. Przygotowanie materiałów promocyjnych województwa i włączenie ich do kompleksowego programu promocji całego województwa	B
			6.2.2. Wsparcie na imprezach targowych firmy z województwa podlaskiego wykorzystujące nanotechnologie	C
			6.2.3. Organizacja konkursów dla firm z województwa podlaskiego wykorzystujących usługi nanotechnologiczne	B
		6.3. Powołanie sieci współpracy „Nano-Podlaskie”	6.3.1. Przygotowanie zespołu koordynującego współpracę „Nano-Podlaskie” oraz zapewnienie niezbędnej infrastruktury i zasobów do jego działania	B
			6.3.2. Powołanie członków zespołu „Nano-Podlaskie”	B
			6.3.3. Ustalenie celów działania oraz zasad funkcjonowania sieci współpracy „Nano-Podlaskie”	B

Obszar	Cel strategiczny	Cel pomocniczy	Działania	Czas realizacji
				(A-D)
Edukacja dla nanotechnologii	Kształcenie wyższe w zakresie nanotechnologii	7.1. Uruchamianie i rozwój kierunków studiów zorientowanych na nanotechnologie oraz inne technologie przełomowe (nano-bio-info-kogno)	7.1.1. Opracowanie koncepcji uruchomienia kierunków studiów z podziałem na regionalnych aktorów	B
			7.1.2. Przygotowanie wniosków o utworzenie kierunków	C
			7.1.3. Uruchomienie kierunków studiów z uwzględnieniem priorytetowych nanotechnologii	C
		7.2. Rozwój współpracy uczelni z przedsiębiorstwami w zakresie kształcenia wysokiej klasy specjalistów na potrzeby przedsiębiorstw wdrażających i stosujących nanotechnologie	7.2.1. Opracowanie systemu szkoleń we współpracy w układzie biznes-nauka	C
			7.2.2. Realizacja staży zawodowych	C,D
			7.2.3. Wymiana pracowników w układzie biznes-nauka	C,D
		7.3. Stworzenie na kierunkach studiów specjalności ukierunkowanych na przemysł i usługi kreatywne, zorientowane na przełomowe technologie (nano-bio-info-kogno)	7.3.1. Opracowanie koncepcji uruchomienia specjalności z podziałem na regionalnych aktorów	B
			7.3.2. Uruchomienie kierunków studiów z uwzględnieniem priorytetowych nanotechnologii	C
		7.4. Rozwój kształcenia w zakresie brokera nowoczesnych technologii (nano-bio-info-kogno)	7.4.1. Opracowanie systemu szkoleń dla brokerów nowoczesnych technologii	B

Obszar	Cel strategiczny	Cel pomocniczy	Działania	Czas realizacji
				(A-D)
Edukacja dla nanotechnologii	Studia doktoranckie w zakresie nanotechnologii	8.1. Rozwój kształcenia na poziomie studiów III stopnia z zakresu nanotechnologii i innych technologii przełomowych (nano-bio-info-kogno)	8.1.1. Opracowanie koncepcji uruchomienia studiów III stopnia	C
			8.1.2. Uruchomienie studiów III stopnia	D
		8.2. Kształcenie młodych talentów na potrzeby pracy w interdyscyplinarnych, międzynarodowych zespołach badawczych w obszarze nanotechnologii	8.2.1. Opracowanie systemu identyfikacji młodych talentów	B
			8.2.2. Powołanie międzyuczelnianej grupy do spraw kształcenia i rozwoju takich talentów	C
			8.2.3. Powoływanie młodych talentów na członków grup badawczych	D
		8.3. Wprowadzenie na studiach III stopnia kształcenia zorientowanego na potrzeby przedsiębiorstw wdrażających i stosujących przełomowe technologie (nano-bio-info-kogno)	8.3.1. Wprowadzenie na studiach III stopnia kształcenia zorientowanego na priorytetowe nanotechnologie w regionie	D
		8.4. Wprowadzenie na studiach III stopnia kształcenia zorientowanego na potrzeby sektora przemysłowego i usług kreatywnych, zorientowanych na przełomowe technologie (nano-bio-info-kogno)	8.4.1. Wprowadzenie na studiach III stopnia kształcenia zorientowanego na potrzeby sektora przemysłowego i usług kreatywnych	D

Źródło: opracowanie własne.

8.1. Określenie głównych grup beneficjentów strategii

Województwo podlaskie należy do grupy regionów o najniższym poziomie innowacyjności, a przez to peryferyjnych. Charakteryzuje się ono niskim poziomem rozwoju gospodarczego, ograniczoną dostępnością komunikacyjną i terytorialną, niskim poziomem infrastruktury i kapitału ludzkiego. Autorzy projektu „*Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>*”. *Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*” odwołują się do endogenicznej koncepcji rozwoju regionów peryferyjnych, zgodnie z którą decydującą rolę w uruchomieniu procesów rozwojowych mają odgrywać czynniki wewnętrzne, takie jak postawy społeczeństwa, jego motywacja i umiejętności działania, zdolności do kreowania regionalnego systemu innowacji. Zgodnie z tą koncepcją należy więc poszukiwać potencjału w cechach danego regionu, które nawiązują do lokalnej specyfiki i w związku z tym wymagają specyficznej trajektorii rozwoju. Przyjęto, że głównym wyzwaniem województwa podlaskiego będzie zapoczątkowanie w nim procesów umożliwiających: rozwój, przełamanie peryferyjności i stopniową zmianę struktury lokalnej gospodarki w kierunku gospodarki opartej na wiedzy. Zdaniem autorów projektu „*Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>*”. *Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*”, nanoinnowacja powinna być główną siłą napędową wzrostu produktywności regionu, chroniąc jednocześnie jego niepowtarzalne walory środowiskowe. Daje ona zarazem szansę na uruchomienie dotychczasowego potencjału endogenicznego województwa podlaskiego – dzięki aplikacji nanotechnologii do już istniejących w regionie branż z wysokim potencja-

łem jej zastosowania (produkcja artykułów spożywczych, produkcja drewna i wyrobów z drewna, medycyna, sektor bieliźniarski). Z drugiej strony, zakłada również dążenie do dywersyfikacji specjalizacji regionalnej i budowy nowego potencjału dla gospodarki innowacyjnej [109].

Takie spojrzenie na identyfikację szans rozwoju w odniesieniu do regionów peryferyjnych pojawia się także w ekspertyzie *Znaczenie przemysłu dla „inteligentnego i trwałego” rozwoju regionu Polski Wschodniej oraz podejmowanych działań dotyczących jego restrukturyzacji i modernizacji* opracowanej dla Ministerstwa Rozwoju Regionalnego w 2011 roku. Zgodnie z opinią autorów tego dokumentu, jednym z potencjalnych czynników przełamujących dotychczasową trajektorię rozwoju przemysłu w całej Polsce Wschodniej (w tym także w województwie podlaskim) mogłoby być pojawienie się „okien sposobności lokalizacyjnych”, w rezultacie powstania skupień nowych technologii i obszarów eksploatacji nowych surowców [32].

Dla uruchomienia procesów innowacyjnych – w sytuacji regionu o niewielkim potencjale – konieczne jest wytworzenie odpowiedniej masy krytycznej między innymi dzięki pomocy publicznej i trafnej polityce regionalnej, w tym zintensyfikowanie instytucjonalnych form współpracy pomiędzy: organami władzy państwowej i samorządowej, uczelniami, przedsiębiorstwami i innymi podmiotami zainteresowanymi absorpcją i rozwijaniem najnowocześniejszych technologii. Niezbędne jest również wytworzenie – poprzez publiczną dyskusję – konsensusu społecznego dotyczą-

cego oparcia strategii rozwoju województwa podlaskiego na nanotechnologii i jej aplikacjach [109].

W celu uzyskania wspomnianego konsensusu konieczne jest wypracowanie systemu promocji *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii* w relacji do zidentyfikowanych grup interesariuszy dokumentu.

Opracowany system zarządzania jednostką terytorialną lub sektorem gospodarki może być również wykorzystywany jako element wiarygodności, przewidywalności i profesjonalizmu aktorów/podmiotów odpowiedzialnych za rozwój danego obszaru. Warunkiem jest jednak tutaj umiejętne wykorzystywanie wypracowanego sposobu postępowania w promocji wewnętrznej i zewnętrznej [57].

Projekt osadzony w realiach województwa podlaskiego, które jako całość jest odbiorcą rezultatów projektu, posiada również wymiar ogólnokrajowy i międzynarodowy. Opracowana strategia przyczyni się do intensyfikacji rozwoju województwa podlaskiego poprzez odpowiednie wykorzystanie potencjału badawczego i rozwojowego, co pozwoli także zwiększyć jego rangę poza granicami regionu. Wskazuje ona bowiem właściwe kierunki badań naukowych oraz prac rozwojowych dla poprawy rozwoju regionu, a także może być pomocna w jego programowaniu.

Opracowany dokument stanie się przedmiotem upowszechnienia społecznego ukierunkowanego na różne kategorie interesariuszy funkcjonujących w ramach triady nauka-biznes-administracja, jak również na całą społeczność województwa podlaskiego. Osiągnięte wówczas założone cele. Szczegółowy wykaz odbiorców działań promocyjnych strategii zaprezentowano na rys. 8.1.

Odbiorcami działań upowszechniających założenia strategii, będą: uczelnie wyższe, ośrodki naukowo-badawcze, przedsiębiorstwa, sieci naukowo-badawcze, ośrodki planistyczne, decyzyjne i opiniotwórcze kształtujące przyszłość województwa podlaskiego. To w nich będą miały zastosowanie wypracowane w ramach projektu i zaprezentowane w strategii propozycje rozwojowe. W zakresie trzech zasadniczych obszarów badawczych wyodrębnionych w projekcie:

- Nanotechnologie w gospodarce Podlasia (POB1);
- Badania naukowe w zakresie nanotechnologii na rzecz rozwoju Podlasia (POB2);

- Kluczowe czynniki rozwoju nanotechnologii podlaskiej (POB3).

zidentyfikowano kilka charakterystycznych grup odbiorców zainteresowanych jego rezultatami.

Uczelnie wyższe, jednostki naukowo-badawcze i instytucje edukacyjne w województwie podlaskim

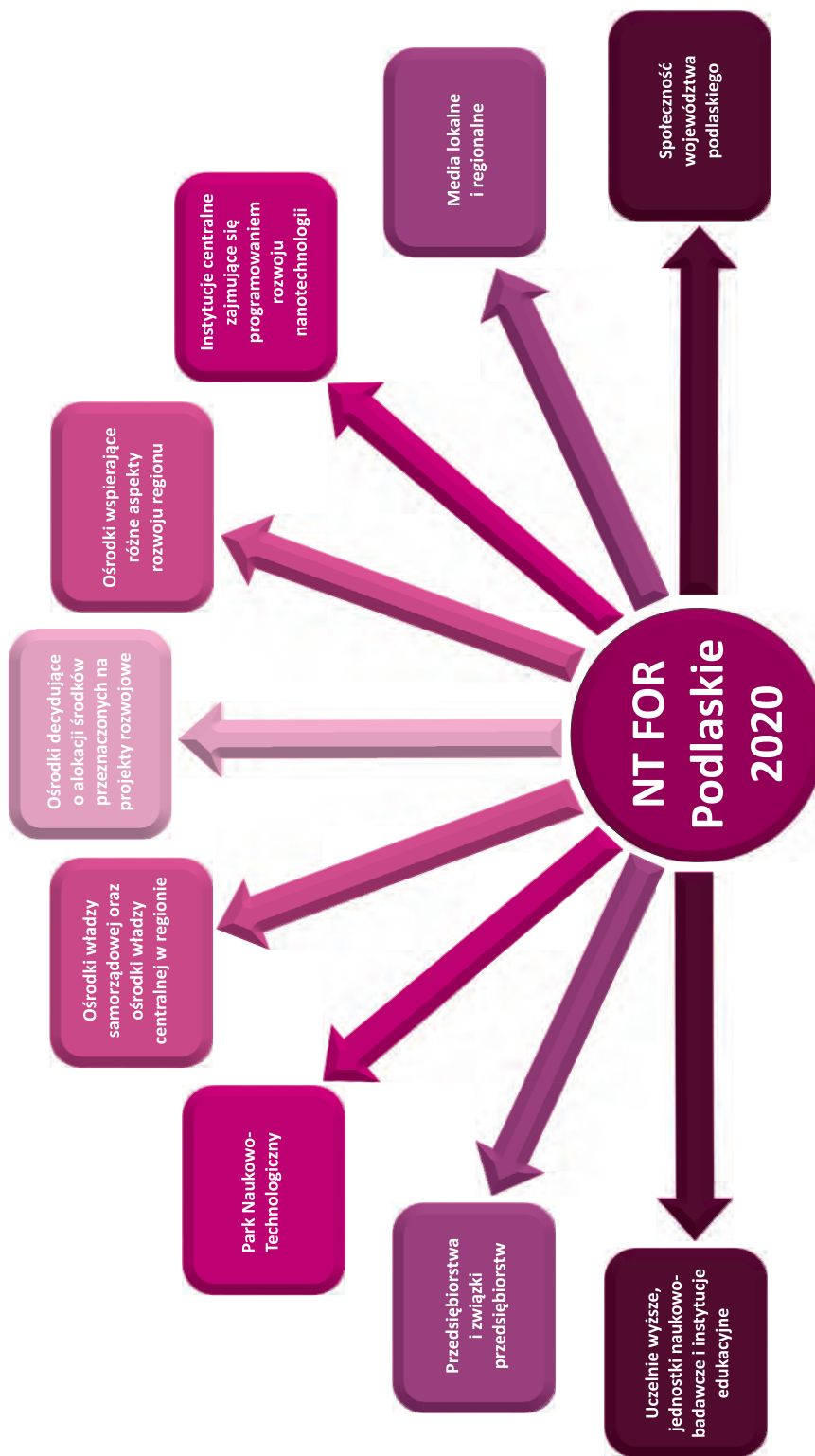
Uczelnie wyższe i ośrodki badawcze są ważnym odbiorcą projektu ze względu na właściwe ukierunkowanie prowadzonych badań naukowych w obszarze nanotechnologii. Podstawowe znaczenie ma takie ukierunkowanie badań naukowych, które uwzględni ich przydatność na rzecz rozwoju regionu.

Oprócz działalności badawczej, duże znaczenie ma właściwe kształtowanie edukacji na potrzeby przyszłych warunków gospodarki opartej na wiedzy w regionie. Oprócz jednostek akademickich, także ośrodki kształcenia na poziomie średnim zawodowym są ważnymi odbiorcami rezultatów projektu. Rezultaty te pozwolą na właściwe kształtowanie oferty edukacyjnej stosownie do przyszłych potrzeb regionu. Silna konkurencja w sferze usług edukacyjnych wymusza poszukiwanie nowych, interdyscyplinarnych kierunków kształcenia. W szczególności wynikami projektu powinny być zainteresowane następujące instytucje naukowo-badawcze: Politechnika Białostocka, Uniwersytet w Białymstoku, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, a także Białostocki Park Naukowo-Technologiczny oraz Podlaskie Laboratorium Nanotechnologii.

Instytucje te odegrają szczególne znaczenie w procesie promocji Strategii, gdyż są one obecnie lub będą w nieodległej przyszłości głównym centrum realizacji projektów badawczych z zakresu nanotechnologii. Znajdują się też w posiadaniu infrastruktury badawczej niezbędnej dla rozwoju badań podstawowych i stosowanych z zakresu nanotechnologii.

W ramach omawianej grupy odbiorców można wyróżnić dwie podgrupy odbiorców działań promujących Strategii: pracownicy uczelni i ośrodków B+R zajmujący się nanotechnologią, a także władze uczelni. Władze uczelni stanowią ważną grupę docelową działań upowszechniających opracowany dokument, gdyż w województwie podlaskim nie ma obecnie oferty edukacyjnej skierowanej na kształcenie specjalistów w zakresie nanotech-

Rys. 8.1. Grupy beneficjentów Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku



nologii. Na Politechnice Białostockiej i Uniwersytecie w Białymstoku prowadzone są jedynie zajęcia dodatkowe i wykłady monograficzne przybliżające w pewnym stopniu zagadnienia związane z nanotechnologią. Dodatkowo na Politechnice Białostockiej w ramach takich kierunków, jak: elektronika i telekomunikacja, elektrotechnika, zarządzanie i inżynieria produkcji oraz inżynieria biomedyczna, są omawiane określone w standardach kształcenia tematy związane z nanotechnologią. Wśród uczelni podlaskich nie ma takich, które kształciłyby na kierunkach bądź specjalnościach w zakresie nanotechnologii. Sytuacja ta różni się od stanu w większości regionów Polski, w których co najmniej jedna uczelnia wyższa posiada w swej ofercie edukacyjnej możliwość specjalizowania w zakresie nanotechnologii. Z przeprowadzonych studiów literaturowych wynika, że w ostatnich latach w wielu regionach Polski nastąpił znaczny rozwój edukacji w zakresie nanotechnologii na poziomie szkolnictwa wyższego. Nie dotyczy to jednak województwa podlaskiego. Jedyną uczelnią w województwie podlaskim zakładającą w swych strategicznych celach rozszerzenie oferty dydaktycznej o specjalność w zakresie nanotechnologii (fizyka nanomateriałów) i kontynuowanie badań w tej dziedzinie jest Uniwersytet w Białymstoku.

Przedsiębiorstwa i związki przedsiębiorstw (w tym klastry) z województwa podlaskiego, potencjalni inwestorzy zewnętrzni

Przedsiębiorstwa z różnych sektorów działalności funkcjonujące w regionie są kluczowymi odbiorcami rezultatów projektu. Gospodarka regionu, która obecnie nie należy do przodujących na tle innych regionów kraju, potrzebuje nowych impulsów rozwojowych. Zastosowanie przez przedsiębiorstwa nanotechnologii daje szansę na znaczne przyspieszenie rozwoju poprzez innowacje. Wybrane branże mogą stać się motorami rozwojowymi gospodarki regionu.

Ze względu na własny rozwój przedsiębiorstwa są zainteresowane rozpoznaniem wizji rozwoju nanotechnologii, a także zaangażowaniem się w jej tworzenie. Szczególną rolę odgrywają tu przedsiębiorstwa z silnych oraz perspektywicznych branż. Ważnymi odbiorcami rezultatów są także przedsiębiorstwa zorganizowane w klastrach. Obecnie w regionie działa osiem klastrów.

Praktyka zastosowań rozwiązań nanotechnologii nie ogranicza odbiorców rezultatów do grupy przedsiębiorstw dużych. Przewiduje się, że założenia niniejszego dokumentu staną się impulsem innowacji w różnych dziedzinach gospodarki, być może zainicjują także rozwój nowych, dotychczas słabo rozwiniętych branż. *Start-upy* i *spin-offy* mogą okazać się bardzo ważnymi podmiotami rozwijającymi nanotechnologie na Podlasiu.

Przyszłe zastosowania nanotechnologii w przemyśle województwa podlaskiego będą więc, z jednej strony uzależnione od istniejącego potencjału poszczególnych przedsiębiorstw, mierzonego jego wielkością i innowacyjnością, z drugiej natomiast, od możliwości aplikacyjnych nanotechnologii, które znajdują zastosowanie w różnych dziedzinach gospodarki.

W województwie podlaskim dominują branże posiadające szczególnie duży potencjał zastosowania nanotechnologii. Należą do nich: przetwórstwo rolno-spożywcze, branża drzewna, bieliźniarska i maszynowa. Przedsiębiorstwa działające w tych branżach mają ze względu na swoje doświadczenie, siłę ekonomiczną oraz silną pozycję konkurencyjną zdolność wdrażania nowych technologii. Posiadają także znaczące zasoby zastosowania rozwiązań innowacyjnych z zakresu nanotechnologii. Wyniki badań pokazują, że ponoszą one, zwłaszcza produkcja artykułów spożywczych i produkcja maszyn i urządzeń, wysokie nakłady na działalność innowacyjną.

Istotnym czynnikiem aktywizującym działalność danej branży są inicjatywy klastrowe. W wymienionych wyżej branżach działają następujące struktury klastrowe: Podlaski Klaster Obróbki Metali, Podlaski Klaster Spożywczy wraz z podklastrami, Podlaski Klaster Drzewny oraz Klaster Bieliźniarski.

Wspomnieć też należy o dobrze rozwijającym się w województwie podlaskim przemyśle medycznym, rozumianym jako jednostki naukowo-badawcze realizujące badania w obszarze nanomedycyny, a także producenci sprzętu medycznego. Różnorodność zastosowań nanotechnologii w medycynie powoduje, że zarówno ośrodki naukowe, jak i producenci wyrobów medycznych mogą osiągnąć korzyści z zainteresowania się problematyką nanotechnologii. W dokumentach rozwojowych UE i Polski uznaje się wdrożenie osiągnięć nanotechnologicznych w dziedzinie medycyny (nanomedycynę) jako jeden z priorytetowych obszarów

wsparcia finansowego. Sektor producentów sprzętu medycznego na terenie województwa podlaskiego stanowi około 50 podmiotów. Niektóre z nich posiadają silną pozycję na rynku międzynarodowym (Medgal, ChM, Orteza, Famed, Aspel, TZMO, Aesculap Chifa czy Echo-Son).

Ważną grupą odbiorców są także inwestorzy zewnętrzni, czyli firmy spoza regionu podlaskiego, które mogłyby być zainteresowane otwieraniem swoich oddziałów na terenie województwa podlaskiego.

Ośrodki władzy samorządowej oraz ośrodki władzy centralnej w regionie

Wszystkie szczeble władzy samorządowej oraz ośrodki reprezentujące władzę centralną w województwie są odbiorcami projektu. Są one z samej istoty pełnionej funkcji zainteresowane czynnym kształtowaniem trwałego rozwoju obszarów, za które są odpowiedzialne. Najważniejszą rolę pełnią ośrodki władzy regionalnej, jak Podlaski Urząd Wojewódzki, czy Urząd Marszałkowski Województwa Podlaskiego. Ośrodki samorządowe niższych szczebli nie mogą być pominięte jako adresaci projektu, ponieważ ich decyzje także przesądzają o długookresowych kierunkach rozwojowych. Ponadto, podstawowe znaczenie ma spójność w realizacji wizji rozwojowych, której osiągnięcie nie będzie możliwe bez czynnego zaangażowania ośrodków powiatowych i gminnych. Tylko spójność oraz konsensus dotyczący kierunków rozwoju może zapewnić przyspieszony rozwój regionu. Oddziaływanie projektu będzie miało duże znaczenie w obszarze kształtowania regionalnej polityki gospodarczej. Istotnym zadaniem z perspektywy wykorzystania szans wynikających z potencjału nanotechnologii jest dotarcie do świadomości osób sprawujących władzę w regionie.

Skuteczność działań na rzecz rozwoju nowych technologii, w tym komercjalizacji wyników badań naukowych w najlepszych ośrodkach europejskich, jest uzależniona od stopnia powiązań i współpracy pomiędzy przedsiębiorstwami sektora biznesu, uczelniami oraz władzami samorządowymi. W województwie podlaskim współpraca podmiotów z sektora nauki, administracji i biznesu w zakresie kształtowania innowacyjnych technologii obecnie nie jest zadowalająca.

Ośrodki decydujące o alokacji środków przeznaczonych na projekty rozwojowe

Właściwa alokacja środków inwestycyjnych oraz środków przeznaczonych na działalność badawczo-rozwojową stanowi warunek szybkiego rozwoju województwa. Mimo że instytucje zajmujące się alokowaniem środków, w tym dotacji unijnych, zostały w części już wyżej nadmienione, to wymagają one oddzielnego potraktowania jako odbiorcy projektu. Szczególne znaczenie dla projektu mają instytucje finansujące różnego rodzaju programy pomocowo-rozwojowe, w tym regionalne instytucje finansujące. Ważną rolę odgrywać będzie skład komitetów sterujących decydujących o kierunkach alokacji środków.

Ośrodki wspierające różne aspekty rozwoju regionu

Projekt będzie źródłem informacji i ważnych wskazówek dla organizacji wspierających rozwój regionu, w szczególności organizacji wsparcia biznesu. Wśród nich należy wymienić ośrodki szkoleniowo-doradcze, punkty konsultacyjno-doradcze oraz instytucje wsparcia finansowego, takie jak fundusze pożyczkowe i fundusze gwarancyjne. Odrębną grupę stanowią parki przemysłowe, inkubatory przedsiębiorczości, centra innowacji, parki technologiczne (w tym w szczególności Białostocki Park Naukowo-Technologiczny), specjalne strefy ekonomiczne, ośrodki rzemiosła.

Instytucje centralne zajmujące się programowaniem rozwoju nanotechnologii

Instytucje centralne pełnią ważną rolę w rozwoju regionu. W obecnym ustroju kraju władza centralna pełni ważną rolę w programowaniu rozwoju regionów dystrybuując dość duże środki finansowe przeznaczone na wybrane kierunki rozwojowe. Wśród instytucji centralnych należy wymienić przede wszystkim Ministerstwo Gospodarki, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Media lokalne i regionalne

Media mają szczególne znaczenie jako czynniki kształtujące świadomość społeczeństwa oraz ośrodków decyzyjnych w przedsiębiorstwach i instytucjach. Rezultaty projektu będą miały szansę na efektywne „skonsumowanie” tylko przy dobrej współpracy z mediami.

Wszelkie nowe rozwiązania oraz przełomowe wizje rozwojowe mają szansę na realizację, przy pełnej akceptacji i zaangażowaniu społeczeństwa. Media będą odgrywały pomocną rolę w upowszechnianiu wizji rozwoju nanotechnologii w regionie, budzeniu potrzeb programowania przyszłości, świadomości co do potencjału tkwiącego w nanotechnologiach.

Spółeczność województwa podlaskiego

Spółeczność polskie, w tym także mieszkańcy województwa podlaskiego, mają niską świadomość dotyczącą nanotechnologii. Czynniki ten silnie determinuje postawy społeczne w zakresie wprowadzania w życie i rozwoju rozwiązań nanotechnologicznych. Sondaże ogólnopolskie dotyczące społecznej percepcji nanotechnologii wyraźnie wskazują na niski poziom wiedzy w tym obszarze. Polska nie odbiega w tym zakresie od Stanów Zjednoczonych czy innych krajów Europy. Nanotechnologia, choć jest dziedziną niezwykle obiecuj-

ącą i dynamicznie rozwijającą się, stanowi obszar stosunkowo słabo społecznie rozpoznany. Większość badanych Polaków wie, czym są nanotechnologie, nie jest to dla nich obco brzmiący termin, jednakże wiedza ta jest pobieżna i fragmentaryczna. Respondenci określają swoje stanowiska wobec nanotechnologii w kategoriach „ostrożnych zwolenników” lub „umiarkowanych optymistów”. Większość badanych deklaruje jednakże chęć uzupełniania wiedzy o nanotechnologiach, wyrażając potrzebę wzmocnienia w Polsce kształcenia w tym kierunku. Dla rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim kluczowe jest kształtowanie pozytywnego jej obrazu poprzez przedstawienie możliwości i szans, jakie powstają wraz z rozwojem badań nad nanotechnologiami i wdrożeniem ich do produkcji. Ważne jest również przekazywanie w przystępny sposób wiedzy na temat ewentualnych zagrożeń związanych z nanotechnologiami.

8.2. Zasady komunikacji strategii

Liczne badania, publikacje oraz praktyka wdrażania różnych strategii przynoszą wiele ciekawych wzorców komunikacji i upowszechniania dokumentów. Zależą one od szeregu czynników, takich jak między innymi rodzaj realizowanego projektu, specyfika grup docelowych, znaczenie komunikacji w projekcie, możliwości realizacyjne. Sądzić zatem należy, że idealny wzorzec strategii komunikacji nie istnieje, szczególnie jeśli chodzi o jej strukturę. Można jednak zidentyfikować reguły prawidłowej strategii komunikacji, które zostały omówione poniżej.

Podporządkowanie celów strategii i działań komunikacyjnych celom strategicznym realizowanego projektu/przedsięwzięcia/strategii

Należy precyzyjnie określić cele strategii i działań komunikacyjnych. Powinny one wspierać cele przedsięwzięcia, którego komunikacja dotyczy – każda strategia komunikacji powinna być uzupełnieniem całościowej stra-

tegi firmy czy realizowanego projektu. Dopiero wówczas powstają realne możliwości realizacji przedsięwzięcia, zgodnie z jego zakładanymi rezultatami.

Identyfikacja odbiorców informacji i dostosowanie komunikacji do ich potrzeb

Ponieważ beneficjenci każdego przedsięwzięcia/realizowanego projektu mogą być różni z punktu widzenia wielu kryteriów, strategia komunikacji (w tym formy i narzędzia komunikacji) powinna uwzględniać zróżnicowane potrzeby i możliwości percepcyjne zidentyfikowanych grup odbiorców.

Różnorodność form przekazu

Im bardziej różnorodne formy i narzędzia przekazu, tym skuteczniejsza komunikacja. Należy jednak pamiętać, aby ta różnorodność tworzyła spójną całość i była przede wszystkim dopasowana do potrzeb i wymagań odbiorców przekazu. Wykorzystywać przy tym

należy odpowiednie dla projektu nowe formy przekazu i nowe media.

Struktura, w tym hierarchia

Strategia komunikacji powinna mieć określoną strukturę. Jej części składowe określa harmonogram. Podobnie jak w sprawnym planowaniu, celom najważniejszym powinny być podporządkowane cele i kierunki działań niższego rzędu. Wszystkie zaś powinny przyczyniać się do wspomagania realizacji celów głównych realizowanego projektu.

Terminowość i okresowość

Każda strategia, plan czy działania powinny mieć precyzyjnie określone terminy realizacji, wraz z terminami cząstkowymi, szczególnie przy dłuższych okresach realizacji.

Ewaluacja

Strategia komunikacji wymaga systematycznej ewaluacji, mającej na celu ustalenie, w jakim stopniu zakładane cele strategii zostały osiągnięte. Ewaluacja, poza zebraniem informacji na temat efektów prowadzonych działań, dostarcza także wskazówek dotyczących pożądanych korekt w treści komunikacji i w stosowanych narzędziach komunikacji.

Elastyczność

Ciągła ewaluacja strategii komunikacji powinna dostarczać informacji, które formy i narzędzia przekazu są najskuteczniejsze. Nie powinny być one „dane raz na zawsze”, muszą podlegać weryfikacji i w zależności od potrzeb – podlegać modyfikacji.

Mobilizacja

Strategia komunikacji powinna mieć motywujący charakter. Cele i zadania powinny być ambitne, ale możliwe do realizacji. To od nich zależy przecież powodzenie całego projektu. Jest to szczególnie ważne, gdy realizowane projekty mają istotne znaczenie dla rozwoju społeczno-gospodarczego.

Prostota i klarowność

Nieskomplikowane i jednoznaczne formy i narzędzia przekazu z reguły mają największą skuteczność. Jeżeli są jednocześnie dopasowane do potrzeb i wymagań beneficjentów, to najczęściej gwarantują osiągnięcie zamierzonych celów. Zarówno potrzeby i wymagania beneficjentów ulegają jednak zmianom w czasie, podobnie jak formy i narzędzia przekazu. Konieczne są więc ciągłe badania, analizy i zmiany w praktyce stosowania adekwatnych do odbiorców sposobów komunikacji.

8.3. Plan i narzędzia komunikacji

Celem strategicznym działań informacyjnych, edukacyjnych i promocyjnych ujętych w strategii jest wspieranie realizacji pozostałych celów strategii poprzez działania zmierzające do uzyskania ich akceptacji przez wybrane grupy interesariuszy.

Strategiczny cel komunikacji strategii powinien być realizowany poprzez następujące cele operacyjne:

1. Zwiększenie świadomości istnienia strategii wśród kluczowych interesariuszy (między innymi poprzez stworzenie spójnego, ujednoliconego i rozpoznawalnego wizerunku <<NT FOR Podlaskie 2020>>).
2. Zwiększenie wiedzy na temat celów strategii, rezultatów ich realizacji oraz wpływu na rozwój regionalny oraz wybrane grupy interesariuszy.
3. Zapewnienie wśród interesariuszy akceptacji celów strategii zarówno przed, jak i po jej realizacji.
4. Zapewnienie partycypacji interesariuszy w realizacji celów strategii, w tych obszarach, które ich dotyczą.
5. Popularyzowanie i promocja sukcesów wdrażania strategii.

Tab. 8.1. Działania informacyjno-educacyjne i promocyjne Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku w odniesieniu do poszczególnych grup odbiorców

Wyszczególnienie	Uczelnie wyższe, jednostki naukowo-badawcze i instytucje edukacyjne w województwie podlaskim	Przedsiębiorstwa i związki przedsiębiorstw (w tym klustry) z województwa podlaskiego, jak również potencjalni inwestorzy zewnętrzni	Ośrodki władzy samorządowej oraz ośrodki władzy centralnej w regionie	Ośrodki decydujące o alokacji środków przeznaczonych na projekty rozwojowe	Ośrodki wspierające różne aspekty rozwoju regionu	Institucje centralne zajmujące się programowaniem rozwoju nanotechnologii	Media lokalne i regionalne	Spoleczność województwa podlaskiego
Media relations								
Informacje prasowe i obsługa zapytań ze strony dziennikarzy	+	+	+	+	+	+	+	+
Konferencje prasowe	+	+	+	+	+	+	+	-
Artykuły prasowe autorstwa ekspertów	+	+	-	-	-	-	-	-
Konferencje, seminaria, warsztaty								
Organizacja eventów upowszechniających założenia dokumentu	+	+	+	-	+	-	+	+
Udział wykonawców dokumentu w zewnętrznych wydarzeniach, podczas których można informować o założeniach Strategii	+	+	+	+	+	+	-	-
Public relations								
Rozbudowa portalu projektu wraz z wyposażeniem go w forum dostępne dla użytkowników	+	+	+	+	+	+	+	-
Cykliczne wykłady ekspertów z nanotechnologii zamieszczane na portalu projektu wraz z informacyjną akcją mailingową	+	+	+	+	+	+	+	-
Promocja na portalach społecznościowych	-	+	-	-	-	-	-	+
Działania reklamowe								
Publikacje drukowane (broszury, ulotki, foldery)	-	+	-	-	-	-	+	+
Reklama w mediach regionalnych	+	+	+	+	+	+	+	+
Reklama zewnętrzna (billboardy, plakaty)	+	+	+	+	+	+	-	-
Publicystyka naukowa								
Wywiady z wykonawcami Strategii w mediach	+	+	+	+	+	+	+	+
Artykuły w prasie specjalistycznej + oddziaływanie – brak oddziaływania	+	+	-	-	-	-	-	-

Źródło: opracowanie własne.

Powyższe cele zostaną osiągnięte dzięki wykorzystaniu zestawu narzędzi informacyjno-edukacyjnych i promocyjnych obejmujących:

- *media relations* (w tym: informacje prasowe i obsługa zapytań ze strony dziennikarzy, konferencje prasowe, artykuły prasowe autorstwa ekspertów);
- konferencje, seminaria, warsztaty (w tym: organizacja eventów upowszechniających założenia dokumentu, udział wykonawców dokumentu w zewnętrznych wydarzeniach, podczas których możliwe jest informowanie o założeniach Strategii);
- *public relations* (w tym: rozbudowa portalu projektu wraz z wyposażeniem go w forum dostępne dla użytkowników, cykliczne wykłady ekspertów z nanotechnologii zamieszczane na portalu projektu wraz z informacyjną akcją mailingową, promocja na portalach społecznościowych, aktywność na tematycznych forach internetowych);
- działania reklamowe (w tym: publikacje drukowane (brozury, ulotki, foldery), re-

klama w mediach regionalnych, reklama zewnętrzna (billboardy, plakaty);

- publicystykę naukową (w tym: wywiady z wykonawcami Strategii w mediach, artykuły w prasie).

Część zaplanowanych działań będzie miała charakter permanentny (na przykład funkcjonowanie portalu, cykliczne wykłady ekspertów), część natomiast jednorazowy (na przykład kampania obejmująca reklamę zewnętrzną).

Wykaz działań informacyjno-edukacyjnych oraz promocyjnych *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku* z uwzględnieniem poszczególnych grup odbiorców zestawiono w tab. 8.1.

Wszelkie materiały elektroniczne i drukowane, stanowiące narzędzia działań informacyjnych, edukacyjnych i promocyjnych *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku* będą znakowane zgodnie z wymogami określonymi w Przewodniku w zakresie promocji projektów finansowanych w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

9. Monitoring strategii

Nieodłącznym elementem współcześnie formułowanych dokumentów strategicznych jest wskazanie narzędzi do ich monitorowania. Monitoring, który przybiera też formę ewaluacji, jest nieodzowny w działaniach charakteryzujących się niepewnością, ryzykiem oraz dużym nasyceniem (intensywnością) wiedzy. W związku z rozwojem poziomu gospodarki opartej na wiedzy znaczenia w procesie śledzenia postępów w realizacji strategii nabierają obok wskaźników ilościowych także wskaźniki jakościowe. Prowadzenie monitoringu *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku* jest oparte na następujących założeniach:

- aktywnej i efektywnej współpracy środowisk naukowych, administracji publicznej i biznesowych;
- uczestnictwie w badaniach ankietowych przez uczelnie wyższe oraz podmioty gospodarcze;
- sprawnemu działaniu sieci współpracy „Nano-Podlaskie”;
- współpracy z Regionalnym Obserwatorium Terytorialnym (ROT) działającym w ramach Urzędu Marszałkowskiego Województwa Podlaskiego.

Celem monitoringu będzie:

- badanie realizacji stopnia osiągnięcia poszczególnych celów strategii;
- integracja danych i wymiana informacji;
- integracja współpracy i poprawa komunikacji partnerów realizujących strategię;
- narzędzie do modyfikacji celów w trakcie realizacji strategii;

- wspieranie działań promocyjnych w okresie realizacji strategii;
- badanie zgodności innych dokumentów strategicznych poziomu regionalnego.

Monitoring powinien być prowadzony w okresach rocznych przez środowisko akademickie skupione wokół sieci „Nano-Podlaskie” przy współdziałaniu Komitetu Sterującego. Kluczowe jest zidentyfikowanie podmiotów związanych bezpośrednio lub pośrednio z nanotechnologiami, które będą uczestniczyć w badaniach ankietowych. Dodatkowym źródłem danych na potrzeby monitoringu będą dane przetwarzane i publikowane przez uczelnie wyższe i instytuty badawcze, Główny Urząd Statystyczny (GUS), Ośrodek Przetwarzania Informacji (OPI), Urząd Marszałkowski Województwa Podlaskiego (UMWP), Urząd Patentowy (UP), Narodowe Centrum Nauki (NCN) oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR).

Zestaw wskaźników monitoringu przedstawiono w tab. 9.1

Zakłada się, że w pierwszym roku realizacji strategii zostanie dokonany przegląd przyjętych wskaźników monitorowania oraz zostaną zaproponowane ewentualnie nowe wskaźniki odnoszące się do celów szczegółowych. W sytuacji trudności zbierania danych do monitoringu strategii, głównie ankiet wypełnianych przez podmioty gospodarcze, będzie możliwe zastosowanie formy opisowej odwołującej się do wskaźników jakościowych lub przedstawienie studiów przypadków.

Tab. 9.1. Wskaźniki monitoringu strategii

Nazwa celu strategicznego	Wskaźniki	Jednostka	Źródło
Rozwój priorytetowych kierunków badań podstawowych	Liczba badań podstawowych z nanotechnologii	szt.	OPI, NCN, NCBiR, uczelnie i instytuty badawcze
	Wartość projektów	zł	OPI, NCN, NCBiR, uczelnie i instytuty badawcze
Rozwój priorytetowych kierunków badań stosowanych	Liczba badań stosowanych z nanotechnologii	szt.	OPI, NCN, NCBiR, uczelnie i instytuty badawcze
	Wartość projektów	zł	OPI, NCN, NCBiR, uczelnie i instytuty badawcze
Rozwój priorytetowych nanotechnologii do III fazy poziomu gotowości technologicznej	Liczba patentów	szt.	UP, GUS
	Wartość projektów	zł	ankieta
Pozyskanie priorytetowych nanotechnologii na potrzeby rozwoju województwa	Liczba transferów technologii	szt.	GUS, ankieta
	Liczba zakupionych licencji	szt.	UP, GUS
Wdrożenie produkcji i wprowadzenie na rynek dóbr materialnych opartych na nanotechnologiach	Wartość sprzedanych	zł	ankieta
	Liczba nowych produktów wprowadzonych na rynek	szt.	ankieta
Wdrożenie i wprowadzenie na rynek usług opartych na nanotechnologiach	Liczba usług wprowadzonych na rynek	szt.	ankieta
	Wartość sprzedanych usług	zł	ankieta
Kształcenie wyższe w zakresie nanotechnologii	Liczba studentów na specjalnościach nanotechnologia	szt.	uczelnie wyższe, GUS
	Liczba prac dyplomowych z nanotechnologii	szt.	uczelnie wyższe, GUS
Studia doktoranckie w zakresie nanotechnologii	Liczba prac doktorskich z nanotechnologii	szt.	uczelnie wyższe, GUS
	Liczba doktorantów z nanotechnologii	szt.	uczelnie wyższe, GUS

Źródło: opracowanie własne.

Zaprezentowana w monografii projekcja *Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku* jest wynikiem badań naukowych wykonanych w ramach projektu badawczego „*Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>> Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*”. Autorzy, opierając się na empirii oraz na wynikach licznych procedur badawczych i analiz syntetycznych, zaproponowali w pracy cele strategiczne oraz kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim.

Autorzy przyjęli, że nowatorskie zarządzanie strategiczne powinno koncentrować się głównie na myśleniu antycypacyjnym i kształtowaniu warunków, które sprzyjają realizacji ambitnych priorytetów rozwojowych, a nie na powielaniu szablonowych wzorców i realizacji schematycznych zadań planistycznych. Główną przesłanką sformułowania propozycji strategii rozwoju nanotechnologii dla województwa podlaskiego była refleksja nad koniecznością przełamania zapóźnienia gospodarczo-społecznego regionu poprzez skokowy wzrost produktywności, który wynikać może jedynie z opanowania i wdrożenia innowacyjnych procesów produkcyjnych, przetwórczych i usługowych wykorzystujących osiągnięcia przełomowych technologii, ze szczególnym akcentem na nanotechnologie.

Zaprezentowana w pracy koncepcja jest efektem współpracy wielu ekspertów wywodzących się z licznych krajowych i zagranicznych ośrodków naukowych oraz licznej grupy interesariuszy reprezentujących przedsiębiorców, władze samorządowe, organizacje pozarządowe, media i studentów. Należy zaakcentować, że w dotychczasowych opracowaniach

i dokumentach strategicznych dotyczących rozwoju województwa podlaskiego przeważnie nie analizowano wzrostu gospodarczego regionu z perspektywy przełomowych technologii. W tym kontekście szczególnie silnie uwidacznia się nowatorstwo spojrzenia na przyszłość województwa. Istotnym *novum* w podejściu do opracowania Strategii było ujęcie foresightowe, umożliwiające wypracowanie wizji przyszłości nie: zastanych, możliwych, nieuniknionych – ale nade wszystko pożądanых. Regionalny foresight gospodarczy jest efektywnym – choć wydaje się wciąż niedocenianym – instrumentem zarządzania strategicznego regionem, wspomagającym wypracowywanie polityk regionalnych, scenariuszy rozwoju regionu i podejmowanie decyzji rozwojowych.

Autorzy przedłożyli czytelnikom swoje dzieło, traktując je jako ważne – oparty na rzetelnych analizach naukowych – głos w dyskusji publicznej dotyczącej przyszłości regionu. Jednocześnie wyrażają nadzieję, że dla wszystkich, którzy sięgnęli po niniejszą książkę jej lektura była źródłem wiedzy i refleksji. Monografia w szczególności jest kierowana do osób reprezentujących władze państwowe i samorządowe różnych szczebli, instytucje publiczne, organizacje pozarządowe, media, a także przedsiębiorców, naukowców i innych osób zaangażowanych w kształtowanie kierunków rozwoju województwa podlaskiego. Autorzy wyrażają nadzieję, iż *Podlaska strategia rozwoju nanotechnologii do 2020 roku* przyczyni się do rozbudowy w regionie gospodarki opartej na wiedzy, w tym na intensywnej eksploracji możliwości, jakie dają nanotechnologie.

- [1] Afonso Ó., Monteiro S., Thompson M., *Growth Model for the Quadruple Helix Innovation Theory*, „FEP Working Papers” 2010, No. 370, Universidade do Porto, Faculdade de Economia do Porto
- [2] Altman D., *Outrageous Fortunes: The Twelve Surprising Trends That Will Reshape the Global Economy*, St. Martin's Griffin, 2012
- [3] Australian Research Council Nanotechnology Network [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.ausnano.net/content/about>
- [4] Bainbridge W.S., Rocco M.S., *Managing nano-bio-info-cogno innovations: converging technologies in society*, National Science Foundation (U.S.), World Technology Evaluation Centre
- [5] Bank Danych Regionalnych [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.stat.gov.pl [Data wejścia: 01-09-2010].
- [6] Bauman Z., *Dwa szkice o moralności ponowoczesnej*, Warszawa 1994
- [7] Bauman Z., *Globalizacja. I co z tego dla ludzi wynika?*, Warszawa 2004
- [8] Baza Instytucje Nauki OPI [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://nauka-polska.pl/shtml/raporty/raporty_instytucje_naukowe.html [Data wejścia: 02-04-2013]
- [9] Binsztok A., Perechuda K., *Nowe funkcje informacji we współczesnych systemach zarządzania*, [w:] Borowiecki R. (red.), Kwieciński M. (red.), *Informacja w zarządzaniu przedsiębiorstwem: pozyskiwanie, wykorzystanie i ochrona*, Kantor Wydawniczy „Zakamycze”, Kraków 2003, s. 37-52
- [10] *Biuletyn Statystyczny Województwa Podlaskiego*, Białystok, Listopad 2012, III kwartał, Urząd Statystyczny w Białymstoku [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://www.stat.gov.pl/bialystok/22_PLK_HTML.htm [Data wejścia: 04-04-2013]
- [11] Bowman D.M., Hodge G.A., *Nanotechnology: Mapping the Wild Regulatory Frontier*, “Futures” 2006 No. 38, s. 1060-1073
- [12] Bozeman B., Laredo P., Mangematin V., *Understanding the emergence and deployment of 'nano' „S&T: Introduction. Research Policy”* 2007, No. 807, s. 36
- [13] Cairns G., Wright G., Bradfield R., van der Heijden K., Burt G., *Exploring e-government through the application of scenario planning*, “Technological Forecasting and Social Change” 2004, No. 71
- [14] Clarke A., *A practical use of key success factors to improve the effectiveness of project management*, “International Journal of Project Management 1999” Vol. 17, No. 3, s. 139-145
- [15] *CMC Microsystems* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.cmc.ca/about/index.html> [Data wejścia: 03-03-2013]
- [16] Commission of the European Communities (CEC) (2009a) *Preparing for our future: Developing a common strategy for key enabling technologies in the EU*. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament and the European Economic and Social Committee (Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów *Przygotowanie się na przyszłość: opracowanie wspólnej strategii w dziedzinie kluczowych technologii wspomagających w UE*), Brussels, 30.09.2009, COM(2009) 512
- [17] *Commission Recommendation on a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research (Kodeks postępowania dotyczącego odpowiedzialnego prowadzenia badań w dziedzinie nanonauk i nanotechnologii)*, Brussels, 07/02/ 2008, C(2008) 424 final
- [18] Communication from the Commission (CC, 2004) *Towards a European strategy for nanotechnology (Komunikat Komisji Wspólnot Europejskich, Ku europejskiej strategii dla nanotechnologii)*, Brussels 2004, COM(2004) 338 final

- [19] Communication from the Commission To The Council (CCC, 2005), The European Parliament and The Economic and Social Committee Nanosciences and nanotechnologies: *An action plan for Europe 2005-2009* (Komunikat Komisji do Rady, Parlamentu Europejskiego i Komitetu Ekonomiczno-Społecznego Nanonauka i nanotechnologie: *Plan działań dla Europy na lata 2005-2009*), Brussels, 7.6.2005, COM(2005) 243 final
- [20] Communication from The Commission To The Council (CCC, 2007) The European Parliament and The European Economic and Social Committee. Nanosciences and Nanotechnologies: *An action plan for Europe 2005-2009. First Implementation Report 2005-2007* (Komunikat Komisji do Rady, Parlamentu Europejskiego i Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego. Nanonauka i nanotechnologia: *Plan działań dla Europy na lata 2005-2009. Pierwsze sprawozdanie z realizacji za lata 2005-2007*), Brussels, 6.9.2007, COM(2007) 505 final
- [21] Communication from The Commission To The Council (CCC, 2009), The European Parliament and The European Economic and Social Committee Nanosciences and Nanotechnologies: *An action plan for Europe 2005-2009. Second Implementation Report 2007-2009* (Komunikat Komisji do Rady, Parlamentu Europejskiego i Komitetu Ekonomiczno-Społecznego Nanonauka i nanotechnologia: *Plan działań dla Europy na lata 2005-2009. Drugie sprawozdanie z realizacji za lata 2007-2009*), Brussels, 29.10.2009 COM(2009) 607 final
- [22] Communication from the Commission to the European Parliament (CC, 2002), the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – *Life sciences and biotechnology — A strategy for Europe, (Nauki przyrodnicze i biotechnologia – strategia dla Europy)*, Brussels 2002, COM(2002) 27
- [23] Communication from The Commission to The European Parliament (CCEP, 2011), The Council, The European Economic And Social Committee and The Committee Of The Regions *Horizon 2020 – The Framework Programme for Research and Innovation*, (Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów *Horyzont 2020 – program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji*), Brussels, 30.11.2011, COM(2011) 808 final
- [24] Communication From The Commission To The European Parliament (CCEP, 2013), The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions *A European Strategy For Micro-And Nanoelectronic Components And Systems*, (Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów *Europejska strategia dotycząca podzespołów oraz układów mikro- i nanoelektronicznych*), Brussels, 23.5.2013 COM(2013) 298 final
- [25] Cornish E., *Futuring: The Exploration of the Future*, World Future Society, 2005
- [26] Cunningham S.W., Werker C., *Proximity and collaboration in European nanotechnology*, "Papers in Regional Science" 2012 Vol. No. 4; doi:10.1111/ j.1435-5957.2012.00416.x
- [27] Cyrek M., *Sfera usług jako obszar kreowania miejsc pracy w nowej gospodarce*, [w:] *Problemy wzrostu gospodarczego we współczesnych gospodarkach*, Kopycińska D. (red.), Printgroup, Szczecin 2006
- [28] Czaplicka-Kolarz K. (red.), *Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2007
- [29] Dąbrowski J.R., Lewandowska M., Łojkowski W., Nazarko J., Rybarczyk A., Ulański J., Ejdys J., Zubert M., Woźniak M.J., Gudańska A., Krawczyk-Dembicka E., *Analiza stanu badań naukowych w zakresie priorytetowych kierunków badań na potrzeby wyznaczenia map technologicznych*, materiały projektu „*Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>*”. *Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*”, Białystok 2012
- [30] Decision No 1982/2006/EC of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Seventh Framework Programme of the European Community for research, technological development and demonstration activities (2007-2013) (DECYZJA nr 1982/2006/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. dotycząca powołania siódmego programu ramowego Wspólnoty Europejskiej w zakresie badań, rozwoju technologicznego i demonstracji (2007-2013), Official Journal of the European Union, 30.12.2006, L 412/1

- [31] Dewick P., Green G., Fleetwood T., Miozzo M. (2006) *Modelling creative destruction: Technological diffusion and industrial structure change to 2050*, "Technological Forecasting and Social Change" 2006, Vol. 73, s.1084–1106
- [32] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.mnisw.gov.pl [Data wejścia: 08-03-2013]
- [33] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: 7 PR: <http://www.kpk.gov.pl/7pr> [Data wejścia: 09-03-2013]
- [34] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://biol-chem.uwb.edu.pl/nano/nanotechnology.php> [Data wejścia: 12-03-2013]
- [35] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/ict/files/communication_key_enabling_technologies_sec1257_en.pdf [Data wejścia: 02-03-2013]
- [36] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://labfiz.uwb.edu.pl/main/granty_projekty.php [Data wejścia: 28-02-2013]
- [37] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://nanohub.org/usage/overview/prior12> [Data wejścia: 14-04-2013]
- [38] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://ncn.gov.pl> [Data wejścia: 09-03-2013]
- [39] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://www.12manage.com/forum.asp?T-B=porter_diamond_model&S=61 [Data wejścia: 02-04-2013]
- [40] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.artmag.agh.edu.pl/> [Data wejścia: 22-03-2013]
- [41] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.ifmpan.poznan.pl/poig.php> [Data wejścia: 11-04-2013]
- [42] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.nano.org.uk> [Data wejścia: 11-02-2013]
- [43] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.nanocentre.inmat.pw.edu.pl/nanomag/nanomag.html> [Data wejścia: 18-02-2013]
- [44] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.nanoisrael.org> [Data wejścia: 04-04-2013]
- [45] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.uwb.edu.pl/uniwersytet.php?p=2028> [Data wejścia: 24-04-2013]
- [46] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.uwb.edu.pl/uniwersytet.php?p=399> [Data wejścia: 16-04-2013]
- [47] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://osf.opi.org.pl> [Data wejścia: 20-02-2013]
- [48] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.iknowfutures.eu [Data wejścia: 21-02-2013]
- [49] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.triplehelixconference.org/the-triple-helix-concept.html [Data wejścia: 22-02-2013]
- [50] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.ekonomia24.pl/artyku-1/706160,958953-3-mld-zl-na-wsparcie-badan-i-rozwoju.html> [Data wejścia 09-12-2012] [Data wejścia: 08-03-2013]
- [51] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://portal.enterprise-europe-network.ec.europa.eu/about/sector-groups> [Data wejścia: 03-12-2012]
- [52] [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.naukapolska.pap.pl/aktualnosci/news,391318,projekt-eagle-uskrzydli-instytut-fizyki-pan.html> [Data wejścia: 12-04-2013]
- [53] Domański B. i in., *Znaczenie przemysłu dla „inteligentnego i trwałego” rozwoju regionu Polski Wschodniej oraz podejmowanych działań dotyczących jego restrukturyzacji i modernizacji, Ekspertyza na zlecenie Ministerstwa Rozwoju Regionalnego na potrzeby aktualizacji Strategii rozwoju społeczno-gospodarczego Polski Wschodniej do roku 2020* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://www.mrr.gov.pl/rozwoj_regionalny/Polityka_regionalna/Strategia_rozwoju_polski_wschodniej_do_2020/Dokumenty/Documents/przemysl_w_Polsce_Wsch.pdf [Data wejścia: 17-04-2013]
- [54] *Działalność badawcza i rozwojowa w Polsce w 2011 roku*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2012
- [55] *Działalność gospodarcza podmiotów z kapitałem zagranicznym w 2011 roku*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2012
- [56] Dziemianowicz W., Łukomska J., Gorska A., Pawluczuk M., *Trendy rozwojowe regionów*, Geoprofit, Warszawa 2009
- [57] Dziemianowicz W., Szmigiel-Rawska K., Nowicka P., Dąbrowska A., *Planowanie strategiczne, Poradnik dla pracowników administracji publicznej*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2012
- [58] Ejdyś J. (red.), Halicka K. (red.), *Nanonauka na rzecz rozwoju województwa podlaskiego*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013

- [59] Erickson T., Ritchey T., *Scenario Development and Force Requirements using Morphological Analysis*, Swedish Defence Research Agency (FOI), s. 1-8 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://ftp.rta.nato.int> [Data wejścia: 03.05.2010]
- [60] Fahey L., Randall M., *Learning from the Future. Competitive Foresight Scenarios*, John Wiley&Sons, New York 1998
- [61] Feng X.Z., Liu A.M., Cheng J.W., *Applications and Development of Nanotechnology in Machinery Industry*, „Advanced Materials Research” 2010 Vol., s. 121-122
- [62] Gazeta „Innowacje” [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.gazeta-innowacje.pl/innowacje19/strona13.html> [Data wejścia: 18-03-2013]
- [63] Gierszewska G., Romanowska M., *Analiza strategiczna przedsiębiorstwa*, Warszawa 1997
- [64] *Globalizacja gospodarki – wybrane cechy procesu* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: strona internetowa Ministerstwa Gospodarki www.mg.gov.pl, [Data wejścia: 06.02.2012]
- [65] Godet M., Durance P., Gerber A., *La prospective. Problems and methods*, No. 20, Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation, Gerpa 2006
- [66] Grunert K.G., *The Concept of Key Success Factors: Theory and Method*, MAPP working paper No. 4, October 1992
- [67] Heiden K., van der, *Scenarios, The Art. Of Strategic Conversation*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester 2007
- [68] Heijden K., van der, Bradfield R., Burt G., Cairns G., Wright G., *The Sixth Sense: Accelerating Organizational Learning with Scenarios*, Wiley Chichester, 2002
- [69] iKnow – UK Workshop, Manchester, 16th and 17th February 2010, *Wild Cards in Turbulent Times* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu www.iknowfutures.eu
- [70] *Ireland's nanotechnology commercialisation framework 2010–2014*. Forfas (2010) [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu http://www.forfas.ie/media/forfas310810-nanotech_commercialisation_framework_2010-2014.pdf [Data wejścia: 14-03-2013]
- [71] Jasiczak J., *Postawy konsumentów wobec nanotechnologii jako determinanta jej rozwoju rynkowego* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.wbc.poznan.pl [Data wejścia: 23-05-2010]
- [72] Klooster S. A., Asselt M. B. A., *Practising the scenario-axes technique*, “Futures” 2006, No. 38, s. 15-30
- [73] Klusaczek K., *Technology Foresight in the Czech Republic*, “International Journal of Foresight and Innovation Policy” 2004, Vol. 2, No. 1
- [74] Komunikat Komisji, Europa 2020. *Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu*, COM (2010) 2020 final
- [75] Kononiuk A., Glińska E., Glińska U., Nazarko Ł., *Charakterystyka trendów wpływających na rozwój nanotechnologii w woj. podlaskim. Opis scenariuszy i wizji rozwojowych*, materiały projektu *Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>*. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii, Politechnika Białostocka 2012
- [76] Kononiuk A. (red.), Gudanowska A. (red.), *Kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Mapy. Marszruty. Trendy*, Rozprawy Naukowe nr 245, Biblioteka Nauk o Zarządzaniu, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013
- [77] Kononiuk A., *Metoda scenariuszowa w antycypowaniu przyszłości (na przykładzie Narodowego Programu Foresight „Polska 2020”*, rozprawa doktorska, Uniwersytet Warszawski, Warszawa 2010, niepublikowana
- [78] *Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego 2010-2020: regiony, miasta, obszary wiejskie*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2010
- [79] *Krajowy Program Badań. Założenia polityki naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa*. Załącznik do uchwały nr 164/ 2011 Rady Ministrów z dnia 16 sierpnia 2011 roku
- [80] Kukulak-Dolata I. (red.), Arendt Ł., *Profile migracji zarobkowych mieszkańców województwa podlaskiego*, WSE, IPiSS, Białystok-Warszawa 2009
- [81] Lim C.S, Mohamed M. Z., *Criteria of project success: an exploratory re-examination*, “International Journal of Project Management” 1999, Vol. 17, No. 4, s. 243-248
- [82] Lindgren M., Banhold H., *Scenario planning, the link between future and strategy*, Palgrave Macmillan, New York 2003
- [83] Lopes I., Martins M., Nunes M., *Towards the Knowledge Economy: the Technological Innovation and Education Impact on the Value Creation Process*, “The Electronic Journal of Knowledge Management” 2005 Vol. 3, No 2

- [84] Magruk A., *Słabe sygnały i dzikie karty – innowacyjne metody antycypacyjne*, „Ekonomia i Zarządzanie” 2010 nr 4, s. 126-136
- [85] Mankins J.C., *Technology Readiness Levels. A White Paper*, Office of Space Access and Technology NASA, 1995
- [86] Mankins J.C., *Research and development degree of difficulty, A White paper*, NASA Office of Space Flight, USA 1998
- [87] *Mapa wynagrodzeń Polaków w 2011 roku*, Sedlak & Sedlak [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.wynagrodzenia.pl/files/raporty-pdf/mapa-wynagrodzen-Polakow-w-2011-roku.pdf> [Data wejścia: 09-02-2013]
- [88] Mazurkiewicz A., Poteralska B., *Zrównoważony Rozwój Polski* [w:] Kleer J., Wierzbiński A., *Narodowy Program Foresight „Polska 2020”. Dyskusja założeń scenariuszy*, Warszawa 2009
- [89] McCrank J., *Nanotechnology Application in the Forest Industry*, Natural Resources Canada
- [90] *Migracje wewnętrzne i zagraniczne*, Bank Danych Regionalnych, GUS, Warszawa 2012
- [91] *MOSIS Fabrication Processes* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.mosis.com/products/fab/vendors/> [Data wejścia: 10-03-2013]
- [92] *Nakłady na działalność badawczo-rozwojową (B+R)*, GUS, Warszawa 2012 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://www.stat.gov.pl/gus/5840_11287_PLK_HTML.html [Data wejścia: 04-03-2013]
- [93] *Nanomedicine 2020. Contribution of Nanomedicine to Horizon 2020*, ETP Nanomedicine – NANOMED2020 – May 2013 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.kooperation-international.de/uploads/media/etpn-white-paper-H2020.pdf> [Data wejścia: 04-03-2013]
- [94] *Nanonauka i nanotechnologia. Narodowa strategia dla Polski. Raport*, MNiSW, Warszawa 2006
- [95] *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Report of The Royal Society and The Royal Academy of Engineering, July 2004 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu <http://www.nanotec.org.uk/report/Nano%20report%202004%20fi.n.pdf>
- [96] *Nanotechnology Homepage of the European Commission* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://cordis.europa.eu/nanotechnology> [Data wejścia: 17-02-2013]
- [97] *Nanotechnology in Medical Applications: The Global Market*, BCC Research, 2012 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.giiresearch.com/report/bc229027-nanotechnology-medical-applications-global-market.html> [Data wejścia: 02-04-2013]
- [98] *National Nanotechnology Infrastructure Network* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://www.nnin.org/nnin_about.html [Data wejścia: 02-03-2013]
- [99] *National Nanotechnology Initiatives*. [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu www.nano.gov [Data wejścia: 02-02-2013]
- [100] *Nauka i technika w 2008 r.*, GUS, Warszawa 2009
- [101] *Nauka i technika w 2009 r.*, GUS, Warszawa 2010
- [102] *Nauka i technika w 2010 r.*, GUS, Warszawa 2011
- [103] *Nauka i technika w 2011 r., Informacje i opracowania statystyczne*, GUS, Warszawa 2012
- [104] Nazarko J. (red.), Ejdyś J. (red.), *Metodologia i procedury badawcze w projekcie „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011
- [105] Nazarko J. (red.), Kędzior Z. (red.), *Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2010
- [106] Nazarko J. (red.), Magruk A. (red.), *Kluczowe nanotechnologie w gospodarce Podlasia*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013
- [107] Nazarko J. (red.), *Nanotechnologie w gospodarce Podlasia*, materiały projektu, Białystok 2011
- [108] Nazarko J. (red.), Wnorowski H. (red.), Kononiuk A. (red.), *Analiza strukturalna czynników rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim*, Rozprawy Naukowe nr 215, Biblioteka Nauk o Zarządzaniu, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011
- [109] Nazarko J., *Kształtowanie polityki proinnowacyjnej regionu np. foresightu technologicznego <<NT FOR Podlaskie 2020>>*, „Optimum. Studia Ekonomiczne” 2011 nr 2
- [110] *Network for Computational Nanotechnology* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=504704 [Data wejścia: 04-12-2012]
- [111] Obliczenia własne na podstawie wyników konkursów Działania 1.4 *Promocja i współ-*

- praca, komponent współpraca, obszar tworzenie i rozwój klastrów. Program Operacyjny Rozwój Polski Wschodniej na lata 2007-2013
- [112] Oziewicz E., *Globalizacja gospodarki światowej*, [w:] *Globalizacja i regionalizacja w gospodarce światowej*, Orłowska R. (red.), Żołądkiewicz K. (red.), PWE, Warszawa 2012
- [113] Pohoski M., *Polska krajem starców? Uwagi na temat starzenia się ludności Polski*, „Przeгляд Powszechny” 2009 grudzień
- [114] *Polityka spójności na lata 2014–2020. Strategie badawcze i innowacyjne na rzecz inteligentnej specjalizacji*, Komisja Europejska, Bruksela 2011
- [115] Portal informacyjny Głównego Urzędu Statystycznego [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://www.stat.gov.pl/gus/definicje_PLK_HTML.htm?id=POJ-1718.html
- [116] Portal innowacji [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.pi.gov.pl/PARP/data/klastry/index.html>
- [117] Postma T.J. B.M., Liebl F., *How to improve scenario analysis as a strategic management tool?*, „Technological Forecasting and Social Change” 2005, No. 72, s. 161-173
- [118] *Profil wrażliwości gospodarki regionalnej na integrację z Unią Europejską*, Województwo podlaskie, IBnGR, Gdańsk 2003
- [119] *Przeciętne miesięczne wynagrodzenia brutto w gospodarce narodowej według PKD 2007*, Bank Danych Regionalnych, GUS, Warszawa 2012
- [120] Ranga M., *A Triple Helix Systems „horse” for the Smart Specialisation „carriage”?*, Triple Helix XI Conference Workshop „Supercharging the Triple Helix: Smart Specialisation as a game changer”, London, 8-10 July 2013
- [121] *Raport o ilościowym i jakościowym stanie prac badawczych prowadzonych na wybranych uczelniach wyższych w województwie podlaskim*, Centrum Promocji Podlasia, WSFiZ, Białystok 2010
- [122] *Raport o rozwoju i polityce regionalnej*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2007
- [123] Ravetz J., *Scenario types in Module 2: Technology Foresight for Practitioners*. A specialised Course on Scenario Building, Prague, 5-8 November 2007
- [124] *Rezolucja Parlamentu Europejskiego w sprawie nanonauki i nanotechnologii: plan działań dla Europy na lata 2005-2009* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.europa.eu [Data wejścia: 27-03-2013]
- [125] Ringland G., *UNIDO Technology Foresight for Practitioners*. A specialised Course on Scenario Building, Prague, 5-8 November 2007
- [126] *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2009*, GUS, Warszawa 2009
- [127] *Rocznik statystyczny województw 2011*, GUS, Warszawa 2011
- [128] *Rocznik statystyczny województw 2012*, GUS, Warszawa 2012
- [129] Saritas O., Smith J., *The Big Picture – Trends, Drivers, Wild Cards, Discontinuities and Weak Signals*, “Futures” 2010
- [130] Savolainen (coordinator), *Nanosafety in Europe 2015-2025: Towards Safe and Sustainable Nanomaterials and Nanotechnology Innovations*, Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki, 2013. [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://www.ttl.fi/en/publications/electronic_publications/nanosafety_in_europe_2015-2025/pages/default.aspx
- [131] Schwartz P., *The Art of the Long View. Planning for the Future in an Uncertain World*, New York 1996
- [132] Sektor High-Tech w Polsce, Raport PMR [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.biznespolska.pl
- [133] *Strategia rozwoju kraju 2007-2015. Strategia rozwoju nauki w Polsce do 2015 roku*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2007
- [134] *Strategia rozwoju społeczno-gospodarczego Polski Wschodniej do roku 2020*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2008
- [135] *Strategia Rozwoju Województwa Podlaskiego do 2020 roku*. Załącznik do uchwały Nr XXXV/438/06 Sejmiku Województwa Podlaskiego z dnia 30 stycznia 2006 r., Urząd Marszałkowski Województwa Podlaskiego, Białystok 2006
- [136] Surfdaddy O., *Nano-Bio-Info-Cogno: Paradigm for the Future* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: portal internetowy humanity +: <http://hplusmagazine.com/2010/02/12/nano-bio-info-cognoparadigm-future/> [Data wejścia: 14-02-2012]
- [137] *Szanse i zagrożenia oraz potencjalne kierunki rozwoju obszarów wiejskich w Polsce w ujęciu regionalnym*, Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa FAPA, Warszawa, 2012 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://ksow.pl/fileadmin/user_upload/

- ksow.pl/pliki/ANALIZY_ekspertyzy/Raport_FINAL%20Szanse%20i%20zagrozenia%207_01.pdf [Data wejścia: 09-04-2013]
- [138] Szelański W., *Warsztaty offsetowe. Offset i inwestycje zagraniczne jako szansa dla rozwoju transferu technologii do przemysłu w Polsce*, Warszawa 2007
- [139] Sztando A., *Analiza strategiczna jednostek samorządu terytorialnego*, [w:] Strahl D. (red.), *Metody oceny rozwoju regionalnego*, Wydawnictwo AE, Wrocław 2006
- [140] Sztompka P., *Socjologia. Analiza społeczeństwa*, Znak, Kraków 2002
- [141] Uchwała nr 7 Rady Ministrów z dnia 15 stycznia 2013 r. w sprawie Strategii Innowacyjności i Efektywności Gospodarki „Dynamiczna Polska 2020”, (M.P. poz. 73)
- [142] *Udział Polski w 7 Programie Ramowym. Statystyki po 355 zakończonych konkursach*, KPK, Warszawa 2013
- [143] Watson R., *Future Files: A Brief History of the Next 50 Years*, Nicholas Brealey Publishing; Reprint edition, 2010
- [144] Watson R., *Trends and Technology Timeline 2010+. A Roadmap for the Exploration of Current and Future Trends*, w: *Future Files. A brief history of the next 50 years*, Nicholas Brealey Publishing, London-Boston 2012
- [145] Weiss J., Takhistov P., McClements J., *Functional Materials in Food Nanotechnology*, „Journal of Food Science” 2006 Vol. 71
- [146] Wójcicki J. M., Ładyżyński P., *System monitorowania i scenariusze rozwoju technologii medycznych w Polsce*, Warszawa 2008
- [147] *World Investment Report 1996*, UNCTAD, New York 1996
- [148] Woźniak M. G., *Wzrost gospodarczy. Podstawy teoretyczne*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Kraków 2004
- [149] *Wyniki Narodowego Programu Foresight „Polska 2020”*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa, czerwiec 2009
- [150] *Zalecenie Komisji z dnia 7 lutego 2008 r. w sprawie kodeksu postępowania dotyczącego odpowiedzialnego prowadzenia badań w dziedzinie nanonauk i nanotechnologii* (notyfikowana jako dokument nr C(2008) 424), Dz. Urz. L 116, 30/04/ 2008 P. 0046 – 0052
- [151] *Zestawienie metodologii algorytmów* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.mrr.gov.pl
- [152] Государственная корпорация «Российская корпорация нанотехнологий» РОСНАНО) [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.rusnano.com/projects> [Data wejścia: 18-03-2013]

Tab. 1.1.	Liczba projektów finansowanych przez NCN od czerwca 2011 do czerwca 2013 roku w podziale na typy projektów i datę rozpoczęcia realizacji projektu	34
Tab. 1.2.	Liczba projektów finansowanych przez NCN od czerwca 2011 do czerwca 2013 roku w podziale na panele dyscyplin konkursowych	34
Tab. 1.3.	Charakterystyka centrów prowadzących działalność w obszarze nanotechnologii.....	36
Tab. 2.1.	Klasyfikacja kluczowych czynników SWOT na potrzeby <i>Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku</i>	41
Tab. 2.2.	Lista najważniejszych czynników wpływających na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim	57
Tab. 3.1.	Obszary badawcze i priorytetowe kierunki badań podstawowych	68
Tab. 3.2.	Obszary badawcze i priorytetowe kierunki badań stosowanych	68
Tab. 3.3.	Wykaz kluczowych technologii.....	74
Tab. 3.4.	Poziomy gotowości technologicznej przyjęte w procesie priorytetyzacji	75
Tab. 3.5.	Zestawienie kierunków badań niezbędnych do realizacji priorytetowych nanotechnologii.....	82
Tab. 4.1.	Stan czynników głównych analizy STEEPVL w czterech scenariuszach.....	91
Tab. 4.2.	Podstawowa charakterystyka i nazwy scenariuszy.....	93
Tab. 7.1.	Zestawienie celów i działań strategii.....	108
Tab. 8.1.	Działania informacyjno-edukacyjne i promocyjne <i>Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku</i> w odniesieniu do poszczególnych grup odbiorców.....	120
Tab. 9.1.	Wskaźniki monitoringu strategii.....	123

Rys. 1.	Schemat współdziałania paneli eksperckich w projekcie „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii”	20
Rys. 2.	Fazy przebiegu i rezultatów prac badawczych nad opracowaniem strategii	22
Rys. 1.1.	Liczba projektów z obszaru „nano” zgłoszonych do finansowania przez MNiSW w latach 2006-2011	31
Rys. 1.2.	Liczba zgłoszonych projektów z obszaru „nano” do finansowania przez MNiSW w podziale na typy projektów w latach 2006-2011	31
Rys. 1.3.	Rodzaje prac badawczych zarejestrowanych w systemie SYNABA w obszarze „nano” [%].....	33
Rys. 1.4.	Projekty z obszaru „nano” zatwierdzone do finansowania ze środków NCN od czerwca 2011 do czerwca 2013 roku	33
Rys. 1.5.	Szacunkowa wartość realizowanych projektów z obszaru „nano” finansowanych ze środków NCN w podziale na województwa w okresie 2011-2013	35
Rys. 2.1.	Przekształcenie czynników kluczowych w osie scenariuszy	55
Rys. 2.2.	Liczba czynników poszczególnych wymiarów analizy STEEPVL zidentyfikowanych przez Zespół Ekspertki do spraw analizy SWOT (ZE-SWOT) i Kluczowy Zespół Badawczy	56
Rys. 2.3.	Ranking czynników pod względem ważności i niepewności.....	58
Rys. 2.4.	Ranking szczegółowy czynników pod względem ważności i niepewności	59
Rys. 2.5.	Miejsce analizy strukturalnej w metodyce projektu	60
Rys. 2.6.	Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach bezpośrednich	61
Rys. 2.7.	Podział czynników analizy strukturalnej bazujący na oddziaływaniach pośrednich potencjalnych	62
Rys. 2.8.	Przyjęte warianty osi scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim	63
Rys. 2.9.	Koncepcja potrójnej i poczwórnej spirali	65
Rys. 3.1.	Schemat operacjonalizacji metodyki badawczej Panelu mapowania technologii i kluczowych technologii w zakresie utworzenia priorytetowych technologii kluczowych	73
Rys. 3.2.	Umiejscowienie technologii kluczowych na osi dojrzałości technologicznej.....	77
Rys. 4.1.	Nano-Bio-Info-Cogno – technologie przyszłości	86
Rys. 4.2.	Referencyjna metodyka konstruowania scenariuszy na potrzeby badań foresightowych	90
Rys. 4.3.	Ekspertka ocena szans rozwoju technologii priorytetowych w warunkach czterech scenariuszy	94
Rys. 5.1.	Mapa rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim	103
Rys. 8.1.	Grupy beneficjentów Podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do 2020 roku	115

