FORESIGHT NT PODLASKIE 2020

Redakcja naukowa

JOANNA EJDYS
KATARZYNA HALICKA

NANONAUKA
NA RZECZ ROZWOJU
WOJEWÓDZTWA PODLASKIEGO

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

WYDZIAŁ ZARZĄDZANIA POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ

POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

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

NANONAUKA NA RZECZ ROZWOJU WOJEWÓDZTWA PODLASKIEGO

Politechnika Białostocka

NANONAUKA NA RZECZ ROZWOJU WOJEWÓDZTWA PODLASKIEGO

Redakcja naukowa

JOANNA EJDYS

KATARZYNA HALICKA

Białystok 2013

FORESIGHT
NT PODLASKIE 2020

FORESIGHT
NT PODLASKIE 2020

recenzenci
prof. dr hab. inż. Adam Mazurkiewicz
prof. dr hab. inż. Urszula Narkiewicz

© copyright by
Politechnika Białostocka

Białystok 2013

ISSN 0867-096X
Rozprawy Naukowe Nr 244
Biblioteka Nauk o Zarządzaniu

redaktor wydawnictwa
Janina Demianowicz

projekt okładki
Krystyna Krakówka

projekt i skład komputerowy

EKO PRESS

Agencja Wydawnicza Ekopress
Andrzej A. Poskrobko
tel. 601 311 838

druk i oprawa
Oficyna Wydawnicza
Politechniki Białostockiej

zespół autorów

Joanicjusz Nazarko
– koodynator merytoryczny projektu
Joanna Ejdys
Katarzyna Halicka
Anna Olszewska
Alicja Gudanowska
Elżbieta Krawczyk-Dembicka
Łukasz Nazarko

współpraca
Tomasz Trochimczuk

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

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

prof. dr hab. inż. **Andrzej Napieralski**	*koordynator panelu POB2* – Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki
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 Ejdys**, prof. nzw.	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
prof. dr hab. inż. **Leszek Golonka**	Politechnika Wrocławska, Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki
dr inż. **Piotr Grabiec**	Instytut Technologii Elektronowej (ITE) Warszawa
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**	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. **Aleksander Sieroń**	Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach z siedzibą w Bytomiu
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 Wyszyńska	Zespół Szkół Katolickich im. Matki Bożej Miłosierdzia w Białymstoku
dr hab. inż. **Mariusz Zubert**, prof. nzw.	Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki

Spis treści

Wprowadzenie 9

1. **Charakterystyka działalności naukowo-badawczej w zakresie nanotechnologii** 13
   - 1.1. Rola nanonauki w dokumentach strategicznych Unii Europejskiej 13
   - 1.2. Krajowy potencjał badawczo-rozwojowy w obszarze nanotechnologii 16
   - 1.3. Badania naukowe realizowane na terenie województwa podlaskiego 20

2. **Opis metodyki badawczej** 31
   - 2.1. Schemat ogólny metodyki badawczej 31
   - 2.2. Operacjonalizacja metodyki badawczej 32

3. **Wykaz kandydujących kierunków badań ze wskazaniem obszarów zastosowań** 35

4. **Charakterystyka kryteriów oceny kandydujących kierunków badań** 45
   - 4.1. Klasyfikacja i wybór kryteriów oceny kierunków badań 45
   - 4.2. Charakterystyka kryteriów 52

5. **Wyniki eksperckiej oceny kandydujących kierunków badań w zakresie nauk podstawowych** 55
   - 5.1. Ocena obszarów zastosowań badań podstawowych pod względem kryteriów atrakcyjności i wykonalności 55
   - 5.2. Ocena poszczególnych kierunków badań podstawowych pod względem kryteriów atrakcyjności 58
   - 5.3. Ocena poszczególnych kierunków badań podstawowych pod względem kryteriów wykonalności 71
   - 5.4. Interpretacja graficznego odwzorowania kierunków badań podstawowych w układzie współrzędnych atrakcyjność-wykonalność 81

6. **Wyniki eksperckiej oceny kandydujących kierunków badań w zakresie nauk stosowanych** 83
   - 6.1. Ocena obszarów zastosowań badań stosowanych pod względem atrakcyjności i wykonalności 83
   - 6.2. Ocena poszczególnych kierunków badań stosowanych z uwzględnieniem kryteriów atrakcyjności 87
   - 6.3. Ocena poszczególnych kierunków badań stosowanych z uwzględnieniem kryteriów wykonalności 102
   - 6.4. Interpretacja graficznego odwzorowania kierunków badań stosowanych w układzie współrzędnych atrakcyjność-wykonalność 113

7. **Priorytetyzacja kierunków badań** 116
7.1. Metodyka priorytetyzacji kierunków badań 116
7.2. Ocena trudności badań naukowych 118
7.3. Ranking kierunków badań z uwzględnieniem poziomu trudności badań 124
7.4. Wykaz priorytetowych kierunków badań 126

8. **Charakterystyka priorytetowych kierunków badań** 127
8.1. Karta charakterystyki priorytetowych kierunków badań 127
8.2. Analiza kart charakterystyki priorytetowych kierunków badań 129

Podsumowanie i wnioski 134

ANEKS
Załącznik 1. Wzór formularza identyfikacji obszarów badań i kierunków badań naukowych w zakresie nanotechnologii 137
Załącznik 2. Wzór formularza propozycji listy kryteriów 138
Załącznik 3. Wzór formularza na potrzeby oceny kryteriów 139
Załącznik 4. Wzór formularza oceny kierunków badań podstawowych 141
Załącznik 5. Wzór formularza oceny kierunków badań stosowanych 145
Załącznik 6. Wzór formularza priorytetyzacji 149
Załącznik 7. Wzór karty opisu kierunków badań 151
Załącznik 8. Karty charakterystyki kierunków badań podstawowych i badaństosowanych 154

Bibliografia 183

Wykaz rysunków 187
Wykaz tabel 190

Badania naukowe skutkujące rozwojem innowacyjności i podnoszeniem konkurencyjności regionu stanowią podstawę rozwoju społeczno-gospodarczego. Celowe i uzasadnione wydaje się być wytypowanie takich kierunków, które w czasach ograniczonego dostępu do środków finansowych przeznaczonych na badania i rozwój, wskazywałyby na priorytety polityki naukowo-badawczej i jednocześnie znalazły aprobatę społeczeństwa oraz władz regionu. Wskazanie trajektorii naukowo-badawczych w obszarze nanotechnologii było jednym z podstawowych celów projektu „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii". W przyjętej metodyce projektu głównego nacisk położono na eksplorację wiedzy ekspertów.

Trzon badawczy projektu „<<NT FOR Podlaskie 2020>>" oparty został na panelach eksperckich, których zadaniem była analiza i synteza wiedzy istotnej dla danego zagadnienia. 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 odpowiadały głównym metodom badawczym, na których oparty został projekt. Są to:

- 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 przyczynią się do zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego województwa podlaskiego.

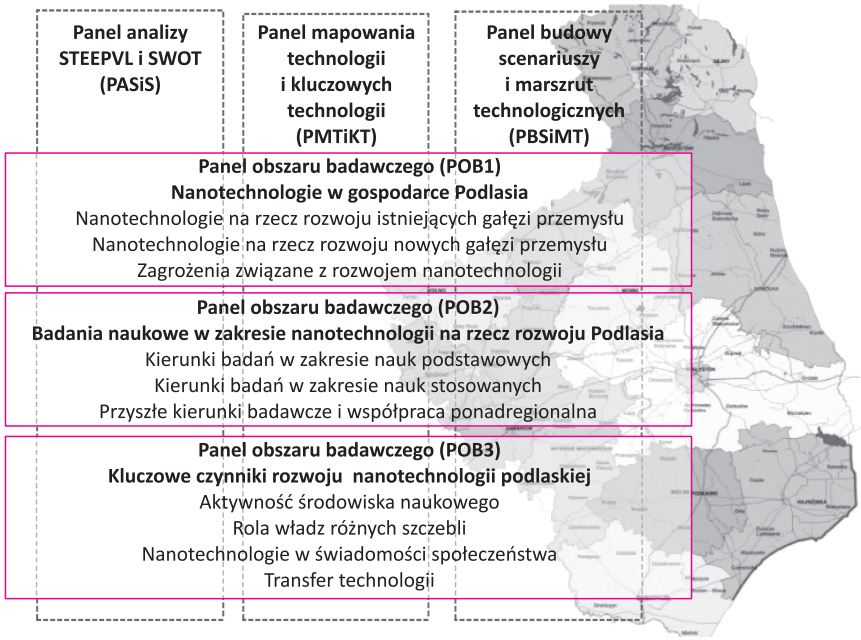
Zasadniczym celem prac badawczych panelu budowy scenariuszy i marszrut technologicznych była projekcja podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii do roku 2020, czyli wyznaczenie priorytetowych kierunków rozwoju województwa podlaskiego zorientowanych na wykorzystanie nanotechnologii oraz określenie 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.

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



Źródło: opracowanie własne.

Wyniki prac poszczególnych paneli zostały przedstawione w następujących monografiach:

- *Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT.*
- *Kluczowe nanotechnologie w gospodarce województwa podlaskiego.*
- *Nanonauka na rzecz rozwoju województwa podlaskiego.*
- *Kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Mapowanie. Marszruty. Trendy.*
- *Podlaska strategia rozwoju nanotechnologii do roku 2020.*

W prezentowanej monografii przedstawiono wyniki prac zrealizowanych w ramach panelu Obszaru Badawczego POB2 Badania naukowe w zakresie nanotechnologii na rzecz rozwoju województwa podlaskiego. Jednym z przyjętych w studium wykonalności [74] celów prac panelu POB2 było wskazanie kierunków badań naukowych w obszarze nanotechnologii w zakresie badań podstawowych i stosowanych.

Według definicji stosowanej przez Główny Urząd Statystyczny, badania podstawowe stanowią prace teoretyczne i eksperymentalne podejmowane przede wszystkim w celu zdobycia lub poszerzenia wiedzy na temat przyczyn zjawisk i faktów, nieukierunkowane w zasadzie na uzyskanie żadnych konkretnych zastosowań praktycznych. Natomiast badania stosowane obejmują prace badawcze podejmowane w celu zdobycia nowej wiedzy, mającej konkretne zastosowania praktyczne. Polegają one bądź na poszukiwaniu możliwych zastosowań praktycznych dla wyników badań podstawowych, bądź na poszukiwaniu nowych rozwiązań pozwalających na osiągnięcie z góry założonych celów praktycznych. Wynikami badań stosowanych są modele próbne wyrobów, procesów, metod [57].

Poszukiwanie kierunków badań w obszarze nanotechnologii jest istotne ze względu na fakt, że w Krajowym Programie Badań, wśród nowoczesnych technologii materiałowych kluczową rolę odgrywają nanotechnologie generujące nowe materiały o programowanej na poziomie molekularnym strukturze oraz zupełnie nowych właściwościach i zastosowaniach [80].

Badania dotyczące nanotechnologii w zakresie **nauk podstawowych** powinny zapewnić uzyskanie odpowiedzi na następujące pytania:

1. Jakie zjawiska fizyczne, biologiczne, chemiczne występują w różnych układach skali nano?
2. Jakie prawa rządzą tymi zjawiskami?
3. Jakie oddziaływania występują pomiędzy poziomem nano a poziomem makro?
4. Jakie relacje istnieją pomiędzy nanonauką a fizyką, biologią i chemią?

Badania w zakresie **nauk stosowanych** powinny zapewnić uzyskanie odpowiedzi na pytania [74]:

1. W jakich dziedzinach gospodarki województwa podlaskiego zastosowanie nanotechnologii może przynieść pozytywne skutki?
2. Jakie właściwości obiektów skali nano mogą być wykorzystane w branżach funkcjonujących w województwie podlaskim?
3. Jakie nowe kierunki wytwórczości związane z nanotechnologią mają największe perspektywy rozwoju w województwie podlaskim?
4. W jaki sposób rozwiązać konkretny problem stosując nanotechnologie?
5. Jakie szanse dla społeczeństwa regionu stwarza zastosowanie nanotechnologii np. w medycynie, optyce, elektronice, magnetyzmie?
6. Jakie zagrożenia dla człowieka i środowiska są związane ze stosowaniem nanotechnologii?

Zasadniczą metodą badawczą służącą do wyłonienia w pierwszej kolejności kluczowych – ze względu na rozwój województwa podlaskiego i jego konkurencyjność – kierunków badań była metoda oparta na ocenie kierunków badań kandydujących względem dwóch kryteriów: atrakcyjności oraz wykonalności [28]. Rozwinięciem takiego podejścia jest priorytetyzacja kluczowych kierunków badań. Jako kryterium priorytetyzacji wykorzystano ocenę poziomów trudności badań, którym przypisano określone prawdopodobieństwo sukcesu w osiągnięciu zakładanych celów badawczych. Ostatecznie, wykorzystując wiedzę ekspertów dokonano charakterystyki priorytetowych kierunków badań na rzecz nanotechnologii w województwie podlaskim.

W kolejnych rozdziałach opracowania przedstawiono: (i) rolę nanonauki w dokumentach strategicznych Polski i Unii Europejskiej; (ii) schemat metodyki badawczej; (iii) wykaz kandydujących kierunków badań; (iv) kryteria oceny kandydujących kierunków badań; (v) wyniki eksperckiej oceny kandydujących kierunków badań w zakresie nauk podstawowych; (vi) wyniki eksperckiej oceny kandydujących kierunków badań w zakresie nauk stosowanych; (vii) wyniki priorytetyzacji kierunków badań oraz (viii) karty charakterystyk priorytetowych kierunków badań. Całość zakończono syntetycznymi wnioskami. Monografię uzupełnia wykaz wykorzystanej w trakcie prac literatury.

Wyłonione w wyniku przeprowadzonych analiz kierunki badań powinny być podstawą realizowanej na terenie województwa podlaskiego polityki naukowo-badawczej. Rezultaty prac panelu POB2, jak również pozostałych działań w projekcie „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>> Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii" miały na celu dostarczenie niezbędnych informacji do opracowania strategii rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim.

1. Charakterystyka działalności naukowo-badawczej w zakresie nanotechnologii

1.1. Rola nanonauki w dokumentach strategicznych Unii Europejskiej

Nanonauka to badanie zjawisk i manipulacja elementami materii na poziomie atomowym, molekularnym i makromolekularnym, na którym właściwości materii różnią się w istotny sposób od właściwości w większych skalach wymiarowych. Analizując różnorodne definicje stosowane w obszarze nanotechnologii, można zauważyć, że elementem łączącym są atrybuty wymiarowe. Skala wymiarowa, w której materia i zjawiska w niej zachodzące stanowią przedmiot zainteresowania nanonauk i nanotechnologii, umownie przyjęto w granicach od 1 do 100 nm.

Termin nanotechnologia często jest używany jako wspólne pojęcie, obejmujące nanonaukę i nanotechnologię; taką terminologię przyjęto w monografii. Nanotechnologia będzie dźwignią rozwoju gospodarki w skali globalnej, niezbędne jest więc efektywne wspieranie tej dziedziny w Polsce. Powinna być priorytetowym kierunkiem badań i jednocześnie poligonem wprowadzania nowych rozwiązań organizacyjnych, zwiększających efektywność wykorzystywania dostępnych zasobów. Do jej rozwoju są potrzebne przede wszystkim kreatywność i potencjał intelektualny, które są mocną stroną polskiej nauki. Powinien też zdecydowanie zwiększyć się poziom finansowania oraz znacząco usprawnić system organizacji badań naukowych i kształcenia [45].

Wraz ze wzrostem znaczenia nanotechnologii, w wiodących gospodarkach świata, podejmowano inicjatywy, opracowywano strategie i uruchamiano specjalne programy ukierunkowane na wspieranie i rozwój nanonauki.

Unia Europejska (UE) uznaje, że nanonauki i nanotechnologie mogą odegrać bardzo ważną rolę w stymulowaniu celów gospodarczych, społecznych i środowiskowych. Założenia, cele oraz instrumenty realizacji polityki UE w zakresie wspierania nanotechnologii znalazły odzwierciedlenie w dokumentach rozwojowych poszczególnych członków oraz regionów.

Strategia europejska określona w komunikacie Komisji Unii Europejskiej Ku europejskiej strategii dla nanotechnologii [29], jako jeden z głównych celów wskazuje utrzymanie i wzmocnienie europejskiego obszaru badań i rozwoju (B+R) w zakresie nanonauk i nanotechnologii. W szczególności w dokumencie za kluczowe uznano:

- zwiększenie nakładów na prace badawczo-rozwojowe (B+R);
- budowę światowej klasy, konkurencyjnej struktury B+R („biegunów doskonałości") z uwzględnieniem potrzeb przemysłu i instytucji naukowo-badawczych;
- promocję interdyscyplinarnej edukacji i szkolenia personelu naukowo-badawczego;
- zapewnienie korzystnych warunków dla transferu technologii i innowacji;
- integrację uwarunkowań społecznych w proces B+R na wczesnym etapie;
- przeciwdziałanie potencjalnym zagrożeniom dla zdrowia, bezpieczeństwa, środowiska naturalnego oraz konsumentów;
- integrowanie analizy ryzyka w każdy etap cyklu życiowego produktów opartych na nanotechnologii oraz przystosowanie obecnych oraz, w razie potrzeby, opracowanie nowych metodologii.

W dokumencie podkreślono również fakt, że te działania powinny być wspierane poprzez właściwą współpracę na szczeblu międzynarodowym.

Wsparcie UE w zakresie nanonauki i nanotechnologii w ostatnim okresie było związane ze wzrostem finansowania badań (zarówno dotyczących właściwej nanonauki, jak i zasto-

sowań przemysłowych), jak również z promocją europejskiego rynku produkcji w dziedzinie nanotechnologii, poprzez między innymi mechanizmy ułatwiające uzyskanie dotacji dla firm wdrażających rozwiązania nano [45]. Istotnym działaniem z prawnego punktu widzenia było wstępne opracowanie norm dla nanotechnologii oraz przyjęcie przez Komisję zaleceń w sprawie Kodeksu postępowania dotyczącego odpowiedzialnego prowadzenia badań w dziedzinie nanonauk i nanotechnologii [86].

Ważnym dokumentem określającym kierunki badań jest 7 Program Ramowy (7PR). W programie szczegółowym czwarty obszar tematyczny dotyczy nanonauk, nanotechnologii, materiałów i nowych technologii produkcyjnych [72]. W innych obszarach tematycznych programu Współpraca (Zdrowie, Żywność, Rolnictwo i Rybołówstwo oraz Biotechnologia, Technologie Informacyjne i Komunikacyjne) również podkreślono, że rozwój tych obszarów będzie w dużym stopniu uzależniony od nanotechnologii i ich zastosowań. Zgodnie z założeniami 7 PR nanonauki, nanotechnologie, materiały i nowe technologie produkcyjne mają ogromne znaczenie dla przemysłu, a ich integracja na rzecz zastosowań sektorowych może być realizowana poprzez działania między innymi w dziedzinie nanoelektroniki, produkcji przemysłowej, wytwarzania energii, hutnictwa, chemii, energii, transportu, budownictwa, bezpieczeństwa przemysłowego, przemysłu włókienniczego, ceramicznego, przemysłu leśnego i nanomedycyny. Do działań służących rozwojowi nanonauki zaliczono w szczególności: tworzenie nowej wiedzy w zakresie zjawisk granicznych oraz zjawisk zależnych od rozmiaru; nanoskopijną kontrolę właściwości materiału; integrację 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; analiza i produkcja nanoczęści; wpływ na bezpieczeństwo człowieka, zdrowie i środowisko; metrologię, monitorowanie i wykrywanie, nazewnictwo i normy; badania nowych koncepcji i podejść do zastosowań sektorowych. Badany będzie również wpływ nanotechnologii na społeczeństwo oraz znaczenie nanonauk i nanotechnologii dla rozwiązywania problemów społecznych.

O dużym zainteresowaniu nanonauką i nanotechnologiami na świecie świadczą inicjatywy krajowe. Tematyka nanotechnologii zyskała szczególny status narodowych programów badawczych praktycznie we wszystkich krajach rozwiniętych oraz rozwijających się. Na badania w tym obszarze wydatkuje się istotne kwoty, zarówno w USA, Japonii, Kanadzie, jak i w Bułgarii, Rumunii, Chinach. Do przykładowych inicjatyw należą: Amerykańska Narodowa Inicjatywa Nanotechnologiczna [46], Brytyjska Narodowa Inicjatywa na rzecz Nanotechnologii (UK National Initiative on Nanotechnology – NION), [63], Izraelska Inicjatywa Narodowa na rzecz Nanotechnologii (INNI), [64]. Badania w obszarze nanotechnologii realizowane w poszczególnych krajach Europy cechuje:

- tworzenie sieci i partnerstw 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 [45].

W Polsce obecna i przyszła rola nanonauki została wyeksponowana w następujących dokumentach:

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

Na poziomie krajowym dokumentem posiadającym rangę strategii i 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. Jako cel głów-

ny w dokumencie wskazano osiągnięcie przez Polskę znaczącego w skali europejskiej potencjału konkurencyjnego we wskazanych kierunkach badań i aplikacji do 2013 roku [45]. 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 krótko-, średnio- i długookresowej w celu zmaksymalizowania pozytywnych skutków gospodarczych, naukowych i społecznych.

W wyniku realizacji strategii przewidziano osiągnięcie następujących celów:

- opracowanie kilkudziesięciu produktów o wysokiej wartości dodanej, wykorzystujących nanotechnologie, konkurencyjnych w skali światowej;
- opracowanie i wprowadzenie na rynki światowe kilkudziesięciu technologii i urządzeń produkcyjnych do wytwarzania nanomateriałów;
- stworzenie systemu edukacji w dziedzinie nanotechnologii, pozwalającego na wykształcenie kilkuset specjalistów rocznie;
- kształcenie na poziomie europejskim około 20-30 doktorów rocznie w specjalizacji nanotechnologia;
- stworzenie systemu kształcenia ustawicznego w obszarze nanotechnologii (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, przemysłu, 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.

W dokumencie Strategia rozwoju kraju 2007-2015. Strategia Rozwoju Nauki w Polsce do 2015 roku, jako jeden z trendów w badaniach naukowych, rozwoju technologicznym oraz działalności innowacyjnej wskazano na kształtowanie się nowych multidyscyplinarnych dziedzin badawczych, przełamujących dawne klasyfikacje nauk – przekształcanie się poszczególnych dyscyplin i łączenie w nowe konfiguracje, na przykład integracja ICT, bio- i nanotechnologii. Jednocześnie wskazano, że dynamika nano, bio czy info nie ma charakteru inkrementalnych, drobnych ulepszeń dominującego wzoru, tylko szybkiego następowania po sobie całkowicie różnych wzorów. Do trendów zaliczono również powolne wyłanianie się fuzji bio-i-nanotechnologii (lub bio-i-nanotechnologii oraz nauk kognitywnych) jako następnego paradygmatu techno-gospodarczego.

Krajowy Program Badań. Założenia polityki naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa obejmuje siedem strategicznych, interdyscyplinarnych kierunków badań naukowych i prac rozwojowych. Kierunki te obejmują:

- nowe technologie w zakresie energetyki;
- choroby cywilizacyjne, nowe leki oraz medycynę regeneracyjną;
- 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.

W obszarze choroby cywilizacyjne, nowe leki oraz medycyna regeneracyjna wskazano, że nanofarmakologia stwarza nowe możliwości terapeutyczne i farmakologiczne. Dodatkowo, rozwój nanotechnologii, w tym poszukiwanie nowych polimerowych i lipidowych nośników leków w terapii celowanej, stanowi bardzo ważny obszar.

Do obszaru nowoczesnych technologii materiałowych zaliczono nanotechnologie generujące nowe materiały o programowanej na poziomie molekularnym strukturze oraz o zupełnie nowych właściwościach i zastosowaniach. W omawianym dokumencie wskazano, że opracowane i wdrożone do produkcji nowej generacji materiały znajdujące zastosowanie w gospodarce są już i powinny w jeszcze większym stopniu stać się „polską specjalnością".

Osiągnięcie tego celu wymaga zastosowania nanotechnologii do wytwarzania materiałów funkcjonalnych stosowanych 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. Rozwój zaawansowanych technik inżynierii materiałowej umożliwi kontrolowane kształtowanie właściwości tworzyw oraz opracowanie energooszczędnych i proekologicznych rozwiązań. Szansą innowacyjnych oraz doskonalonych technologii poprawiających bezpieczeństwo społeczeństwa, gospodarki i kraju są materiały i technologie związane z magazynowaniem i przesyłem energii oraz technologie fotoniczne wykorzystywane w długodystansowych, niezawodnych i wydajnych systemach transmisji informacji, co wymaga rozwoju nanoelektroniki. Również zapewnienie bezpieczeństwa, trwałości, użyteczności i niezawodności obiektów budowlanych wymaga opracowania nowych konstrukcji i materiałów bezpiecznych dla zdrowia i środowiska, a jednocześnie o dużej trwałości. Niezbędne zatem jest opracowanie nowej generacji materiałów budowlanych o wysokich parametrach wytrzymałościowych i termicznych z wykorzystaniem nanotechnologii.

Omówione dokumenty dotyczące priorytetowych kierunków badań wskazują na istotna rolę nanonauki. Wykorzystanie zaleceń zawartych w dotychczasowych narodowych dokumentach strategicznych pozwoli na łatwiejsze wykreowanie wizji rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim oraz na ukierunkowanie działań w tej dziedzinie. Jednocześnie instrumenty wparcia przewidziane w tych dokumentach mogą pobudzić i wzmocnić rozwój nanotechnologii w regionie. Ukierunkowanie badań naukowych na nanotechnologie jest zbieżne z zapisami strategicznych dokumentów na poziomie krajowym i europejskim odnoszących się do rozwoju nanonauki.

1.2. Krajowy potencjał badawczo-rozwojowy w obszarze nanotechnologii

Nakłady na działalność badawczo-rozwojową wyniosły w Polsce w 2011 roku – 11 687 mln PLN, co stanowiło 0,77% produktu krajowego brutto. Należały one do jednych z najniższych w Unii Europejskiej (średnia dla UE wyniosła 2,03% w relacji do PKB). Dominujący udział w nakładach na B+R miały środki budżetowe (55,8%). Działalność B+R prowadziło 2220 jednostek [16].

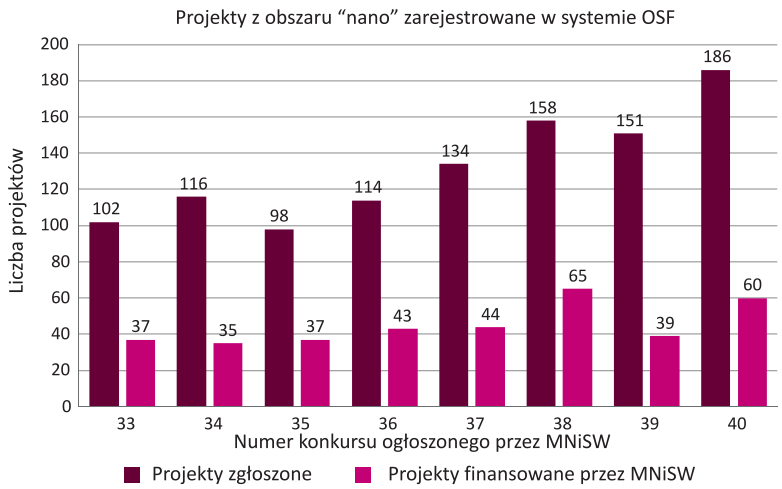
Krajowy potencjał kadrowy w zakresie nanotechnologii i proces jego rozwoju można oceniać pośrednio na podstawie liczby realizowanych grantów (badawczych, habilitacyjnych i doktorskich). Przegląd bazy OPI w zakresie zrealizowanych projektów dotyczących obszaru nano wskazał, że w latach 2006-2011 obserwowano widoczny wzrost liczby zgłaszanych projektów z obszaru nano (rys. 1.1), [68].

Porównane dostępne w bazie OPI dane z konkursów nr 33 i 40 wskazują, że zgodnie z ówczesną klasyfikacją projektów wzrosła liczba trzech typów projektów tak zwanych habilitacyjnych, promotorskich i własnych (rys. 1.2).

W stosunku do okresu 1990-2000, w latach 2001-2012 liczba 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).

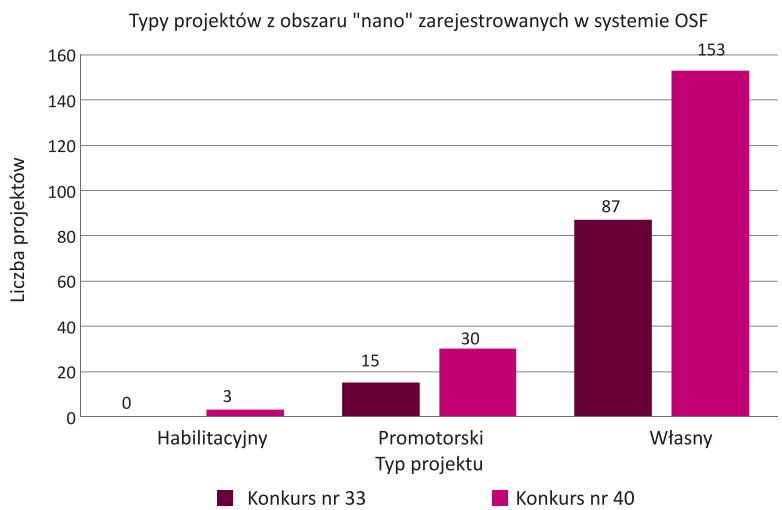
W roku 2011 finansowanie projektów badawczych rozpoczęło Narodowe Centrum Nauki, które rozdziela środki Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 9 kategoriach konkursowych (tab. 1.1).

Rys. 1.1. Liczba projektów zgłoszonych do finansowania do MNiSW z obszaru „nano"



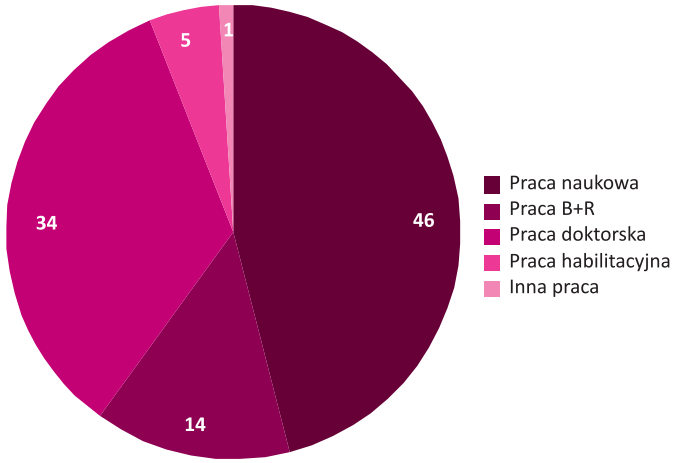
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 1.2. Liczba zgłoszonych projektów do finansowania przez MNiSW z obszaru „nano"
w podziale na typy projektów



Źródło: opracowanie własne.

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



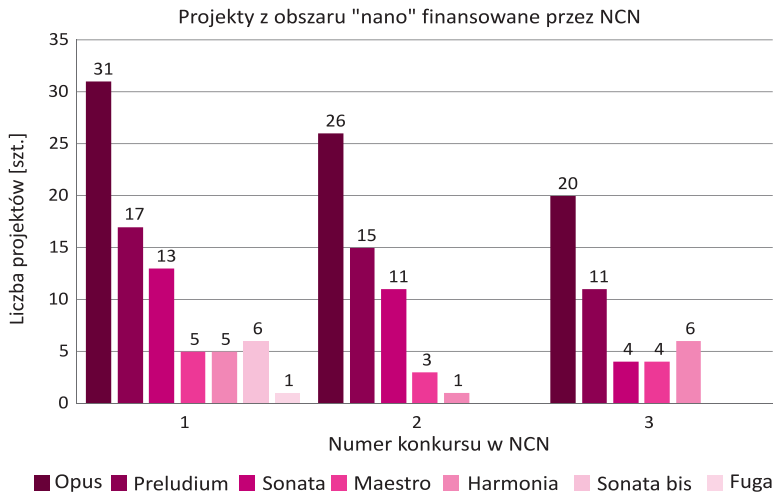
Źródło: opracowanie własne.

Tab. 1.1. Typy konkursów finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki

Lp	Typ konkursu	Charakterystyka
1.	Opus	konkurs na projekty badawcze, w tym finansowanie zakupu lub wytworzenia aparatury naukowo-badawczej niezbędnej do realizacji tych projektów
2.	Preludium	konkurs na projekty badawcze realizowane przez osoby rozpoczynające karierę naukową nieposiadające stopnia naukowego doktora
3.	Sonata	konkurs na projekty badawcze realizowane przez osoby rozpoczynające karierę naukową posiadające stopień naukowy doktora
4.	Sonata Bis	konkurs na projekty badawcze mające na celu powołanie nowego zespołu naukowego, realizowane przez osoby posiadające stopień naukowy lub tytuł naukowy, które uzyskały stopień naukowy doktora w okresie od 2 do 12 lat przed rokiem wystąpienia z wnioskiem
5.	Harmonia	konkurs na projekty badawcze realizowane w ramach współpracy międzynarodowej
6.	Maestro	konkurs dla doświadczonych naukowców na projekty badawcze mające na celu realizację pionierskich badań naukowych, w tym interdyscyplinarnych, ważnych dla rozwoju nauki, wykraczających poza dotychczasowy stan wiedzy, których efektem mogą być odkrycia naukowe
7.	Symfonia	konkurs na międzydziedzinowe projekty badawcze realizowane przez wybitnych naukowców, których badania wyróżniają się najwyższą jakością, odważnym przekraczaniem granic pomiędzy różnymi dziedzinami nauki, przyczyniając się do tworzenia nowych wartości i otwierania nowych perspektyw w nauce
8.	Etiuda	konkurs na stypendia doktorskie
9.	Fuga	konkurs na staże krajowe po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ze strony NCN, http://ncn.gov.pl/finansowanie-nauki/konkursy/typy [65].

Rys. 1.4. Projekty z obszaru „nano" zatwierdzone do finansowania ze środków NCN w latach 2011-2012



Źródło: opracowanie własne.

W latach 2011-2012 do finansowania przez NCN w trzech rundach konkursowych zostało zatwierdzonych łącznie 179 projektów z obszaru nano (rys. 1.4).

Rozwój krajowego potencjału kadrowego w sferze badawczo-rozwojowej w dziedzinie nanotechnologii, oddziaływujący również na rozwój nanotechnologii w województwie podlaskim, jest stymulowany obecnie przez różnorodne inicjatywy. Przykładem jednej z inicjatyw jest program „FOCUS FNP Subsydia na tworzenie zespołów naukowych – Edycja 2010 – nano i mikrotechnologie w medycynie". Celem programu było wspieranie młodych badaczy posiadających liczący się dorobek naukowy w wybranej, corocznie określanej przez Fundację sferze badań naukowych, która w jej opinii ma szczególne znaczenie dla rozwoju cywilizacyjnego Polski.

Odzwierciedleniem rosnącego potencjału kadrowego w sferze badawczo-rozwojowej w dziedzinie nanotechnologii jest także uruchamianie studiów doktoranckich z zakresu nanotechnologii. Fundacja na rzecz Nauki Polskiej w ramach Programu MPD Międzynarodowe Projekty Doktoranckie – wsparcie jednostek współpracujących z partnerem zagranicznym przy realizacji studiów doktoranckich w trzech zorganizowanych konkursach udzieliła wsparcia finansowego na uruchomienie studiów doktoranckich z zakresu nanotechnologii dla następujących instytucji: (1) Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH; (2) Instytutu Chemii Fizycznej PAN; (3) Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

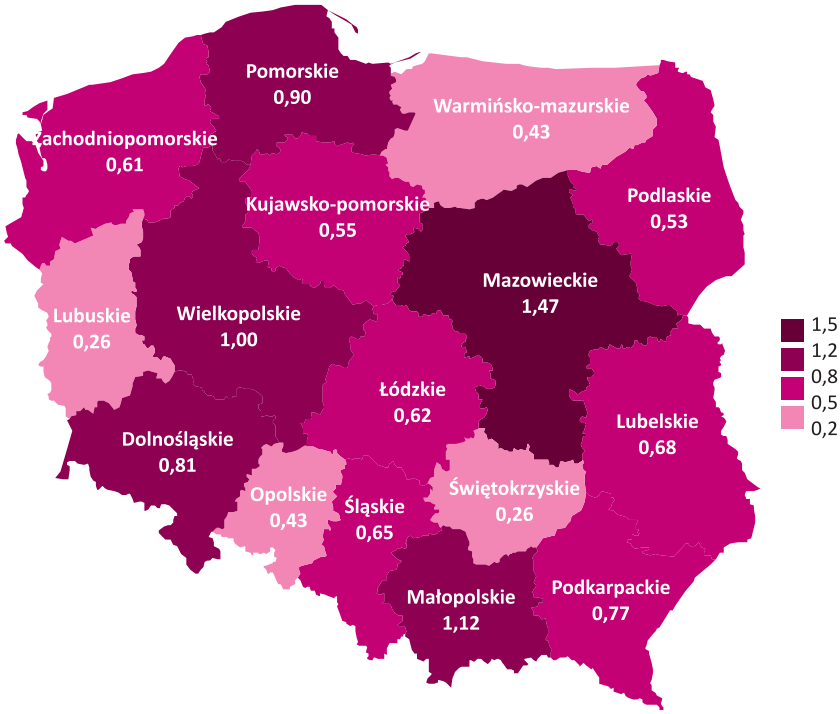
1.3. Badania naukowe realizowane na terenie województwa podlaskiego

W województwie podlaskim w 2011 roku funkcjonowało 41 jednostek prowadzących działalność badawczo-rozwojową [16]. Zatrudniały one 2 552 osoby, w tym 2 043 stanowili pracownicy naukowo-badawczy. W przeliczeniu na 100 mieszkańców województwa, w B+R pracowało 0,53 osoby (rys. 1.5).

Nakłady na działalność badawczą i rozwojową w 2011 roku wyniosły 139,5 mln PLN, z czego ponad 45% środków finansowych pochodziło z budżetu państwa, a tylko 15,8% ze środków przedsiębiorstw. W 2011 roku ogółem do szkół wyższych na działalność badawczo-rozwojową trafiło 102,2 mln PLN [56].

Analiza porównawcza potencjału badawczo-rozwojowego w układzie wojewódzkim pod względem wskaźników zrelatywizowanych do liczby ludności i PKB poszczególnych województw (niskich w przypadku województwa podlaskiego) wykazała silne zróżnicowania międzyregionalne. Analiza została przeprowadzona na podstawie danych opublikowanych w opracowaniu Głównego Urzędu Statystycznego zgodnie ze stanem na grudzień 2011 roku (dane w odniesieniu do PKB za 2010 rok). Pod uwagę brane były następujące wskaźniki: udział nakładów na działalność B+R w PKB, liczba zatrudnionych w obszarze B+R na 1000 osób aktywnych zawodowo, liczba jednostek prowadzących działalność B+R, liczba udzielonych patentów oraz poziom nakładów na działalność B+R na 1000 mieszkańców.

Rys. 1.5. Zatrudnieni w B+R na 100 pracujących w 2011 roku



Źródło: [16].

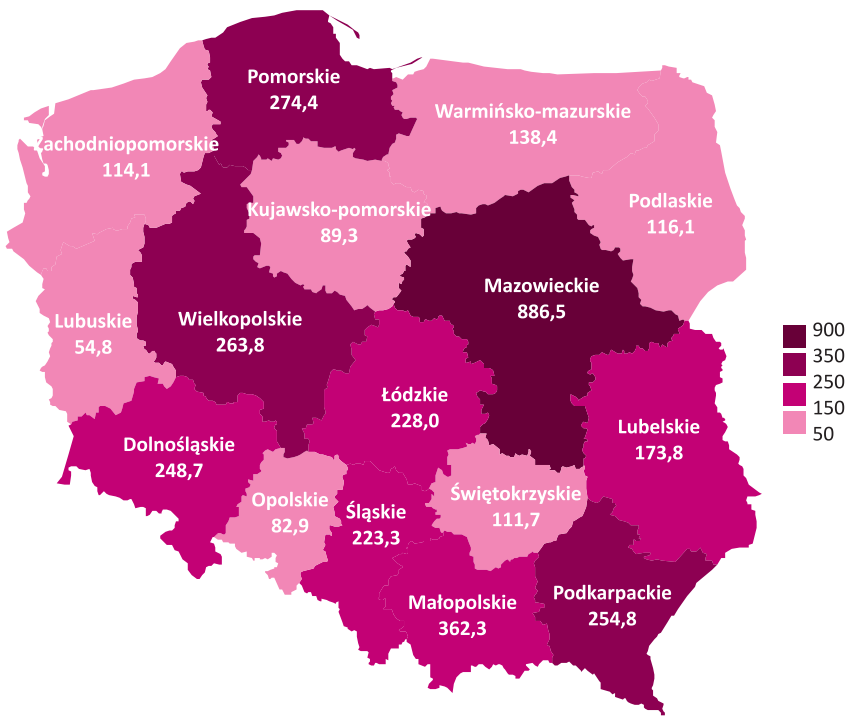
Niekwestionowanym liderem okazały się województwa: mazowieckie, małopolskie, wielkopolskie i pomorskie. Województwo podlaskie pod względem wszystkich analizowanych wskaźników plasowało się na jednym z ostatnich miejsc rankingu. Nakłady na działalność badawczo-rozwojową stanowiły 0,32% PKB województwa, co oznacza, że były one o ponad połowę mniejsze od średniej krajowej (0,74% dla Polski). Od poziomu krajowego znacznie odbiegają również wszystkie pozostałe wskaźniki: liczba zatrudnionych w sferze B+R na 1000 osób aktywnych zawodowo (2,4 w porównaniu do średniej 3,6 w kraju), liczba jednostek prowadzących działalność badawczo-rozwojową (41 jednostek, co stanowi 1,8% ogółu jednostek w Polsce), liczba udzielonych patentów (11 w porównaniu z 1989 w kraju) i nakłady na działalność B+R na 1 mieszkańca (116,1 PLN w porównaniu do 303 PLN w kraju). Średni poziom nakładów na działalność B+R w poszczególnych województwach przedstawiono na rys. 1.6.

Najwyższe nakłady na działalność B+R w przeliczeniu na mieszkańca odnotowano w województwie mazowieckim, do którego trafia 40,3% wszystkich środków budżetowych. Wartości te plasują województwo podlaskie w rankingu wszystkich województw na miejscach od 10 do 13 (w zależności od wskaźnika), co pozwala uznać jego potencjał badawczo-rozwojowy za słabą stronę. Słabszą pozycję w rankingu pod względem wszystkich analizowanych wskaźników odnotowały jedynie cztery województwa: lubuskie, opolskie, świętokrzyskie i kujawsko-pomorskie.

Na niską pozycję potencjału badawczo-rozwojowego województwa podlaskiego wskazuje również 12 miejsce w rankingu Narodowego Centrum Nauki dotyczącym liczby projektów zakwalifikowanych do finansowania w latach 2011-2012 (tab. 1.2).

Potencjał badawczo-rozwojowy regionu jest jednym z niezbędnych warunków rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Stanowi on bazę naukową tego rozwoju,

Rys. 1.6. Nakłady wewnętrzne na działalność B+R na 1 mieszkańca według województw w 2011 roku [PLN]



Źródło: [16].

Tab. 1.2. Zestawienie województw Polski, uszeregowanych według liczby projektów zakwalifikowanych do finansowania oraz wysokości kwot finansowania przyznanego w latach 2011-2012

Lp.	Województwo	Liczba wybranych projektów	Przyznana kwota [PLN]	Liczba projektów wybranych w grupie nauk HS	Kwota przyznana w grupie nauk HS [PLN]	Liczba projektów wybranych w grupie nauk NZ	Kwota przyznana w grupie nauk NZ [PLN]	Liczba projektów wybranych w grupie nauk ST	Kwota przyznana w grupie nauk ST [PLN]
1	mazowieckie	1 417	536 175 603	455	80 602 668	370	176 384 154	592	279 188 781
2	małopolskie	810	291 188 525	225	42 843 407	231	100 665 834	354	147 679 284
3	wielkopolskie	467	151 145 904	151	27 824 346	186	74 579 962	130	48 741 596
4	dolnośląskie	366	120 309 726	96	14 619 619	85	38 189 510	185	67 500 597
5	łódzkie	273	97 156 278	64	9 720 347	101	42 505 025	108	44 930 906
6	śląskie	257	86 892 133	64	8 809 825	33	12 924 192	160	65 158 116
7	pomorskie	251	97 423 947	36	6 979 891	101	50 691 605	114	39 752 451
8	lubelskie	121	25 688 835	53	4 549 341	45	14 750 693	23	6 388 791
9	kujawsko-pomorskie	113	38 397 365	34	6 478 025	31	14 581 280	48	17 338 060
10	zachodniopomorskie	86	28 245 209	28	3 280 865	22	12 464 335	36	12 500 009
11	warmińsko-mazurskie	78	32 628 698	12	995 776	55	29 844 906	11	1 788 016
12	podlaskie	60	14 533 917	22	2 464 565	17	5 311 531	21	6 757 821
13	świętokrzyskie	19	5 276 678	5	911 199	3	943 275	11	3 422 204
14	opolskie	16	4 359 620	5	657 199	3	1 310 740	8	2 391 681
15	podkarpackie	15	4 585 297	5	830 292	3	1 002 240	7	2 752 765
16	lubuskie	11	3 168 180	3	189 000	1	594 000	7	2 385 180
OGÓŁEM		**4 360**	**1 537 175 905**	**1 258**	**211 756 365**	**1 287**	**576 743 282**	**1 815**	**748 676 258**

Źródło: http://ncn.gov.pl/finansowanie-nauki/statystyki/rankingi [65].

dostarczając koniecznych zasobów kadrowych i instytucjonalnych. Strukturę zatrudnionych w obszarze B+R w województwie podlaskim według poziomu wykształcenia przedstawiono na rys. 1.7.

Rys. 1.7. Zatrudnieni w działalności B+R według poziomu wykształcenia w 2011 roku [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [56].

Realizacja projektów badawczych z zakresu nanotechnologii stymuluje przepływ wiedzy i wymianę doświadczeń, przyczyniając się do rozwoju regionalnego kapitału intelektualnego w sferze nano. Pierwsze zainteresowania pracami w obszarze nanotechnologii pojawiły się w województwie podlaskim w latach dziewięćdziesiątych XX wieku. Początkowo były to pojedyncze przedsięwzięcia prowadzone przez naukowców z Uniwersytetu w Białymstoku. Skupiały się one na badaniach właściwości cienkich warstw i fulerenów, a potem w centrum zainteresowań naukowców znalazły się nanostruktury. Obecnie przy ich realizacji współpracują często eksperci z kilku podlaskich uczelni. W ostatnich latach wzrosła też liczba przedsięwzięć badawczych z zakresu nanotechnologii podejmowanych w regionie. Stan ten wskazuje na rosnące zainteresowanie naukowców podlaskich zagadnieniami dotyczącymi sfery nano. Początek XXI wieku przyniósł pierwsze aplikacje projektów badawczych w obszarze „nano" ze środków krajowych. W latach 2002-2011 w systemie OSF zarejestrowano 9 projektów z województwa podlaskiego, z czego 4 zostały zakwalifikowane do finansowania przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, na łączną kwotę prawie 850.000,00 PLN. Tylko jeden projekt, który nie uzyskał finansowania, został złożony przez pracownika Politechniki Białostockiej. Pozostałe pochodziły z Uniwersytetu w Białymstoku (tab. 1.3).

Projekty zgłaszane do systemu OSF w latach 2002-2011 przez naukowców z województwa podlaskiego przede wszystkim dotyczyły chemii (rys. 1.8). Naukowcy, którym nie udało się uzyskać finansowania projektu w jednym konkursie, składali wnioski ponownie.

W marcu 2011 roku uległ zmianie system finansowania badań naukowych. Obowiązek przeprowadzania konkursów na projekty badawcze i staże podoktorskie objęło Narodowe Centrum Nauki, które rozdysponowuje środki finansowe Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 9 różnego rodzaju konkursach między innymi na finansowanie badań podstawowych, współpracę międzynarodową, tworzenie zespołów badawczych, zakup aparatury i staże. Od marca 2011 do grudnia 2012 przeprowadzono 17 konkursów, w których z powodzeniem uzyskiwali finansowanie badań z obszaru nano podlascy naukowcy. Aż 6 z 7 przyjętych do finansowania projektów pochodzi z Uniwersytetu w Białymstoku (5 z Wydziału Biologiczno-Chemicznego i 1 z Wydziału Fizyki).

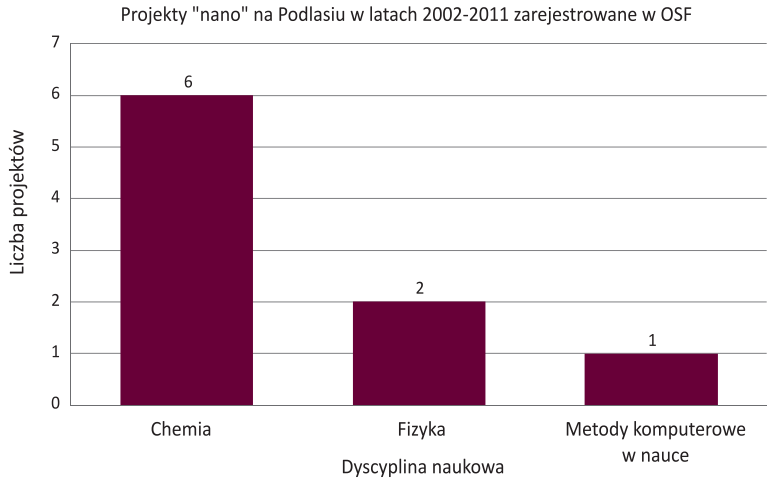
Tab. 1.3. Projekty z obszaru „nano" zarejestrowane w systemie OSF w latach 2002-2011

Lp	Uczelnia	Wydział	Kierownik projektu	Tytuł projektu
Projekty finansowane ze środków MNiSW				
1.	Uniwersytet w Białymstoku	Fizyki	dr Marek Kisielewski	Modyfikacja magnetycznego uporządkowania w nanostrukturach na podłożach schodkowych – inżynieria spinowa
2.	Uniwersytet w Białymstoku	Biologiczno-Chemiczny	prof. dr hab. Krzysztof Winkler	Otrzymywanie i badanie właściwości materiałów zawierających „małe" nanocebulki węglowe
3.	Uniwersytet w Białymstoku	Biologiczno-Chemiczny	dr Beata Kalska-Szostko	Własności magnetyczne i strukturalne elektrochemicznie wytwarzanych nanostruktur na bazie porowatych i strukturalnych matryc
4.	Uniwersytet w Białymstoku	Biologiczno-Chemiczny	dr Marta Eliza Płońska-Brzezińska	Badanie możliwości wykorzystania „małych" nanocebulek węglowych w bioczujnikach
Projekty odrzucone decyzją MNiSW				
5.	Uniwersytet w Białymstoku	Fizyki	dr Andrei Stupakevich	Badanie nanostruktur ferromagnetycznych ze złamaną symetrią translacyjną
6.	Uniwersytet w Białymstoku	Biologiczno-Chemiczny	dr Beata Kalska-Szostko	Badanie własności nanocząstek magnetycznych jako potencjalnych komponentów bio i nanokompozytów
7.	Uniwersytet w Białymstoku	Biologiczno-Chemiczny	dr Beata Kalska-Szostko	Otrzymywanie oraz własności fizykochemiczne nanocząstkowych materiałów zawierających żelazo[a)]
8.	Uniwersytet w Białymstoku	Biologiczno-Chemiczny	dr Beata Kalska-Szostko	Otrzymywanie oraz własności fizykochemiczne nanocząstkowych materiałów zawierających żelazo[a)]
9.	Politechnika Białostocka	Zarządzania	mgr inż. Anna Gryko-Nikitin	Współbieżne algorytmy obliczeniowe w analizie pola temperatury przy produkcji nanoukładów elektronicznych

a) Projekt z poz. 7 i 8 złożono dwukrotnie w kolejnych konkursach.

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników konkursów opublikowanych na stronie https://osf.opi.org.pl/app/aawi/wynikiKonkursow.do?kryteriaWyszukiwania [68].

Rys. 1.8. Dyscypliny naukowe projektów „nano" z lat 2002-2011



Źródło: opracowanie własne.

Tab. 1.4. Projekty z obszaru „nano" zatwierdzone do finansowania przez NCN w latach 2011-2012

Lp	Uczelnia	Wydział	Kierownik projektu	Tytuł projektu	Przyznane środki [PLN]	Nr konkursu (dyscyplina)
1.	Uniwersytet w Białymstoku	Biologiczno-Chemiczny	dr Marta Eliza Płońska-Brzezińska	Funkcjonalizacja „małych" nanocebulek węglowych związkami polifenolowymi oraz ich potencjalne zastosowanie w bioczujnikach elastyny/kolagenu	518.650,00	OPUS 1 (ST5)
2.	Uniwersytet w Białymstoku	Biologiczno-Chemiczny	prof. dr hab. Krzysztof Winkler	Nowe makromolekularne materiały nanorurek i nanocebulek węglowych z kowalencyjnie dołączonymi fulerenami oraz wbudowanych w strukturę polimeru	460.100,00	OPUS 1 (ST5)
3.	Uniwersytet w Białymstoku	Biologiczno-Chemiczny	dr Agnieszka Zofia Wilczewska	Synteza nanocząstek magnetycznych z polimerowymi powłokami chelatującymi	300.000,00	OPUS 2 (ST5)
4.	Uniwersytet w Białymstoku	Fizyki	mgr Piotr Mazalski	Badanie magnetycznych przejść fazowych indukowanych przez naświetlanie jonami Ga w nanostrukturach Pt/Co/Pt	135.060,00	PRELUDIUM 2 (ST3)
5.	Uniwersytet w Białymstoku	Biologiczno-Chemiczny	mgr Elżbieta Regulska	Nowe nanokompozyty na bazie tlenku tytanu (IV) i pochodnych fulerenu jako fotoaktywne katalizatory	149.808,00	PRELUDIUM 3 (ST5)
6.	Uniwersytet Medyczny w Białymstoku	Zakład Farmakologii Doświadczalnej	mgr Katarzyna Niemirowicz	Ocena efektów działania nanocząstek magnetycznych jako nośników leków u szczurów	94.276,00	PRELUDIUM 3 (NZ7)
7.	Uniwersytet w Białymstoku	Biologiczno-Chemiczny	dr Marta Eliza Płońska-Brzezińska	Nanocebulki węglowe jako nowa matryca do materiałów gromadzących ładunek elektryczny oraz układów fotowoltaicznych – synteza i charakterystyka właściwości fizykochemicznych	1.178.720,00	SONATA BIS (ST)

Legenda:
ST – Nauki Ścisłe i Techniczne; ST3 – Fizyka fazy skondensowanej; ST5 – Synteza i materiały
NZ – Nauki o życiu; NZ7 – Zdrowie publiczne

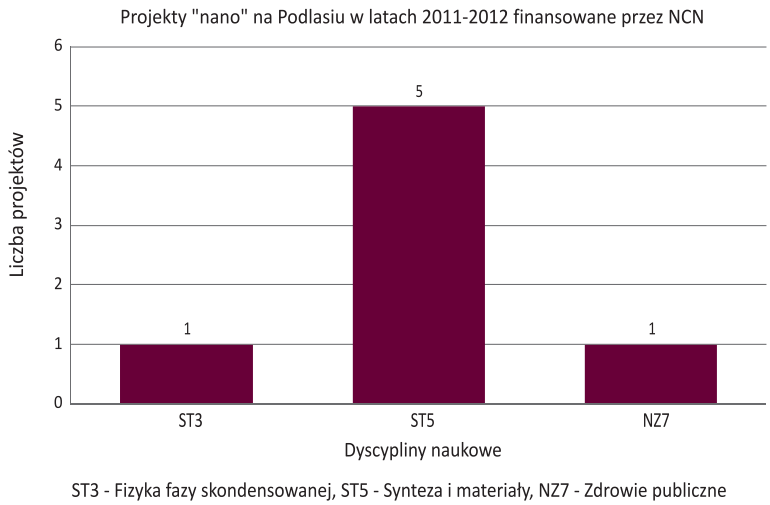
Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników konkursów opublikowanych na stronie www.ncn.gov.pl/finansowanie-nauki/konkursy/wyniki [65].

Łącznie na Uniwersytet na badania z obszaru nanotechnologii trafiło ponad 2,7 mln PLN. Niespełna 95 tys. PLN finansowania z NCN uzyskał Uniwersytet Medyczny w Białymstoku. Wykaz projektów zakwalifikowanych do finansowania przedstawiono w tab. 1.4. Większość złożonych projektów została zakwalifikowana do panelu „Nauki Ścisłe i Techniczne". Tylko jeden z nich sklasyfikowano w dyscyplinie „Nauki o życiu" (rys. 1.9).

Prowadzenie projektów badawczych w zakresie nanotechnologii wiąże się też z rozbudową lokalnej infrastruktury badawczej. Źródłami finansowania projektów są zarówno środki Unii Europejskiej – przede wszystkim Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka, Program Operacyjny Rozwój Polski Wschodniej oraz 6 i 7 Programu Ramowego, jak również środki krajowe Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Projekty z obszaru nanotechnologii są realizowane przede wszystkim na Uniwersytecie w Białymstoku. Są one również prowadzone na Uniwersytecie Medycznym w Białymstoku oraz na Politechnice Białostockiej. Tematyka projektów dotyczy głównie rozwoju infrastruktury badawczej w zakresie nanotechnologii, nanowarstw, nanostruktur magnetycz-

Rys. 1.9. Dyscypliny naukowe projektów „nano" z lat 2011-2012



Źródło: opracowanie własne.

nych, nanodrutów, kompozytów, polimerów utworzonych z nanocząstek, nanomateriałów dla zastosowań w elektronice spinowej, rozwoju sieci naukowych w zakresie nanotechnologii, a także projekcji regionalnej strategii rozwoju nanotechnologii.

Uniwersytet w Białymstoku – Wydział Fizyki

Niekwestionowanym liderem w rozwijaniu i kształtowaniu podlaskiej nanonauki i nanotechnologii jest Wydział Fizyki Uniwersytetu w Białymstoku, który prowadzi badania w obszarze nano nieprzerwanie od 20 lat [41]. Zakład Fizyki Magnetyków (ZFM) pod kierownictwem prof. dr hab. Andrzeja Maziewskiego prowadzi badania magnetycznych nanostruktur, uczestnicząc w realizacji projektów o zasięgu regionalnym, krajowym i międzynarodowym.

Do czołowych działań ZFM można zaliczyć [71]:

1. *NANOMAG-LAB – Combined Study of nanostructured magnetic materials* – projekt realizowany w latach 2004-2009 w ramach 6PR (obszar LUDZIE, stypendium Marii Curie), we współpracy międzynarodowej. Koordynatorem projektu był prof. Andrzej Maziewski. W ramach projektu podjęto badania możliwości różnorodnej magnetycznej strukturyzacji ultracienkich warstw, w których badano między innymi statyczne i dynamiczne właściwości magnetyczne oraz magnetooptyczne.
2. *Krajowe Centrum Nanostruktur Magnetycznych do Zastosowań w Elektronice Spinowej – SPINLAB* – projekt realizowany w latach 2009-2011, w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Priorytet II „Infrastruktura sfery B+R", Działanie 2.2 „Wsparcie tworzenia wspólnej infrastruktury badawczej jednostek naukowych". Projekt realizowany był przez Konsorcjum 6 jednostek, którego koordynatorem był Instytut Fizyki Molekularnej PAN. Kierownikiem zadań UwB/SpinLab był prof. dr hab. Andrzej Maziewski. Całkowity budżet projektu opiewał na kwotę 36.844.600,00 PLN [69].

Wśród zadań Zakładu Fizyki Magnetyków znalazły się:

- rozbudowa laboratorium Femtosekundowych technik magnetooptycznych;
- budowa układu nieelastycznego rozpraszania światła Brillouina;

- rozbudowa układów niskotemperaturowej milimagnetomerii liniowej i nieliniowej;
- rozbudowa układów niskotemperaturowej mikromagnetometrii;
- system do generacji pola magnetycznego o dowolnej orientacji.

3. *FANTOMAS – Femtosecond opto-magnetism and novel approaches to ultrafast magnetism at the nanoscale* („Femtosekundowy opto-magnetyzm oraz nowe podejście do ultraszybkiego magnetyzmu w nanoskali") – projekt realizowany w latach 2008-2012 w ramach 7PR (obszar LUDZIE, stypendium Marii Curie) we współpracy międzynarodowej. Kierownikiem prac polskiego zespołu był prof. Andrzej Maziewski. Wartość projektu dla UwB opiewała na kwotę ponad 160 tys. EUR. Dzięki realizacji projektu Zakład Fizyki Magnetyków zyskał nowe unikatowe możliwości prowadzenia badań w zakresie dynamiki szybkich i ultraszybkich procesów magnesowania z rozdzielczością przestrzenną.
4. *Studies of Gairradiation driven magnetization reorientation transitions in Co-based nanostructures* – projekt realizowany w latach 2012-2013 w ramach Programu Działań Zintegrowanych POLONIUM, na podstawie Umowy o współpracy naukowej i technicznej między Rządem Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej a Rządem Republiki Francuskiej z roku 1966. Kierownikiem prac jest prof. Andrzej Maziewski.
5. *Statics and dynamics of magnonic and magnetophotonic crystals – SYMPHONY* – projekt realizowany w latach 2012-2015 we współpracy z Instytutem Fizyki PAN (rys. 1.10), finansowany ze środków programu TEAM przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej. Kierownikiem projektu jest prof. Andrzej Maziewski.

   Obiektem badań w projekcie będą przede wszystkim magnetyczne nanostruktury, głównie warstwy kobaltu o grubościach rzędu nanometra, wykonane w warunkach ultra wysokiej próżni. Następnie będą one modyfikowane poprzez bombardowanie jonami lub naświetlanie silnymi impulsami światła. Pożądanym efektem realizacji projektu jest uzyskanie nowej klasy materiałów o unikalnych właściwościach magnetycznych i optycznych. Chęć udziału w realizacji projektu zadeklarowały również zagraniczne ośrodki naukowe z Czech, Francji, Holandii, Niemiec i Szwajcarii [66].
6. Badania kryształów magnonicznych na Wydziale Fizyki we współpracy polsko-niemieckiej [70] w obszarze nano.

Ze względu na bogate, długoletnie doświadczenie Zakładu Fizyki Magnetyków w badaniu nanostruktur magnetycznych, Wydział Fizyki Uniwersytetu w Białymstoku jest członkiem Krajowej Sieci Naukowej ARTMAG. Sieć Krajowa ARTMAG – „Nanostruktury magnetyczne do zastosowania w elektronice spinowej" powstała aby koordynować prace nad [61]:
- opracowaniem technologii otrzymywania nowych nanomateriałów magnetycznych;
- opracowaniem nowych metod obrazowania struktur magnetycznych;
- zbudowaniem na ich bazie odpowiednich nanostruktur do zastosowań jako funkcjonalnych elementów elektroniki spinowej: np. zaworów spinowych i magnetycznych złączy tunelowych.

Do sieci ARTMAG należą krajowe zespoły naukowe z sześciu dużych jednostek naukowych, o dużym doświadczeniu i znaczących osiągnięciach w badaniach z dziedziny nanomagnetyzmu (elektroniki spinowej). Stanowią one istotny potencjał intelektualny i dysponują nowoczesnym zapleczem eksperymentalnym, co pozwala na prowadzenie badań na wysokim poziomie naukowym.

Pracownicy Wydziału Fizyki wydali wiele publikacji, oraz biorą udział, jak również organizują wiele konferencji z obszaru nano.

Uniwersytet w Białymstoku – Wydział Biologiczno-Chemiczny

W marcu 2012 roku swoją działalność rozpoczęło Centrum Syntezy i Analizy BioNanoTechno Uniwersytetu w Białymstoku, zbudowane i wyposażone w ramach projektu „Utworzenie Centrum Syntezy i Analizy BioNanoTechno Uniwersytetu w Białymstoku", realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Rozwój Polski Wschodniej 2007-2013, I Osi priorytetowej Nowoczesna Gospodarka, Działanie I.3 Wspieranie Innowacji. Projekt był realizowany w latach 2009-2012, a jego budżet wynosił niespełna 14 mln PLN [67].

W ramach infrastruktury laboratoryjnej Centrum powstały trzy pracownie oraz jedno

Rys. 1.10. Sieć współpracy projektu SYMPHONY

Źródło:http://physics.uwb.edu.pl/zfmag/TEAM/en/index.php?tr=Network [66].

laboratorium ogólne, stanowiące uzupełnienie pozostałych pracowni. W Centrum funkcjonują:

1. Pracownia Biochemii i Biologii Strukturalnej, której celem pracy jest:
- charakterystyka biochemiczna biomolekuł (białka, kwasy nukleinowe);
- poznanie struktury białek i kwasów nukleinowych na poziomie atomowym z wykorzystaniem rentgenografii strukturalnej;
- projektowanie potencjalnych leków oddziaływujących z badanymi białkami/kwasami nukleinowymi.
2. Pracownia Nanotechnologii i Chemii Materiałowej, której celem pracy jest:
- podstawowe metody syntez wybranych grup materiałów stosowanych w nanotechnologii;
- charakterystyka właściwości fizykochemicznych tych związków;
- badania struktury powierzchni obiektów w skali nano;
- analiza i ocena zakresu zastosowania i sposobu użytkowania istniejących materiałów oraz projektowania nowych materiałów o zastosowaniach biomedycznych czy proekologicznych;
- otrzymywanie oraz charakterystyka właściwości fotofizycznych nadprzewodników, ceramicznych wysokotemperaturowych, pigmentów nieorganicznych, luminoforów (fosforów);
- materiały magnetyczne i piezoelektryczne oraz nanostrukturalne materiały nieorganiczne – synteza i badanie właściwości fizykochemicznych.

3. Pracownia Nowoczesnych Technologii Syntezy i Analizy Polimerów, której celem pracy jest:
- synteza i analiza:
  - selektywnych sorbentów polimerowych zdolnych do wybiórczej sorpcji związków organicznych, a także jonów metali,
  - monomerów winylowych, do otrzymania polimerów o nowych, unikalnych właściwościach (na przykład zdolnych do kompleksowania związków organicznych i jonów metali, wymieniaczy jonowych, polepszających właściwości samosmarne, związków antyadhezyjnych),

    - polimerów zawierających w swojej strukturze fulereny,
    - polimerów zawierających rdzeń magnetyczny do zastosowań biomedycznych,
    - biopolimerów – biopolimeryczne nośniki (celuloza, skrobia, chitozan, chityna) biomolekuł – antyoksydantów;
- badania wybranej grupy materiałów polimerowych, metody modyfikacji ich własności fizycznych (temperatura zeszklenia, hydrofilowość/hydrofobowość) oraz wybrane własności chemiczne;
- projektowanie materiałów pod względem ich chemicznej selektywności i stabilności;
- metody fizycznej i chemicznej immobilizacji grup funkcyjnych i enzymów w materiałach polimerowych oraz metody wytwarzania cienkich filmów polimerowych;
- otrzymywanie oraz charakterystyka właściwości fotofizycznych nadprzewodników, ceramicznych wysokotemperaturowych, pigmentów nieorganicznych, luminoforów (fosforów);
- badania elektrochemiczne materiałów polimerowych, kompozytów, organicznych polimerów przewodzących.

W marcu 2013 roku Uniwersytet w Białymstoku uzyskał finansowanie z Programu Operacyjnego Rozwój Polski Wschodniej na realizację projektu „W kierunku aplikacyjności – doposażenie Centrum Syntezy i Analizy BioNanoTechno Uniwersytetu w Białymstoku". Wartość projektu to blisko 18.5 mln PLN, a jego realizacja zakończy się we wrześniu 2014 roku.

W ramach środków finansowych pozyskanych na realizację projektu zostanie doposażone laboratorium ogólne Centrum Syntezy i Analizy BioNanoTechno oraz powstaną 3 nowe 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).

Dzięki nowej aparaturze naukowcy z Instytutu Chemii UwB zyskają możliwość prowadzenia analiz procesów biochemicznych i biofizycznych w komórkach roślinnych i zwierzęcych, będą mogli oznaczać różne analizy w próbkach środowiskowych (na przykład związki rozpuszczone w wodzie czy ściekach), w próbkach surowców rolniczych oraz żywności produkowanej w województwie podlaskim. Rozbudowa Centrum umożliwi też poszukiwanie alternatywnych rozwiązań do już istniejących komercyjnych, standardowych układów produkujących energię elektryczną [70].

Ponadto, w Instytucie Chemii są prowadzone liczne badania w obszarze nanotechnologii, co potwierdzają realizowane przez pracowników Liczne granty i projekty badawcze. W Instytucie Chemii są realizowane następujące granty:

1. Otrzymywanie i badanie właściwości materiałów zawierających „małe" nanocebulki węglowe – prof. dr hab. Krzysztof Winkler.
2. Nowe makromolekularne materiały nanorurek i nanocebulek węglowych z kowalencyjnie dołączonymi fulerenami oraz wbudowanych w strukturę polimeru – prof. dr hab. Krzysztof Winkler.
3. Funkcjonalizacja „małych" nanocebulek węglowych związkami polifenolowymi oraz ich potencjalne zastosowanie w bioczujnikach elastyny/kolagenu – dr Marta Eliza Płońska-Brzezińska.
4. Synteza nanocząstek magnetycznych z polimerowymi powłokami chelatującymi – dr Agnieszka Zofia Wilczewska.
5. Nanocebulki węglowe jako nowa matryca do materiałów gromadzących ładunek elektryczny oraz układów fotowoltaicznych – synteza i charakterystyka właściwości fizykochemicznych – dr Marta Eliza Płońska-Brzezińska.
6. Nowe nanokompozyty na bazie tlenku tytanu (IV) i pochodnych fulerenu jako fotoaktywne katalizatory – mgr Elżbieta Regulska.

Na Uniwersytecie Medycznym w Białymstoku badania w obszarze nano są prowadzone na Wydziale Nauk o Zdrowiu, w Zakładzie Farmakologii Doświadczalnej przez dr hab. n. med. Halinę Car oraz doktorantkę mgr Katarzynę Niemirowicz. Badaniami w obszarze nano zajmuje się również prof. dr hab. Irena Kasacka, kierownik Zakładu Histologii i Cytofizjologii, na Wydziale Farmaceutycznym z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej.

Politechnika Białostocka realizuje na Wydziale Zarządzania projekt „Foresight techno-

logiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii", którego głównym rezultatem ma być opracowanie podlaskiej strategii rozwoju nanotechnologii. Projekt ten jest realizowany w latach 2009-2013 ze środków Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Działanie 1.1. „Wsparcie badań naukowych dla budowy gospodarki opartej na wiedzy", Poddziałanie 1.1.1 „Projekty badawcze z wykorzystaniem metody foresight".

W obszarze nanotechnologii badania prowadzą też pracownicy Wydziału Mechanicznego, Wydziału Informatyki oraz Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska. Niestety, prace te nie są finansowane ze środków zewnętrznych, w związku z czym brakuje informacji na ich temat. O prowadzonych badaniach w sferze nano świadczą publikacje pracowników, przygotowywane często we współpracy z naukowcami z innych krajów i zagranicznych ośrodków naukowych.

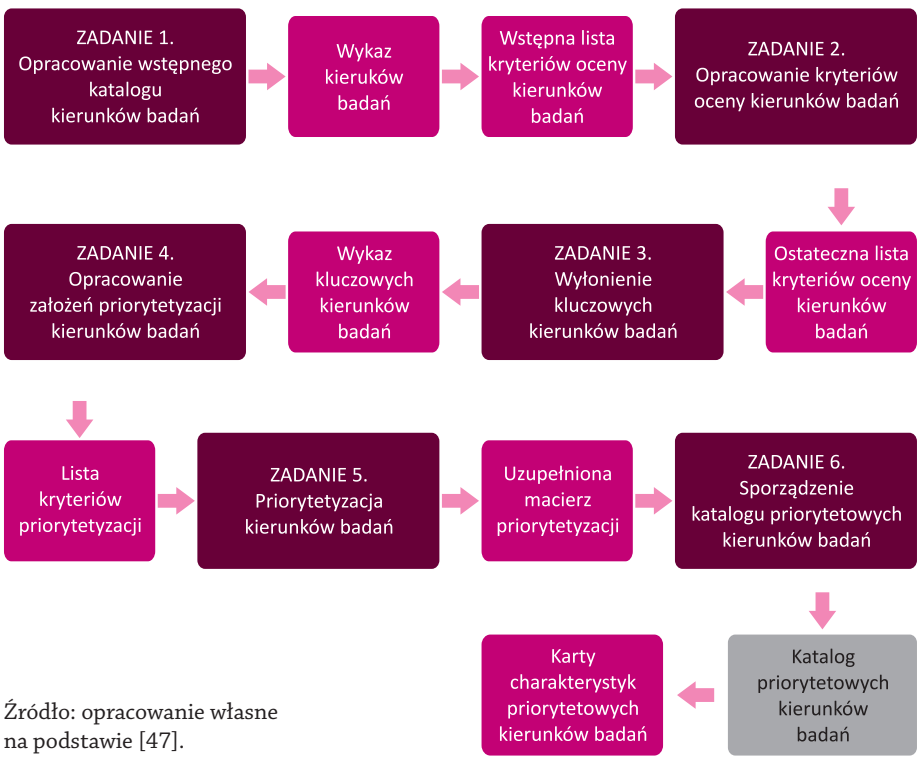
2.1. Schemat ogólny metodyki badawczej

Prace badawcze prowadzone w ramach panelu POB2 Badania naukowe w zakresie nanotechnologii na rzecz rozwoju Podlasia, miały na celu identyfikację kluczowych dla rozwoju województwa podlaskiego trajektorii naukowo-badawczych w zakresie nanotechnologii.

Na prace panelu POB2 związane z utworzeniem listy priorytetowych kierunków badań składało się sześć następujących zadań badawczych [47]:

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

Rys. 2.1. Schemat ogólnej metodyki badawczej panelu POB2 w zakresie utworzenia priorytetowych kierunków badań



Źródło: opracowanie własne na podstawie [47].

Poszczególne zadania badawcze wykonywane były sekwencyjnie. Ich rezultaty stanowiły informację wejściową kolejnych zadań badawczych. Efektem końcowym jest opracowanie bazy kluczowych kierunków badań w zakresie nauk podstawowych i stosowanych wraz z ich priorytetyzacją. Do realizacji każdego zadania badawczego wykorzystano właściwe dla jego specyfiki metody badawcze. Doboru metod dokonano na podstawie studiów literaturowych oraz analizy wybranych dotychczas realizowanych projektów foresight. Zdefiniowane w ten sposób metody zostały następnie zaadaptowane na potrzeby prac panelu badawczego POB2.

Schemat ogólnej metodyki badawczej panelu POB2 z wyszczególnieniem zadań badawczych oraz osiąganych rezultatów przedstawionono na rys. 2.1.

Metodami wykorzystywanymi na potrzeby prac panelu były: (i) panel ekspercki i warsztaty; (ii) przegląd literatury i analiza bibliometryczna; (iii) burza mózgów w formie tradycyjnej oraz brainnettingu; (iv) badania ankietowe.

Zestaw zastosowanych metod badawczych wypełnia cztery wymiary diamentu metodologicznego foresightu [52], czyli (i) kreatywność (burza mózgów, brainnetting); (ii) fakty (przegląd literatury, analiza bibliometryczna); (iii) ekspertyzy (panele eksperckie, badania ankietowe); (iv) współdziałanie (warsztaty).

2.2. Operacjonalizacja metodyki badawczej

Ogólny schemat metodyki przedstawia sposób realizacji projektu badawczego w formie opisowej. Zawiera on przede wszystkim charakterystykę zastosowanych metod i technik badawczych. Według E. Babbiego, *procesy konceptualizacji, operacjonalizacji i pomiaru pozwalają badaczowi przekształcić ogólną ideę tematu badań w użyteczny i trafny pomiar zjawisk świata rzeczywistego* [...] *konceptualizacja polega na uściśleniu i udoskonaleniu abstrakcyjnych pojęć, operacjonalizacja zaś na stworzeniu konkretnych procedur badawczych (operacji), które pozwolą na dokonanie empirycznych obserwacji odpowiadających tym pojęciom w świecie rzeczywistym* [2].

Operacjonalizacja jest to proces przekształcania abstrakcyjnych pojęć, dotyczących przedmiotu badania, w konkretne wskaźniki i zmienne, dające się zmierzyć empirycznie [13].

Operacjonalizacja zadania badawczego obejmuje następujące kroki [84]:

- rozstrzygnięcia dotyczące pojęć i ich zdefiniowania;
- dobór i zdefiniowanie wskaźników i zmiennych;
- wskazanie zbiorowości, w której będą realizowane badania;
- decyzja co do wykorzystywanych metod i technik badawczych i wybór bazy źródłowej;
- decyzja co do zasady analizy uzyskanego materiału empirycznego.

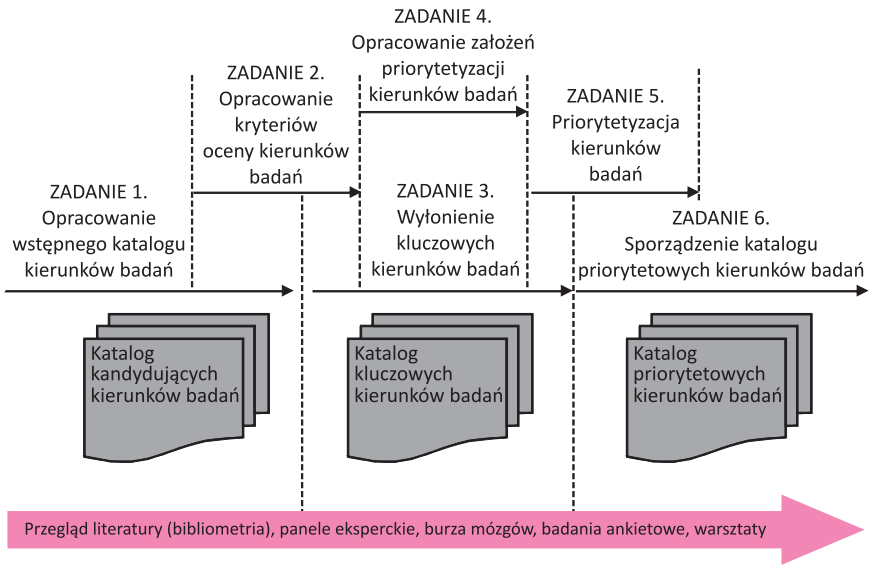
Schemat operacjonalizacji metodyki badawczej mającej na celu utworzenie bazy priorytetowych kierunków badań z zakresu nanotechnologii przedstawiono na rys. 2.2.

Wśród rezultatów wyjściowych poszczególnych zdań badawczych należy zwrócić szczególną uwagę na te stanowiące jednocześnie pośrednie i główne efekty prac panelu, czyli katalog kandydujących kierunków badań, katalog kluczowych kierunków badań oraz katalog priorytetowych kierunków badań.

Zestaw kandydujących kierunków badań jest efektem realizacji pierwszego zadania badawczego. Katalog kluczowych kierunków badań powstał w wyniku wykonania drugiego oraz trzeciego zadania badawczego. Katalog priorytetowych kierunków badań jest wynikiem realizacji trzech kolejnych zadań badawczych (4-6).

Istotnym aspektem operacjonalizacji metodyki prac panelu POB2 był dobór właściwych ekspertów. Prace nad wyłonieniem kluczowych kierunków badań z obszaru nano wymagały zaangażowania specjalistów (głównie naukowców oraz przedsiębiorców) z różnych dziedzin nauki i techniki związanych z nanotechnologiami.

Rys. 2.2. Schemat operacjonalizacji metodyki badawczej Panelu POB2 w zakresie utworzenia priorytetowych kierunków badań



Źródło: opracowanie własne na podstawie [47].

Z uwagi na szerokie zastosowanie nanotechnologii w wielu dziedzinach eksperci powinni reprezentować różne obszary nauki i przemysłu. Wybór dokonany zgodnie z powyższymi założeniami determinował konieczność zaangażowania ekspertów z różnych regionów, a prowadzone przez nich analizy powinny uwzględniać w szerokim aspekcie kontekst województwa podlaskiego.

Jedną z niezbędnych informacji wejściowych dla realizacji przede wszystkim pierwszego oraz drugiego zadania badawczego było dostarczenie ekspertom wiedzy zawartej w monografii Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT, stanowiącej jeden z pierwszych efektów badań naukowych wykonanych przez zespoły eksperckie w ramach projektu [48].

Szczegółowa operacjonalizacja problemu badawczego polegającego na opracowaniu bazy priorytetowych kierunków badań rekomendowanych do wdrażania i rozwijania w województwie podlaskim przedstawiona zostanie w kolejnych rozdziałach opracowania przy obszernym opisie sposobu wykonania poszczególnych zadań badawczych.

W ramach realizacji zadania polegającego na opracowaniu wstępnego katalogu kierunków badań, została przygotowana lista kierunków badań kandydujących do miana kierunków kluczowych. Została ona sporządzona na podstawie wiedzy eksperckiej członków panelu badawczego (POB2).

Na liście kierunków badań kandydujących znalazło się ostatecznie 90 kierunków badań w obszarze nauk podstawowych oraz 93 kierunki badań w obszarze nauk stosowanych.

Kolejnym krokiem w działaniach panelu POB2 było opracowanie i wybór kryteriów oceny kierunków badań. Skupiono się na dwóch grupach kryteriów – kryteriach atrakcyjności i kryteriach wykonalności. Kryteria atrakcyjności związane są z rezultatami prowadzonych badań (wpływem na rozwój społeczno-gospodarczy, wzrostem konkurencyjności). Z kolei kryteria wykonalności dotyczą oceny istniejących uwarunkowań prowadzenia badań naukowych i ich wykonalności (kadra, infrastruktura, potencjał, branże). Ostatecznie wybrano

grupę sześciu kryteriów atrakcyjności i pięciu kryteriów wykonalności.

Następnie kandydujące kierunki badań podstawowych i stosowanych zostały poddane ocenie ekspertów Panelu Obszaru Badawczego POB2 Badania naukowe w zakresie nanotechnologii na rzecz rozwoju Podlasia. Zadaniem ekspertów była ocena kierunków badań pod względem wybranych kryteriów atrakcyjności i wykonalności. Pozwoliło to na wyłonienie 16 kluczowych kierunków badań podstawowych i 16 kluczowych kierunków badań stosowanych.

Ostatnim etapem pracy ekspertów panelu POB2 był wybór priorytetowych kierunków badań podstawowych i stosowanych – proces ten szczegółowo omówiono w kolejnych rozdziałach niniejszej monografii. Końcowym efektem prac tego etapu było opracowanie listy priorytetowych kierunków badań naukowych w zakresie nanotechnologii na terenie województwa podlaskiego.

3. Wykaz kandydujących kierunków badań ze wskazaniem obszarów zastosowań

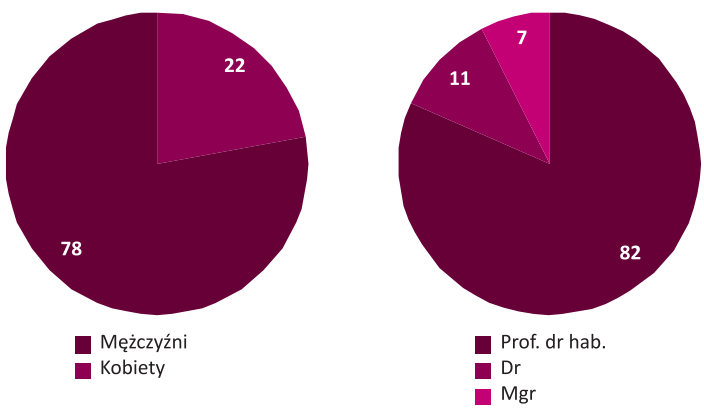
W ramach realizacji zadania polegającego na opracowaniu wstępnego katalogu kierunków badań, została przygotowana lista kierunków badań, kandydujących do miana kierunków kluczowych. Została ona sporządzona na podstawie wiedzy eksperckiej członków Panelu Obszaru Badawczego Badania naukowe w zakresie nanotechnologii na rzecz rozwoju Podlasia (POB2).

Pracom panelu przewodniczył prof. dr hab. inż. Andrzej Napieralski. Wykaz członków panelu przedstawiono w tab. 3.1.

W zespole ekspertów pracowało 27 osób, z czego 78% stanowili mężczyźni. 82% zespołu stanowiły osoby z tytułem profesora lub stopniem doktora habilitowanego, 11% doktora oraz 7% z tytułem magistra (rys. 3.1).

Celem sporządzenia wykazu kierunków badań poproszono członków panelu o wskazanie własnych propozycji kierunków badań w obszarze nanotechnologii. Każdy z ekspertów został również poproszony o wcześniejsze zapoznanie się z publikacją Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT. Przedmiotem monografii są wyniki badań uzyskanych w efekcie – wykonanych przez zespoły eksperckie – analiz STEEPVL i SWOT. Studium STEEPVL dotyczyło identyfikacji, opisu oraz analizy czynników otoczenia wpływających na rozwój nanotechnologii. Czynniki te przypisano do siedmiu sfer: społecznej (***S**ocial*), technologicznej (***T**echnological*), ekonomicznej (***E**conomic)*, ekologicznej (***E**cological*), politycznej (***P**olitical*), wartości (***V**alues*) oraz prawnej (***L**egal*). Studium SWOT (***S**trengths* – mocne strony, ***W**eaknesses* – słabe strony, ***O**pportunities* – szanse, ***T**hreats* – zagrożenia) dotyczyło województwa podlaskiego z punktu widzenia możliwości rozwoju nanotechnologii na tym obszarze.

Rys. 3.1. Struktura panelu ekspertów według płci oraz tytułu/stopnia [%]



Źródło: opracowanie własne.

Tab. 3.1. Wykaz członków panelu badawczego Badania naukowe w zakresie nanotechnologii na rzecz rozwoju Podlasia (POB2)

Lp	Imię i nazwisko	Instytucja
1	prof. dr hab. inż. Andrzej Napieralski	Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki
2	prof. dr hab. inż. Jan R. Dąbrowski	Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny
3	prof. dr hab. inż. Jan Dorosz	Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny
4	dr hab. inż. Waldemar Rakowski, prof. nzw.	Politechnika Białostocka, Wydział Informatyki
5	dr hab. Andrzej Wasiak, prof. nzw.	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
6	prof. dr hab. Marek Kisielewski	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Fizyki
7	prof. dr hab. Andrzej Maziewski	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Fizyki
8	dr Beata Kalska-Szostko	Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Biologiczno-Chemiczny
9	prof. dr hab. inż. Małgorzata Lewandowska	Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej
10	dr hab. Danuta Kruszewska, prof. nzw.	Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, Instytut Biotechnologii
11	prof. dr hab. Bogdan Piasecki	Uniwersytet Łódzki, Wydział Zarządzania
12	prof. dr hab. Jacek Ulański	Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny
13	prof. dr hab. inż. Zygmunt Ciota	Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki
14	prof. dr hab. inż. Wiesław Kuźmicz	Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
15	prof. dr hab. inż. Andrzej Dziedzic	Politechnika Wrocławska, Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki
16	prof. dr hab. inż. Leszek Golonka	Politechnika Wrocławska, Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki
17	prof. dr hab. inż. Jan Dziuban	Politechnika Wrocławska, Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki
18	prof. dr hab. inż. Paweł Gryboś	Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej
19	dr hab. inż. Andrzej Rybarczyk, prof. nzw.	Politechnika Poznańska, Wydział Informatyki
20	prof. dr hab. inż. Ewa Piętka	Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Biomedycznej
21	prof. dr hab. Witold Łojkowski	Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania
22	prof. zw. dr hab. n. med. dr h. c. Aleksander Sieroń	Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach z siedzibą w Bytomiu
23	dr hab. inż. Mariusz Zubert, prof. nzw.	Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki
24	dr inż. Piotr Grabiec	Instytut Technologii Elektronowej (ITE) Warszawa
25	dr Alfred Błaszczyk	Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Wydział Towaroznawstwa
26	mgr inż. Katarzyna Rutkowska	AC Spółka Akcyjna
27	mgr Małgorzata Wyszyńska	Zespół Szkół Katolickich im. Matki Bożej Miłosierdzia w Białymstoku

Źródło: opracowanie własne.

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 [48].

Propozycje kandydujących kierunków badań były przez ekspertów przesyłane drogą elektroniczną. Eksperci oddzielnie wskazywali kierunki badań w obszarze nauk podstawowych i stosowanych. Informacje gromadzone były z wykorzystaniem formularza, którego wzór przedstawiono na rys. 3.2.

Rys. 3.2. Wzór formularza do identyfikacji obszarów i kierunków badań

BADANIA PODSTAWOWE	
Obszar badań 1	.....
Kierunki badań w ramach obszaru badań 1:	
1	
2	
3	
Obszar badań 2	.....
Kierunki badań w ramach obszaru badań 2:	
1	
2	
3	
BADANIA STOSOWANE	
Obszar badań 1	.....
Kierunki badań w ramach obszaru badań 1:	
1	
2	
3	
4	
Obszar badań 2	.....
Kierunki badań w ramach obszaru badań 2:	
1	
2	
3	

Źródło: opracowanie własne.

Wstępnie od ekspertów uzyskano:
- 125 propozycji kierunków badań w zakresie nauk podstawowych;
- 155 propozycji kierunków badań w zakresie nauk stosowanych.

Zebrane propozycje zostały uporządkowane i uzupełnione przez Kluczowy Zespół Badawczy (KZB). Wyłonione propozycje kierunków badań zostały przyporządkowane do obszaru zastosowań. Zidentyfikowane kierunki badań w obszarze nauk podstawowych i stosowanych zaproponowane przez ekspertów zaprezentowano w tab. 3.2 i tab. 3.3.

Ostatecznie, na wykazie kandydujących kierunków badań w obszarze **nauk podstawowych** znalazło się 90 kierunków badań, w **zakresie stosowanych** – 93 kierunki badań, z następujących obszarów:

a) nauki podstawowe:
- nanonametriały,
- biotechnologia,
- nanomedycyna,
- przemysł maszynowy,
- przemysł drzewny,
- nauki społeczne;

b) nauki stosowane:
- przemysł drzewny,
- budownictwo,
- drogownictwo,
- przemysł włókienniczy,
- nanomedycyna,
- bionanotechnologia,
- rolnictwo i przemysł spożywczy,
- technologie informatyczne, ICT,
- energia.

Tab. 3.2. Wykaz kandydujących kierunków badań według obszarów zastosowań i kategorii – nauki podstawowe

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań
Przemysł drzewny	Nanotechnologie dla przemysłu drzewnego	Nanoceluloza jako nanomateriał
		Drewno jako nanomateriał
		Mechanizmy cięcia, tarcia i erozji
Nanomedycyna	Systemy diagnostyki oparte na nanocząstkach	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek na potrzeby diagnostyki medycznej
	Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych
		Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów
	Nanomateriały do medycyny regeneracyjnej	Opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej
Biotechnologia	Chemia	Synteza funkcjonalnych elektronicznie cząstek chemicznych
		Synteza nanomateriałów
		Elektrochemia powierzchni
	Biologia	Monitorowanie i ochrona biosystemów z wykorzystaniem nanotechnologii
		Analiza struktur procesów oraz funkcji systemów biologicznych w nanoskali
	Fizyka	Elektroluminescencja cząsteczek organicznych
		Przewodnictwo granic międzyfazowych i granic ziarn
		Fizyczne cechy powierzchni
	Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	Badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko
		Badania nad toksycznością nanomateriałów i nanocząstek
		Nanotechnologie antybakteryjne
		Analiza struktur organicznych pod kątem realizacji nanobiomateriałów, nanobiosensorów, biochipów (systemów diagnostycznych)
		Badania nad mechanizmami wnikania i przemieszczania się nanocząstek w żywych organizmach
		Nanomechanizmy alergii
		RNA i DNA jako narzędzia nanotechnologii
Nanomateriały	Modelowanie procesów otrzymywania nanomateriałów	Analiza zjawisk samogromadzenia i samoorganizacji, fizykochemiczne podstawy powstawania układów samoorganizujących się
		Tworzenie i charakteryzacja strukturalna nanomateriałów (nanocząstek, nanodrutów, nanoobiektów, materiałów hybrydowych, nanokompozytów)
		Tworzenie materiałów z wykorzystaniem metod ultrawysokiej próżni
		Tworzenie materiałów z wykorzystaniem metod elektrochemicznych
		Tworzenie materiałów z wykorzystaniem mokrych syntez chemicznych
		Tworzenie materiałów metodami mieszanymi

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań
Nanomateriały c.d.	Modelowanie procesów otrzymywania nanomateriałów c.d.	Tworzenie materiałów hybrydowych i nanokompozytów
		Otrzymywanie nanoproszków
		Metody wysokoenergetyczne i impulsowe
		Nanopowłoki
	Nanomateriały dla medycyny	Nanoustrukturyzowane biomateriały
		Zastosowania nanoproszków w medycynie
		Środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów
	Nanomateriały dla budownictwa	Nanocząstki ulepszające parametry farb (przyczepność, tiksotropowość, paroprzepuszczalność vs. hydroizolacyjność)
		Nanomateriały wprowadzające hydroizolacyjność materiałów budowlanych
		Nanomateriały wzmacniające konstrukcje budowlane
	Nanomateriały dla elektroniki	Grafen
		Nanorurki węgla
		Nanostruktury półprzewodnikowe
		Nanocząstki i nanodruty metalowe
	Nanomateriały sensorowe dla optoelektroniki	Czujniki optoelektroniczne
		Nanomateriały fotowoltaiczne
		Kompozytowe nanomateriały do detekcji skażenia środowiska, wykrywania materiałów niebezpiecznych itp.
	Nanomateriały dla techniki światłowodowej	Optycznie aktywne materiały szklanoceramiczne
		Specjalne konstrukcje światłowodów aktywnych
	Nanomateriały magnetyczne	Ultracienkie warstwy magnetyczne
		Inżynieria spinowa
		Nanomagnesy
	Nanomateriały funkcjonalne	Nanomateriały tekstylne
		Nanoustrukturyzowane polimery i nanokompozyty polimerowe
		Nanocząstki i inteligentne materiały stosowane do produkcji nowych komponentów
		Organiczne ogniwa słoneczne
		Połączenia nanoelektrod z makroświatem
	Badania nanomateriałów	Interakcje z organizmem człowieka
		Właściwości fizykochemiczne i mechaniczne
		Charakterystyki tribologiczne
		Badanie właściwości nanocząstek o różnej budowie chemicznej i fizycznej
		Badanie wpływu obecności i stężenia nanocząstek o różnej budowie chemicznej na właściwości (mechaniczne, powierzchniowe, optyczne liniowe i nieliniowe, termodynamiczne, elektryczne) nanokompozytu
		Badania syntezy nanorurek, nanowłókien, nanodrutów
		Badania dyspersji nanoczastek w nanokompozytach
		Badanie oddziaływań nanocząstek – w szczególności nanorurek – z liniowymi makrocząsteczkami (w tym biologicznymi)
		Otrzymywanie i badanie właściwości materiałów zawierających „małe” nanocebulki węglowe

Tab. 3.2. Wykaz kandydujących kierunków badań według obszarów zastosowań i kategorii – nauki podstawowe – c.d.

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań
Nanomateriały c.d.	Badania struktury nanomateriałów	Charakterystyka budowy wewnętrznej nanomateriałów, materiałów hybrydowych i nanokompozytów
		Badanie wpływu obecności i stężenia nanocząstek o różnej budowie chemicznej na strukturę osnowy nanokompozytu
		Badanie wpływu obecności i stężenia nanocząstek o różnej budowie chemicznej na procesy kształtowania struktury matrycy nanokompozytu
		Badania struktury nanoczastek i ich agregatów metodami dyfrakcji elektronów, dyfrakcji i rozproszenia promieniowania rentgenowskiego oraz światła widzialnego
	Badania powierzchni nanomateriałów	Charakterystyka powierzchni nanomateriałów
		Charakterystyka powierzchni materiałów hybrydowych i nanokompozytów wytwarzanych różnymi metodami
		Nanostruktury powierzchniowe, trójwymiarowe (powierzchnie porowate)
		Nanomodyfikacje powierzchni
		Badania efektów modyfikacji powierzchni w zależności od sposobu wytwarzania nanostruktur
		Badania efektów modyfikacji powierzchni w zależności od składu chemicznego nanostruktur
		Badania efektów modyfikacji powierzchni w zależności od rodzaju materiału modyfikującego
		Badania efektów modyfikacji powierzchni w zależności od jakości powierzchni nanomateriału
	Badania właściwości magnetycznych	Badania magnetycznych właściwości nanostruktur metalicznych
		Badania magnetycznych właściwości ultracienkich warstw metalicznych pojedynczych i wielokrotnych
		Badania magnetycznych właściwości ultracienkich warstw pod działaniem wzbudzenia zewnętrznego
		Badania właściwości nanocząstek magnetycznych jako potencjalnych komponentów bio i nanokompozytów
	Badania innych właściwości nanomateriałów	Badania właściwości elektrycznych nanostruktur
		Badania właściwości nanomateriałów jedno-, dwu- i trójwymiarowych
		Badania innych właściwości nanostruktur
Przemysł maszynowy	Rozwój technologii urządzeń do wytwarzania nanomateriałów i nanostruktur	Badania nad nanorobotami i ich zastosowaniem dla medycyny
		Metody nanoenkapsulacji
		Urządzenia do wytwarzania nanomateriałów
		Urządzenia i technologie wytwarzania nanostruktur
Nauki społeczne	Zmiana nastawienia społeczeństwa do nano-technologii jako dźwigni rozwoju	Przyczyny małego uznania zaawansowanych technologii jako dźwigni rozwoju
		Przyczyny małego zainteresowania naukami ścisłymi i metody przeciwdziałania
		Przyczyny niedostatecznej współpracy biznesu i naukowców

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 3.3. Wykaz kandydujących kierunków badań według obszarów zastosowań i kategorii – nauki stosowane

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań
Przemysł drzewny	Nanotechnologie wykorzystujące drewno jako surowiec	Badania właściwości nanokompozytów lignocelulozowych oraz nanocząstek celulozowych pod kątem zastosowań w przemyśle drzewnym i budownictwie
		Opracowanie wydajnych technologii produkcji wytrzymałych plastycznych kompozytów syntezowanych na bazie drewna
	Nanotechnologie w przetwórstwie drewna	Wytwarzanie materiałów do zastosowań jako składniki materiałów tekstylnych i papierniczych
		Produkcja nanocząstek celulozowych dla szeregu zastosowań (na przykład do produkcji włókien tekstylnych)
		Nanotechnologie w narzędziach tnących
	Nanotechnologie w ochronie drewna	Nanokompozytowe farby, lakiery i powłoki zabezpieczające
Budownictwo	Materiały o zwiększonej wytrzymałości właściwej	Technologia zbrojenia materiałów polimerowych nanowłóknami
		Materiały cementowe i beton
		Materiały ceramiczne
		Technologia zbrojenia ceramiki budowlanej nanowłóknami o różnym składzie chemicznym
	Materialy o zwiększonej odporności na czynniki atmosferyczne	Materiały antygrzybicze
		Materiały samoczyszczące
	Materiały aktywne	Integracja fotowoltaiki w elementy elewacji
		Inteligentne materiały zintegorowane z czujnikami
	Materiały oszczędzające energię	Okna odbijające promieniowanie podczerwone
		Materiały z kontrolowaną absorbcją i oddawaniem ciepła
		Materiały o zwiększonej izolacyjności cieplnej
Drogownictwo	Bezpieczeństwo	Lepiej widoczne znaki drogowe
		Czujniki sygnalizujące obecność ludzi lub zwierząt
		Sygnalizacja gołoledzi
	Tańsza eksploatacja	Doskonalsze materiały na drogi
		LEDy w oświetleniu dróg
		Tanie ogniwa słoneczne „malowane” na elementach konstrukcyjnych
Przemysł włókienniczy	Nanotechnologicznie zmodyfikowane włókna	Polimery i tworzywa
		Materiały antybakteryjne i antygrzybicze
		Materiały łatwe do czyszczenia
		Nanomateriały kompozytowe i włókniste z surowców odnawialnych
	Inteligentna odzież	Materiały regulujące klimat i wilgotność
		Materiały zintegrowane z sensorami
		Odzież monitorująca funkcje życiowe

Tab. 3.3. Wykaz kandydujących kierunków badań według obszarów zastosowań i kategorii – nauki stosowane – c.d.

Nanomedycyna	Teranostyka – terapia i diagnostyka w jednym	Precyzyjne dozowanie leków w nanokapsułkach
		Celowana terapia lekowa
		Teranostyka: nanocząstki diagnostyczne i nośniki leków
		Terapia genowa nanomateriałami
	Diagnostyka	Badania nad mikrosensorami i systemami detekcyjnymi wykorzystywanymi w diagnostyce medycznej
		Budowa doskonalszych mobilnych urządzeń do rejestracji stanu pacjenta (między innymi w jego środowisku domowym)
		Szybka diagnostyka niektórych chorób i uzależnień – chipy diagnostyczne
	Implanty	Trwałe implanty
		Resorbowalne implanty
		Nanomodyfikacje implantów
		Materiały kompozytowe dla chirurgii kostnej i stomatologii
		Biomateriały dla inżynierii tkankowej (*scaffolds*)
	Medycyna regeneracyjna	Nanoustrukturyzowane biomateriały (opatrunki, implanty, rusztowania dla inżynierii tkankowej)
		Nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości
		Nanotechnologie dla estetyki
	Technika medyczna	Urządzenia dla mikrochirurgii (zwłaszcza w neurologii, ale nie tylko)
		Sprzęt medyczny (nanoroboty, mikropompy)
		Opracowanie technologii wytwarzania nanostruktur specyficznych dla regionu, np. na bazie propolisu i srebra do leczenia ran i oparzeń
	Inżynieria powierzchni	Nanowarstwy i nanopowłoki w technologiach medycznych
		Wpływ na biokompatybilność materiałów wprowadzanych do organizmu człowieka
		Wpływ na trwałość, zużycie i zniszczenie w środowisku żywego organizmu
		Badanie właściwości antyseptycznych
		Zastosowanie nanotechnologii w wytwarzaniu różnych powłok, na przykład biobójczych, biostatycznych, antyelektrostatycznych, hydrofobowych, ochronnych przed promieniowaniem elektromagnetycznym
Bionano-technologia	Kataliza procesów biochemicznych	Nanocząstki i ich agregaty jako katalizatory reakcji chemicznych i biochemicznych
		Nanocząstki jako katalizatory dla fotosyntezy
		Nanocząstki jako katalizatory fotodysocjacji wody dla otrzymywania wodoru
		Nanocząstki jako katalizatory fotodysocjacji biogazu
	Ochrona środowiska	Biosensory budowane na bazie nanotechnologii (koncepcja, projektowanie, realizacja)
		Zastosowanie magnetokatalityczne nanocząstek i nanopowłok w procesach chemicznych
		Biosensory i nanoelektronika do monitorowania parametrów środowiska
		Metody regeneracji i utylizacji odpadów
		Nanopowłoki dla fotokatalitycznego usuwania zanieczyszczeń
		Nanopowłoki dla ograniczenia osiadania zanieczyszczeń
		Ekologiczne nawozy
Rolnictwo i przemysł spożywczy	Nanotechnologie dla rolnictwa i przemysłu spożywczego	Nanotechnologie w procesach konserwacji
		Nanotechnologie zwiększające wartość żywności (zdrowa żywność)
		Nanowarstwowe powłoki antybakteryjne dla aparatury produkcyjnej przemysłu spożywczego
		Antybakteryjne nanowarstwowe powłoki folii opakowaniowych dla produktów spożywczych

Technologie informatyczne, ICT	Spintronika	Nanostruktury magnetyczne
		Metody wytwarzania nanomagnesów
		Magnetometria magnetooptyczna
	Elektronika i optyka	Elektronika molekularna
		Grafen
		Nanomateriały dla elektroniki drukowanej
		Planarne układy sensorowe
		Czujniki luminescencyjne
		Czujniki optoelektroniczne
		Ogniwa fotoelektryczne
		Wyświetlacze OLED
	Układy światłowodowe	Lasery włóknowe
		Wzmacniacze światłowodowe
	Mikro- i nano-elektronika	Specjalizowane klastry obliczeniowe do analizy i symulacji struktur biochemicznych (na przykład realizujące programy do modelowania białek oraz procesów oddziaływań międzycząsteczkowych)
		Mikrosystemy wspomagające nanobiotechnologie: systemy eksploracji (nanoroboty), sensory, minilaboratoria diagnostyczne (lab-on-a-chip)
		Stworzenie sieci „design house" na potrzeby mikroelektroniki
		Złożone mikrosystemy sterowania bazujące na nanotechnologii
		Budowa nowych typów pamięci o czasie dostępu i pojemności wielokrotnie przewyższających obecnie stosowane
		Rozwój nanotechnologii w projektowaniu i realizacji układów scalonych VLSI z precyzją znacznie poniżej 10 nm
		Badania w zakresie budowy i konstrukcji nowych elementów na potrzeby mikroelektroniki
Energia	Zdecentralizowane źródła taniej energii	Wysokowydajne baterie
		Rozproszone źródła energii
		Ogniwa paliwowe
	Energia odnawialna	Materiały do zastosowań w nowoczesnych źródłach energii odnawialnej (baterie słoneczne, nowoczesne materiały w bateriach stałych, żelowych, akumulatorach)
		Nanocząstki i nanokompozyty jako materiały o właściwościach fotowoltaicznych

Źródło: opracowanie własne.

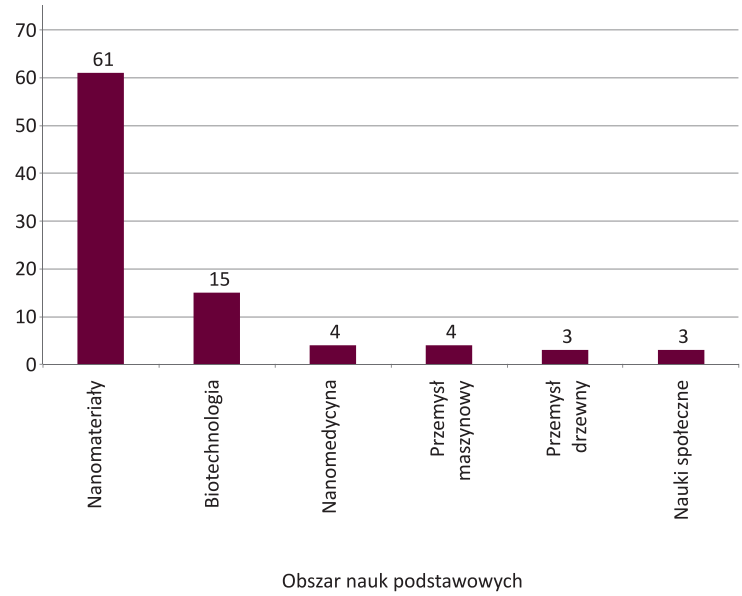
Liczbę wskazań kierunków badań w obszarze nauk podstawowych i stosowanych według obszarów zastosowań przedstawiono na rys. 3.3 i 3.4.

Do obszaru o potencjalnie najszerszych badaniach naukowych w obszarze **nauk podstawowych** eksperci zaliczyli nanomateriały.

Do obszarów o potencjalnych najszerszych badaniach naukowych w obszarze **nauk stosowanych** eksperci zaliczyli:

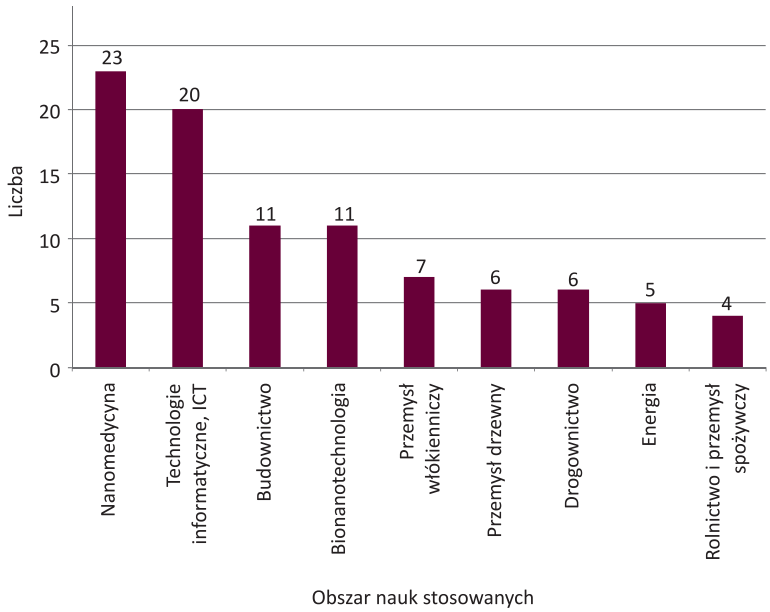
- nanomedycynę;
- technologie informatyczne;
- budownictwo;
- bionanotechnologie.

Rys. 3.3. Liczba wskazanych kierunków badań według obszarów zastosowań – obszar nauk podstawowych



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 3.4. Liczba wskazanych kierunków badań według obszarów zastosowań – obszar nauk stosowanych



Źródło: opracowanie własne.

4. Charakterystyka kryteriów oceny kandydujących kierunków badań

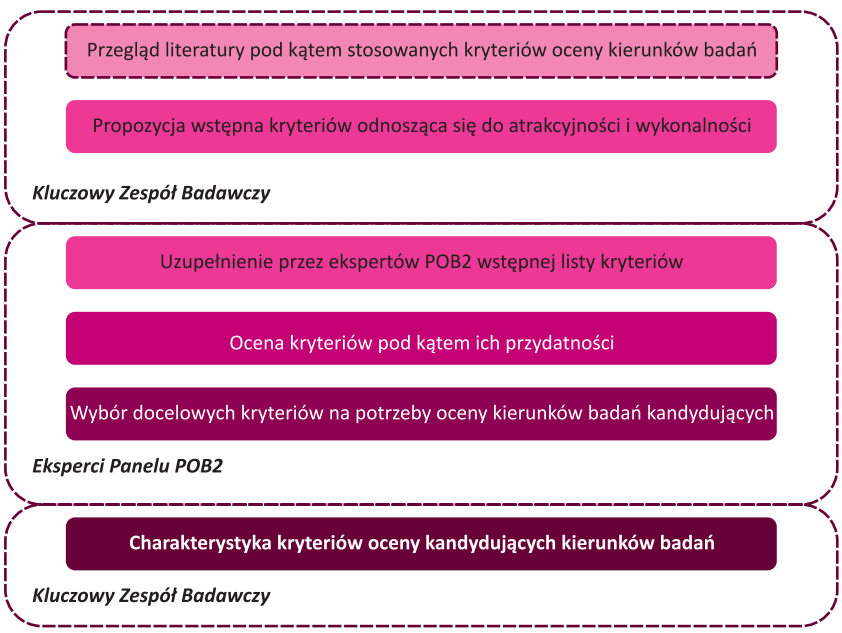
4.1. Klasyfikacja i wybór kryteriów oceny kierunków badań

Kolejnym etapem prac w ramach panelu badawczego POB2 było wyłonienie kryteriów oceny kierunków badań. Ocena wstępnego katalogu kierunków badań została oparta na zestawie kryteriów odnoszących się do atrakcyjności oraz wykonalności [52].

Proces wyboru kryteriów oceny przebiegał zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 4.1.

Przeprowadzone przez Kluczowy Zespół Badawczy studia literaturowe polegające na przeglądzie dotychczas realizowanych w Polsce projektów foresightowych oraz projektów zagranicznych pozwolił na opracowanie wstępnego katalogu kryteriów oceny kierunków badań. W szczególności dokonano przeglądu 22 polskich projektów o charakterze branżowym (tab. 4.1).

Rys. 4.1. Przebieg procesu wyboru kryteriów oceny kandydujących kierunków badań



Źródło: opracowanie własne.

Tab. 4.1. Wykaz projektów foresightu branżowego realizowanych w Polsce

Lp	Nazwa projektu
1	Foresight technologiczny odlewnictwa polskiego
2	Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych
3	Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobycia i przetwórstwa węgla brunatnego
4	Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego
5	Scenariusze rozwoju technologii nowoczesnych materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych
6	Ocena perspektyw i korzyści z wykorzystania technik satelitarnych i rozwoju technologii kosmicznych w Polsce
7	Kierunki rozwoju technologii materiałowych na potrzeby klastra lotniczego „Dolina Lotnicza”
8	Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących w Polsce
9	System monitorowania i scenariusze rozwoju technologii medycznych w Polsce
10	Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju
11	Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii
12	Foresight wiodących technologii kształtowania własności powierzchni materiałów inżynierskich i biomedycznych
13	Foresight technologiczny rozwoju sektora usług publicznych w Górnośląskim Obszarze Metropolitalnym
14	Foresight w drzewnictwie: scenariusze rozwoju badań naukowych w Polsce do 2020 roku
15	Foresight technologii odlewniczych w kontekście energii do 2030 roku
16	Foresight dla energetyki termojądrowej
17	Foresight priorytetowych, innowacyjnych technologii na rzecz automatyki, robotyki i techniki pomiarowej
18	Żywność i żywienie w XXI w. Wizja rozwoju polskiego sektora spożywczego
19	Zeroemisyjna gospodarka energią w warunkach zrównoważonego rozwoju Polski do 2050 roku
20	Strategia rozwoju energetyki na Dolnym Śląsku metodami foresightowymi
21	Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii zagospodarowywania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego
22	Zawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne dla zrównoważonego rozwoju kraju

Źródło: [3].

Na podstawie studiów literaturowych zidentyfikowano dwie grupy kryteriów wykorzystywanych na potrzeby oceny kierunków badań analogiczne do kryteriów oceny technologii:

1) kryteria odnoszące się do wykonalności;
2) kryteria odnoszące się do atrakcyjności.

Kryteria atrakcyjności związane są z rezultatami prowadzonych badań (wpływem na rozwój społeczno-gospodarczy, wzrost konkurencyjności), a kryteria wykonalności dotyczą oceny istniejących uwarunkowań prowadzenia badań naukowych i ich wykonalności (kadra, infrastruktura, potencjał, branże).

Wstępną listę kryteriów przedstawiono w tab. 4.2.

W dalszej kolejności poproszono ekspertów panelu POB2 o uzupełnienie wstępnej listy kryteriów o własne propozycje. W tym celu wykorzystano kwestionariusz elektroniczny. Przygotowane przez ekspertów propozycje kryteriów zostały poddane wstępnej ocenie i weryfikacji przez koordynatora panelu POB2 oraz koordynatora merytorycznego projektu <<NT FOR Podlaskie 2020>>, głównie pod kątem powtarzalności treści. Ostatecznie otrzymano listę 29 kryteriów odnoszących się do wykonalności (tab. 4.3) oraz listę 29 kryteriów odnoszących się do atrakcyjności (tab. 4.4).

Tab. 4.2. Wstępna lista kryteriów

Kryteria odnoszące się do atrakcyjności
Wpływ kierunków badań na dalszy rozwój kadry naukowej w regionie
Wpływ kierunków badań na rozwój nowych obszarów badawczych (nauk stosowanych w przypadku nauk podstawowych)
Możliwości komercjalizacji wyników badań
Potencjalne obszary, dziedziny, branże komercjalizacji wyników badań
Potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie
Potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie
Potencjalny wpływ kierunków badań na rozwój innych kierunków badań
Wpływ realizowanych badań na rozwój współpracy w triadzie nauka-biznes-administracja
Wpływ kierunków badań na zrównoważony rozwój regionu
Wpływ badań na pozycję regionu jako znaczącego ośrodka naukowego i technologicznego w konkretnej niszy
Prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej naukowej współpracy
Prawdopodobieństwo pojawienia się przełomowych odkryć naukowych
Potencjalne zainteresowanie podmiotów spoza regionu wynikami badań w danym obszarze
Kryteria odnoszące się do wykonalności
Istniejące zasoby kadrowe niezbędne do prowadzenia badań w regionie
Istniejąca infrastruktura B+R w regionie
Możliwości finansowania kierunków badawczych
Istniejące sieci powiązań w triadzie nauka-biznes-administracja
Zainteresowanie sektora biznesu regionu kierunkami badawczymi
Zgodność kierunków badań z priorytetami polityki naukowo-badawczej Polski
Zgodność kierunków badań z dokumentami rozwojowymi regionu

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 4.3. Wykaz kryteriów odnoszących się do wykonalności

Symbol	Kryteria odnoszące się do wykonalności
KW1	istniejące zasoby kadrowe niezbędne do prowadzenia badań w regionie
KW2	istniejąca infrastruktura B+R w regionie
KW3	możliwości finansowania kierunków badań ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych
KW4	ambitność i unikalność kierunku badań na skalę Polski, która pozwoli na uzyskanie odpowiednio dużych pieniędzy na rozwój regionu
KW5	zgodność kierunków badań z priorytetami polityki naukowo-badawczej UE
KW6	zgodność kierunków badań z priorytetami polityki naukowo-badawczej Polski
KW7	potencjalne możliwości budowy centrów kompetencji w dziedzinach wytypowanych jako specyficzne dla regionu
KW8	dystans, jaki dzieli poziom zaawansowania badań w danym kierunku w regionie/Polsce od poziomu światowego
KW9	zgodność kierunków badań z dokumentami rozwojowymi regionu
KW10	istniejąca współpraca z jednostkami naukowymi spoza regionu (krajowymi i zagranicznymi)
KW11	istniejące sieci współpracy naukowej niezbędne do prowadzenia badań w regionie
KW12	aktualny stopień zaangażowania ekspertów spoza regionu
KW13	istniejący stopień zaawansowania prowadzonych badań naukowych
KW14	migracje kadry naukowej (napływ kadry)
KW15	migracje kadry naukowej (odpływ kadry)
KW16	możliwość wykorzystania potencjału badawczego ośrodków naukowych z innych regionów Polski i ośrodków zagranicznych, w ramach współpracy nawiązanej przez ośrodki naukowe z Podlasia
KW17	istniejący i przewidywany rozwój infrastruktury badawczej (w tym Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego – BPNT, uczelni) na rozwój przyszłych badań
KW18	istniejące sieci powiązań w triadzie nauka-biznes-administracja
KW19	potencjał komercjalizacji wyników badań naukowych opartych na regionalnym potencjale przemysłowym
KW20	zainteresowanie sektora biznesu w Polsce nowymi kierunkami badawczymi
KW21	istniejące zasoby naturalne niezbędne do prowadzenia badań i komercjalizacji ich wyników
KW22	zgodność kierunków badań z projektem Natura 2000
KW23	istniejąca sieć drogowa i kolejowa w regionie
KW24	istniejąca sieć energetyczna w regionie
KW25	istniejąca sieć teleinformatyczna w regionie
KW26	atrakcyjność regionu
KW27	potencjał społeczny (nawyki wspólnego działania, przewaga wspólnego dobra nad patrzeniem przez opcje polityczne, kultura pracy i działania w stowarzyszeniach)
KW28	zaangażowanie władz lokalnych
KW29	poparcie wszystkich sił politycznych

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Kolejny etap prac polegał na zawężeniu kryteriów oceny kandydujących kierunków badań do kryteriów charakteryzujących się najwyższą przydatnością.

Ekspertów panelu badawczego POB2 poproszono o ocenę przydatności poszczególnych kryteriów z zastosowaniem 3-stopniowej skali oceny:

Tab. 4.4. Wykaz kryteriów odnoszących się do atrakcyjności

Symbol	Kryteria odnoszące się do atrakcyjności
KA1	interdyscyplinarny charakter badań
KA2	potencjalny wpływ kierunków badań na rozwój innych kierunków badań
KA3	wpływ kierunków badań na dalszy rozwój infrastruktury B+R w regionie
KA4	innowacyjność realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu
KA5	prawdopodobieństwo pojawienia się przełomowych odkryć naukowych (przełomowych technologii, patentów)
KA6	wpływ badań na pozycję regionu jako znaczącego ośrodka naukowego i technologicznego w konkretnej niszy
KA7	wpływ nowych kierunków badań na rozwój infrastruktury badawczej (w tym Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego)
KA8	wpływ na wzrost inwestycji prywatnych w B+R
KA9	wpływ kierunków badań na dalszy rozwój kadry naukowej w regionie
KA10	wpływ kierunków badań na napływ nowej kadry naukowej
KA11	wpływ na zwiększenie liczby osób z wyższym wykształceniem
KA12	stworzenie warunków do prowadzenia prac magisterskich i doktorskich z obrzeża i środka badawczego
KA13	możliwości komercjalizacji wyników badań
KA14	zgodność kierunków badań naukowych z potrzebami regionu
KA15	występujące w regionie potencjalne obszary, dziedziny, branże komercjalizacji wyników badań
KA16	potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie
KA17	potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie
KA18	potencjalne zainteresowanie podmiotów spoza regionu wynikami badań w danym obszarze
KA19	wpływ realizowanych badań na rozwój współpracy w triadzie nauka-biznes-administracja
KA20	prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej naukowej współpracy (rozszerzenie międzynarodowej współpracy obejmującej wzajemną wymianę naukowców, studentów i kadry zarządzającej w dziedzinach kluczowych dla rozwoju regionu)
KA21	wzrost powiązań z sąsiednimi regionami (reguła 1-2 godziny lotu/podróży: Ryga, Wilno, Kaliningrad, Gdynia, Kowno, Warszawa)
KA22	wpływ kierunków badań na dynamiczniejszy rozwój regionu
KA23	wpływ kierunków badań na zrównoważony rozwój regionu
KA24	wpływ realizowanych badań na zmniejszenie szkodliwego wpływu na środowisko naturalne
KA25	wpływ realizowanych badań na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych
KA26	wpływ realizowanych badań na stosowanie nowych źródeł energii
KA27	wpływ realizowanych badań na atrakcyjność regionu
KA28	potencjalny wpływ na rozwój eksportu
KA29	potencjalny wpływ na wzrost inwestycji poważnego kapitału

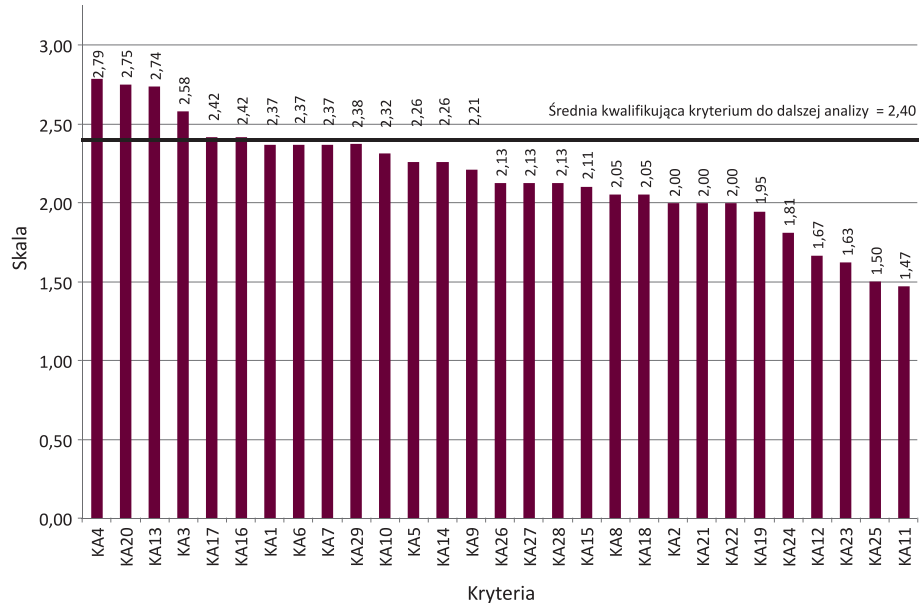
Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

1 – niską przydatność kryterium w ocenie kierunków badań;
2 – przeciętną przydatność w ocenie kierunków badań;
3 – wysoką przydatność w ocenie kierunków badań.

Celem oceny było wyłonienie kryteriów najbardziej przydatnych do oceny kandydujących kierunków badań, z uwzględnieniem kontekstu regionalnego rozwoju nanotechnologii. Na potrzeby oceny przydatności zastosowano elektroniczny formularz ankiety, którego wzór stanowi załącznik do opracowania.

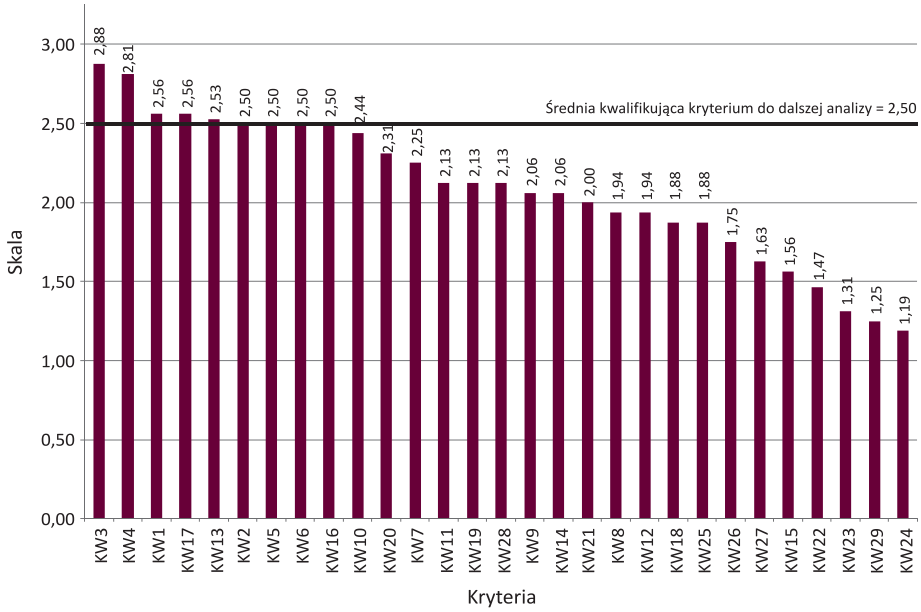
Wyniki przeprowadzonej oceny przydatności kryteriów w dwóch grupach przedstawiono na rys. 4.2 i 4.3.

Rys. 4.2. Ocena kryteriów odnoszących się do atrakcyjności



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 4.3. Ocena kryteriów odnoszących się do wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

Ostatecznie w wyniku dyskusji członków Kluczowego Zespołu Badawczego przyjęto, że na potrzeby dalszych prac zostaną przyjęte kryteria, które uzyskały średnią ocenę ekspertów powyżej 2,40 w grupie kryteriów odnoszących się do atrakcyjności i powyżej 2,50 dla kryteriów odnoszących się do wykonalności. W grupie kryteriów odnoszących się do atrakcyjności charakteryzujących się przydatnością na poziomie powyżej średniej 2,40 znalazły się następujące kryteria:

- KA4 – innowacyjność realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu;
- KA20 – prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej naukowej współpracy (rozszerzenie międzynarodowej współpracy obejmującej wzajemną wymianę naukowców, studentów i kadry zarządzającej w dziedzinach kluczowych dla rozwoju regionu);
- KA13 – możliwości komercjalizacji wyników badań;
- KA3 – wpływ kierunków badań na dalszy rozwój infrastruktury B+R w regionie;
- KA17 – potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie;
- KA16 – potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie.

W grupie kryteriów odnoszących się do wykonalności charakteryzujących się przydatnością na poziomie powyżej średniej 2,50 znalazły się następujące kryteria:

- KW3 – możliwości finansowania kierunków badań ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych;
- KW4 – ambitność i unikalność kierunku badań na skalę Polski, która pozwoli na uzyskanie odpowiednio dużych pieniędzy na rozwój regionu;
- KW1 – istniejące zasoby kadrowe niezbędne do prowadzenia badań w regionie;
- KW17 – istniejący i przewidywany rozwój infrastruktury badawczej (w tym Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego, uczelni) na rozwój przyszłych badań;
- KW13 – istniejący stopień zaawansowania prowadzonych badań naukowych.

Do kryteriów najsłabiej ocenionych pod względem przydatności ich wykorzystania do oceny kandydujących kierunków badań eksperci zaliczyli:

a) w grupie kryteriów odnoszących się do wykonalności:
- KW22 – zgodność kierunków badań z projektem Natura 2000;
- KW23 – istniejąca sieć drogowa i kolejowa w regionie;
- KW29 – poparcie wszystkich sił politycznych;
- KW24 – istniejąca sieć energetyczna w regionie;

b) w grupie kryteriów odnoszących się do atrakcyjności:
- KA23 – wpływ kierunków badań na zrównoważony rozwój regionu;
- KA25 – wpływ realizowanych badań na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych;
- KA11 – wpływ na zwiększenie liczby osób z wyższym wykształceniem.

KRYTERIA ODNOSZĄCE SIĘ DO ATRAKCYJNOŚCI

Innowacyjność realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, ale są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu

Kryterium określa, czy dany kierunek badań jest lub może stać się elementem wyróżniającym region na tle reszty kraju. Pokazuje, czy na bazie unikatowego zestawienia występujących w regionie zasobów, kompetencji, umiejętności oraz relacji, mogą rozwinąć się kierunki badań, które w Polsce nie występują lub są słabo rozwinięte, a mają wysoki potencjał generowania innowacji produktowych i procesowych na potrzeby gospodarki regionu bądź rynków sąsiednich.

Prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej (rozszerzenie międzynarodowej współpracy obejmującej wzajemną wymianę naukowców, studentów i kadry zarządzającej w dziedzinach kluczowych dla rozwoju regionu)

Kryterium charakteryzuje możliwość nawiązania bądź zintensyfikowania współpracy uczelni, jednostek badawczo-rozwojowych oraz przedsiębiorstw prowadzących działalność badawczo-rozwojową w regionie z odpowiednimi podmiotami zagranicznymi. Międzynarodowa współpraca naukowa obejmować może: (i) wymianę naukowców w ramach zawartych umów, staży naukowych, prowadzonych wspólnie projektów badawczych; (ii) wymianę studentów; (iii) występowanie wspólnie o granty na prowadzenie badań w obszarach kluczowych dla rozwoju regionu; (iv) wizyty studyjne kadry zarządzającej lokalnych przedsiębiorstw w celu zdobycia wiedzy i *know-how* na temat potencjalnych zastosowań nanotechnologii w gospodarce regionu.

Możliwości komercjalizacji wyników badań

Kryterium określa prawdopodobieństwo wygenerowania w ramach prowadzonych badań nowej wiedzy technicznej lub organizacyjnej i związanego z nią *know-how* oraz przeniesienia jej do gospodarki. Kryterium odnosi się do potencjalnych potrzeb rynku, świadomości potrzeby komercjalizacji, grona strategicznych klientów, potencjalnych okazji rynkowych, jakości danej technologii oraz zasad przekazywania wiedzy i umiejętności do procesu produkcyjnego [23]. Pod uwagę brany jest stopień trudności przeprowadzenia następujących kroków w ramach badań naukowych w zakresie nanotechnologii: (i) wygenerowanie idei produktów/procesów; (ii) prace rozwojowe; (iii) stworzenie prototypów produktów bazujących na nowej technologii; (iv) poszukiwanie rynkowych zastosowań technologii; (v) poszukiwanie rynków; (vi) opracowanie oraz realizacja strategii marketingowych; (vii) prace wdrożeniowe i wdrożenie do produkcji; (viii) wprowadzenie produktu na rynek i jego sprzedaż [39]. Możliwości komercjalizacji wyników badań rozpatrywane są w tym kryterium w następujących wariantach: sprzedaż praw własności, licencjonowanie, alians strategiczny, *joint venture*, samodzielne wdrożenie.

Wpływ kierunków badań na dalszy rozwój infrastruktury B+R w regionie

Kryterium odnosi się do stopnia, w jakim obrany kierunek badań w obszarze nanotechnologii może wpłynąć na powiększenie i modernizację infrastruktury badawczo-rozwojowej w parkach naukowo-technologicznych, ośrodkach B+R przedsiębiorstw oraz instytucjach naukowych w województwie podlaskim. Pod uwagę brany jest zarówno ilościowy, jak i jakościowy rozwój infrastruktury B+R w następujących aspektach: baza laboratoryjna, aparatura badawcza, infrastruktura techniczna i informatyczna oraz systemy pozwalające na korzystanie z odległej zaawansowanej infrastruktury B+R. Kryterium ocenia, w jakim stopniu rozwijanie poszczególnych kierunków badań podstawowych, stosowanych i wdrożeniowych w obszarze nanotechnologii może: (i) wygenerować zewnętrzne (lokalne, regionalne, krajowe, unijne) środki na rozwój infrastruktury B+R, (ii) wygenerować wewnętrzne (należące do poszczególnych podmiotów) środki na rozwój infrastruktury B+R, (iii) zmo-

bilizować prywatny kapitał do inwestycji w infrastrukturę B+R.

Potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie

Kryterium określa stopień, w jakim obrany kierunek badań w obszarze nanotechnologii może stać się impulsem do rozwoju nowych gałęzi przemysłu w województwie podlaskim. W szczególności dotyczy to zdolności podmiotów gospodarczych w regionie do absorpcji (ekonomicznej, organizacyjnej i technicznej) nowych rozwiązań nanotechnologicznych dostarczanych przez sektor B+R w regionie. Wpływ na tę zdolność mają sieci współpracy służące transferowi technologii w regionie oraz specjalizacje technologiczne, jakie dominują w istniejących regionalnych sieciach współpracy gospodarka-nauka.

Potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie

Kryterium określa stopień, w jakim obrany kierunek badań w obszarze nanotechnologii może przyczynić się do rozwoju występujących w województwie gałęzi przemysłu przy szczególnym uwzględnieniu gałęzi o silnej pozycji w gospodarce regionu: branży spożywczej, drzewnej, maszynowej, włókienniczej, meblarskiej. Kryterium w szczególności dotyczy zdolności podmiotów gospodarczych w województwie podlaskim do absorpcji (ekonomicznej, organizacyjnej i technicznej) nowych rozwiązań nanotechnologicznych dostarczanych przez sektor B+R w regionie. Wpływ na tę zdolność mają sieci współpracy służące transferowi technologii w regionie oraz specjalizacje technologiczne, jakie dominują w istniejących regionalnych sieciach współpracy gospodarka-nauka.

KRYTERIA ODNOSZĄCE SIĘ DO WYKONALNOŚCI

Możliwości finansowania kierunków badań ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych

Kryterium odnosi się do stopnia trudności pozyskania funduszy na prowadzenie badań w danym obszarze nanotechnologii (w naukach podstawowych i stosowanych) prowadzonych przez jednostki naukowo-badawcze oraz przedsiębiorstwa. Pośród źródeł zewnętrznych wyróżnić można fundusze unijne, krajowe i regionalne przeznaczane na wsparcie badań generujących innowacyjne rozwiązania dla gospodarki. Środki wewnętrzne odnoszą się do zasobów własnych poszczególnych instytucji oraz prywatnych środków przeznaczanych na badania i rozwój.

Ambitność i unikalność kierunku badań na skalę Polski, która pozwoli na uzyskanie odpowiednio dużych pieniędzy na rozwój regionu

Kryterium wskazuje na ambitność i unikalność (w skali kraju) powziętego kierunku badań w obszarze nanotechnologii jako ważnych czynników warunkujących możliwość pozyskania znacznych funduszy na prowadzenie tych badań. Badania te, mają przełożyć się na rozwój regionu poprzez generowanie i komercjalizację innowacyjnych rozwiązań dla gospodarki województwa. Ambitność oznacza aspiracje do prowadzenie badań na światowym poziomie. Unikalność, natomiast, może być osiągnięta dzięki szczególnej kombinacji występujących w regionie zasobów, kompetencji, umiejętności oraz relacji, na bazie których można rozwijać dane kierunki badań.

Istniejące zasoby kadrowe niezbędne do prowadzenia badań w regionie

Kryterium odnosi się do dostępnych w regionie bądź możliwych do pozyskania z zewnątrz zasobów kadrowych sfery B+R w dziedzinie nanotechnologii. Obejmuje liczbę jednostek prowadzących działalność badawczo-rozwojową w danym kierunku związanym z nanotechnologią oraz liczbę zatrudnionych w tych jednostkach pracowników naukowo-badawczych. Pod uwagę brane są też elementy siły naukowej tej kadry: jakość i liczba publikacji czy też udział w krajowych i międzynarodowych projektach badawczych w dziedzinie nanotechnologii [48].

Istniejący i przewidywany rozwój infrastruktury B+R w regionie (w tym Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego – BPNT, uczelni)

Kryterium odnosi się do zastanego stanu infrastruktury B+R w regionie oraz do przewidywanego w perspektywie roku 2020 rozwoju tej infrastruktury. Jest ona jednym z najważniej-

szych czynników określających potencjał regionu do prowadzenia badań podstawowych, stosowanych oraz prac rozwojowych w zakresie nanotechnologii. Kryterium to określa czy dany kierunek badań ma szansę rozwinąć się przy obecnym i przewidywanym stanie infrastruktury B+R w województwie. Pod uwagę brany jest w szczególności stan i antycypowany rozwój bazy laboratoryjnej, aparatury badawczej, infrastruktury informatycznej w Białostockim Parku Naukowo-Technologicznym oraz na uczelniach w województwie.

Istniejący stopień zaawansowania prowadzonych badań naukowych

Kryterium odnosi się do zakresu i intensywności badań prowadzonych w określonym obszarze nanotechnologii. Brane są pod uwagę: (i) ilość zaangażowanych środków; (ii) liczba zaangażowanej kadry; (iii) poziom badań w regionie w porównaniu z osiągnięciami krajowymi i zagranicznymi; (iv) etap prowadzonych badań na ścieżce od idei badań podstawowych do rynkowego wdrożenia innowacyjnych rozwiązań w gospodarce regionu. Znaczny stopień zaawansowania badań w danym kierunku może stanowić przesłankę do dalszego rozwoju tego obszaru, jako tego, którego dojrzałość daje większe prawdopodobieństwo wytworzenia innowacyjnych technologii i produktów do wprowadzenia na rynek. Przeciwnie, kierunki badań o niskim stopniu zaawansowania charakteryzują się większą niepewnością dotyczącą przyszłych rezultatów.

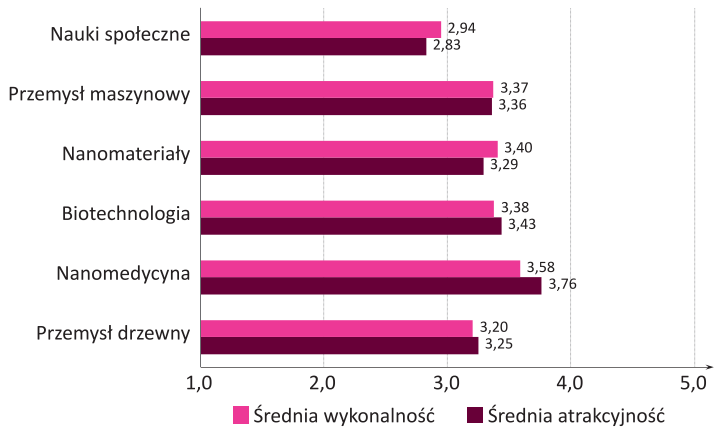
5. Wyniki eksperckiej oceny kandydujących kierunków badań w zakresie nauk podstawowych

5.1. Ocena obszarów zastosowań badań podstawowych pod względem kryteriów atrakcyjności i wykonalności

Kierunki badań podstawowych wyłonione w pracach panelu jako kandydujące poddano ocenie pod względem kryteriów w obrębie dwóch grup: kryteriów atrakcyjności oraz kryteriów wykonalności. Eksperci oceniali poszczególne kierunki w skali od 1 do 5, gdzie 1 oznaczało bardzo niski stopień atrakcyjności/wykonalności, a 5 – bardzo wysoki. Ponadto podczas oceny eksperci wskazywali poziom posiadanej indywidualnej wiedzy w obrębie obszarów zastosowań poszczególnych kierunków badań. Ostateczną ocenę danego kierunku stanowiła średnia z indywidualnych ocen ekspertów, ważona deklarowanym przez nich poziomem wiedzy.

Analizując uzyskane wyniki można między innymi zauważyć, iż pod względem zarówno atrakcyjności, jak i wykonalności najwyżej oceniono kierunki badań podstawowych z obszaru *nanomedycyny* (średnie ważone dla całego obszaru: atrakcyjność 3,76 oraz wykonalność 3,58), zaś najniżej eksperci ocenili kierunki z obszaru *nauk społecznych* (średnie ważone dla całego obszaru: atrakcyjność 2,83 oraz wykonalność 2,94), co zaprezentowano na rys. 5.1. W przypadku obszarów *nanomedycyna*, *przemysł drzewny* oraz *biotechnologia* średnia atrakcyjność była wyższa od wykonalności, z kolei w wypadku pozostałych obszarów (*nauki społeczne*, *przemysł maszynowy* i *nanomateriały*) eksperci wyżej ocenili wykonalność zgrupowanych w ich obrębie kierunków badań podstawowych.

Rys. 5.1. Średnia ważona ocena obszarów badań podstawowych

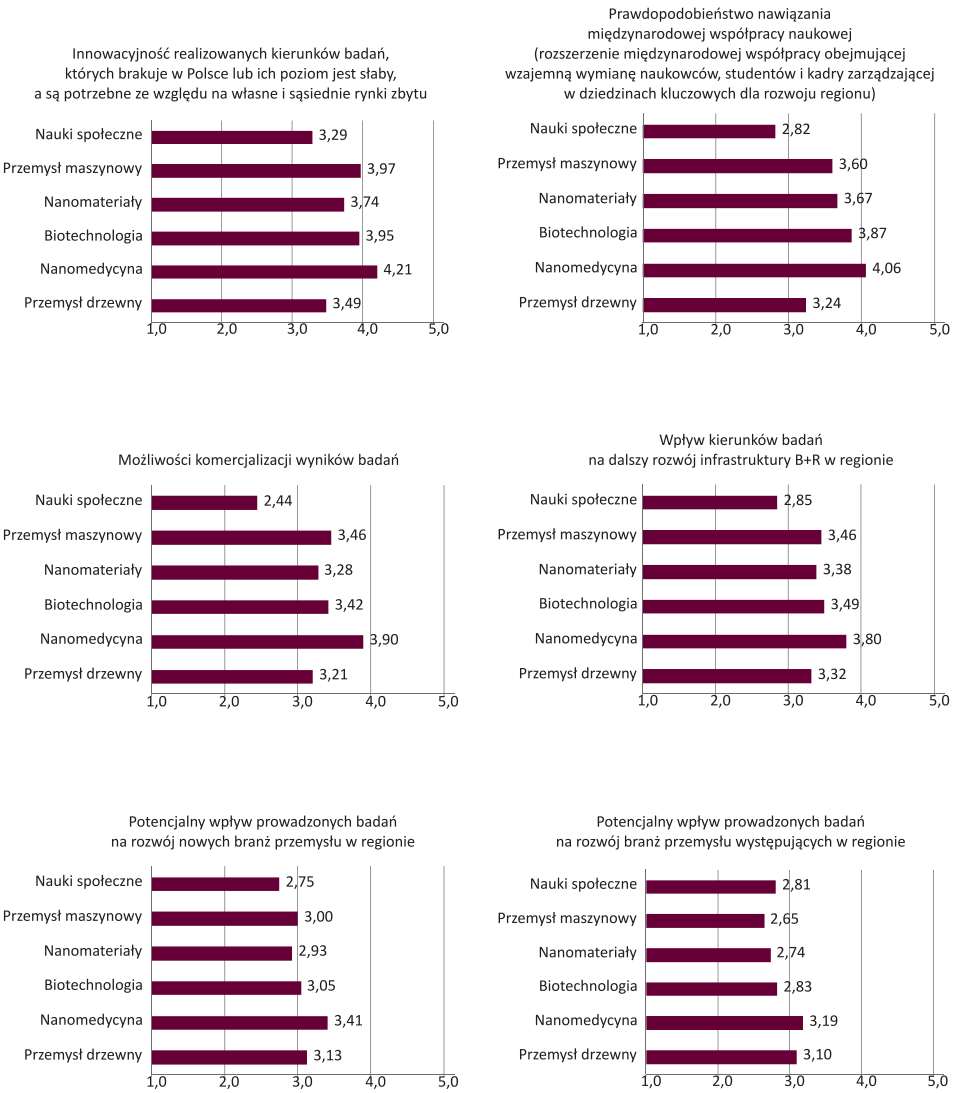


Źródło: opracowanie własne.

Kontynuując analizę dotyczącą oceny kierunków badań podstawowych w obrębie obszarów zastosowań skupiono się w pierwszym kroku na poszczególnych kryteriach atrakcyjności (rys. 5.2). W wypadku pierwszego kryterium – *innowacyjność realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu*, wszystkie obszary zastosowań zostały ocenione najwyżej w odniesieniu do ocen w ramach pozostałych kryteriów. Spośród nich najwyższą ocenę otrzymały kierunki z obszaru *nanomedycyna* (4,21), zaś najniższą z obszaru *przemysł drzewny* (3,49). Wysoką innowacyjność dostrzeżono w rozwoju kierunków z obszarów *przemysł maszynowy* (3,97) i *biotechnologia* (3,95). Oceny nadane w aspekcie kolejnego kryterium – *prawdopodobieństwa nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej (rozszerzenia międzynarodowej współpracy obejmującej wzajemną wymianę naukowców, studentów i kadry zarządzającej w dziedzinach kluczowych dla rozwoju regionu)*, były zbliżone, choć powstały na jego podstawie ranking obszarów różnił się w obrębie dwóch pozycji. Największe szanse współpracy dostrzeżono w *nanomedycynie* (4,06), następnie w *biotechnologii* (3,87), *nanomateriałach* (3,67) i *przemyśle maszynowym* (3,60). Najmniejsze prawdopodobieństwo zaistnienia takiego współdziałania wskazano w *przemyśle drzewnym* (3,24) i *naukach społecznych* (2,82). Średnie ważone uzyskane z ocen eksperckich, nawet w wypadku najniżej ocenionych obszarów, oscylowały wokół przeciętnego poziomu atrakcyjności w analizowanym kryterium. Inne z kryteriów, *możliwość komercjalizacji wyników badań* wskazało na zdecydowaną przewagę obszaru *nanomedycyny* (3,9). Najniżej oceniono ponownie kierunki dotyczące *nauk społecznych*. W pozostałych obszarach szansa na komercjalizację wyników badań oceniona została na poziomie od 3,21 do 3,46. Skupiając się na trzech kolejnych kryteriach można zauważyć, że odnosiły się one bezpośrednio do regionu. W aspekcie *wpływu kierunków badań z danego obszaru na rozwój infrastruktury B+R w regionie* najwyższą notę, podobnie jak w pozostałych obszarach, uzyskała *nanomedycyna* (3,80), z kolei najniższą *nauki społeczne* (2,85). W kontekście *potencjalnego wpływu prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie* oraz *potencjalnego wpływu prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie* rozkład obszarów wedle uzyskanych średnich był odmienny. W obu przypadkach, tak jak i w pozostałych kryteriach, liderem pozostał obszar *nanomedycyny* (średnie na poziomie 3,41 oraz 3,19). *Przemysł drzewny* oraz *biotechnologia* zostały zarekomendowane jako obszary o wysokim potencjalnym wpływie prowadzonych badań na rozwój nowych jak i istniejących branż w regionie (odpowiednio drugie oraz trzecie miejsce w obu rankingach). Interesującym jest, że *nauki społeczne*, które w obrębie wszystkich kryteriów pozostawały na ostatnim miejscu zestawień, w przypadku wpływu ich rozwoju na występujące branże przemysłu w regionie zostały ocenione na wyższym poziomie (średnia 2,81).

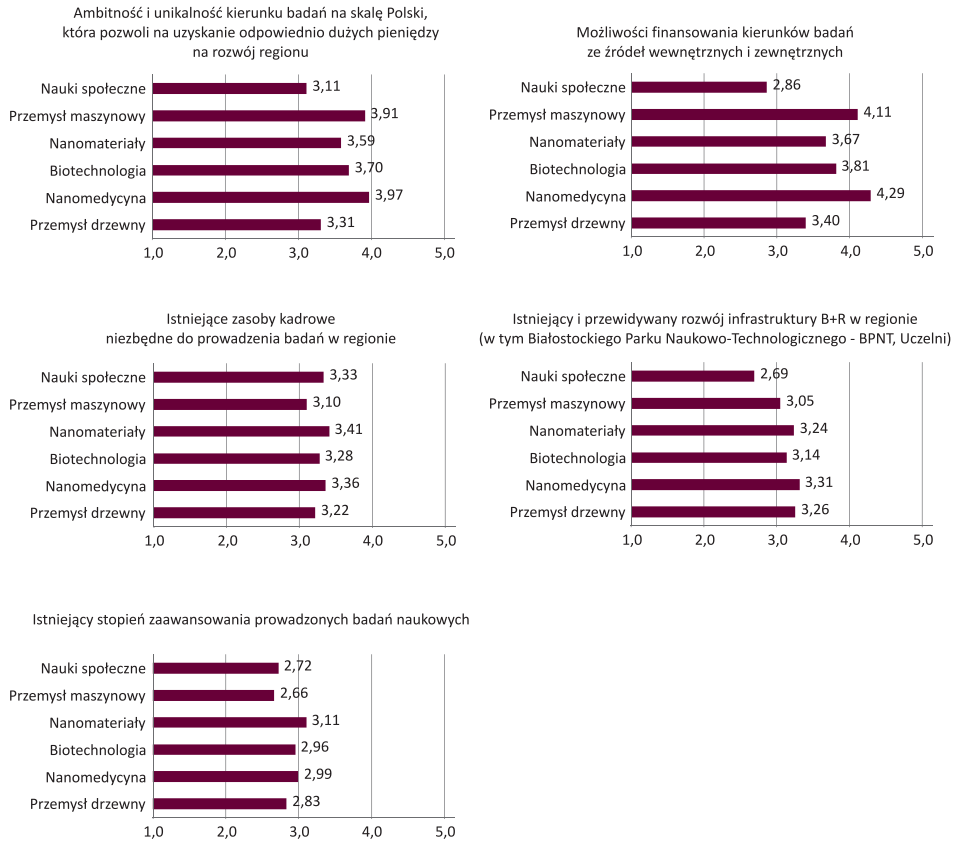
Skupiając się na drugiej grupie kryteriów – kryteriach wykonalności – można wyodrębnić różnorodne zestawienia obszarów zastosowań kierunków badań podstawowych (rys. 5.3). Najbardziej zbliżone z nich były rankingi dotyczące dwóch pierwszych kryteriów: *ambitność i unikalność kierunków badań na skalę Polski, która pozwoli na uzyskanie odpowiednio dużych pieniędzy na rozwój regionu* oraz *możliwości finansowania kierunków badań ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych*. Przyczyny można upatrywać tu w aspekcie finansowym, jakiego oba kryteria dotyczą. Na najwyższym poziomie oceniono obszar *nanomedycyny* i *przemysłu maszynowego*, zaś najniższe noty uzyskały *nauki społeczne* i *przemysł drzewny*. Pozostałe obszary *nanomateriały* i *biotechnologia* uplasowały się w środku zestawień. Kolejne z kryteriów wykonalności *istniejące zasoby kadrowe niezbędne do prowadzenia badań w regionie* wskazały na przeciętny, zbliżony we wszystkich obszarach poziom. Podobnie oceniono *istniejący i przewidywany rozwój infrastruktury B+R w regionie*, z wyjątkiem *nauk społecznych*, które oceniono na zdecydowanie niższym poziomie (średnia 2,69). Stopień zaawansowania prowadzonych w regionie badań najwyżej został oceniony w zakresie obszaru *nanomateriałów*. Pozostałe obszary oceniono na niższym, choć porównywalnym poziomie.

Rys. 5.2. Średnia ważona ocena obszarów badań podstawowych w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 5.3. Średnia ważona ocena obszarów badań podstawowych w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

5.2. Ocena poszczególnych kierunków badań podstawowych pod względem kryteriów atrakcyjności

W dalszych rozważaniach skupiono się na analizie poszczególnych kierunków badań z wyodrębnionych obszarów zastosowań pod względem kryterium atrakcyjności. Pierwszą analizowaną grupą kierunków badań podstawowych był *przemysł drzewny*. Kierunki badań podstawowych, jakie zostały uwzględnione w obrębie tej grupy zestawiono w tab. 5.1.

Kierunek *nanoceluloza jako nanomateriał* (P1) i *drewno jako nanomateriał* (P2) zostały ocenione podobnie, odbiegając znacznie od trzeciego wyszczególnionego w tej grupie kierunku *mechanizmy cięcia, tarcia i erozji* (P3). Wszystkie oceny oscylowały wokół przeciętnego poziomu atrakcyjności w każdym z wyszczególnionych kryteriów (rys. 5.4).

Tab. 5.1. Zestawienie kierunków badań podstawowych z obszaru PRZEMYSŁ DRZEWNY

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Nanotechnologie dla przemysłu drzewnego	Nanoceluloza jako nanomateriał	P1
	Drewno jako nanomateriał	P2
	Mechanizmy cięcia, tarcia i erozji	P3

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 5.2. Zestawienie kierunków badań podstawowych z obszaru NANOMEDYCYNA

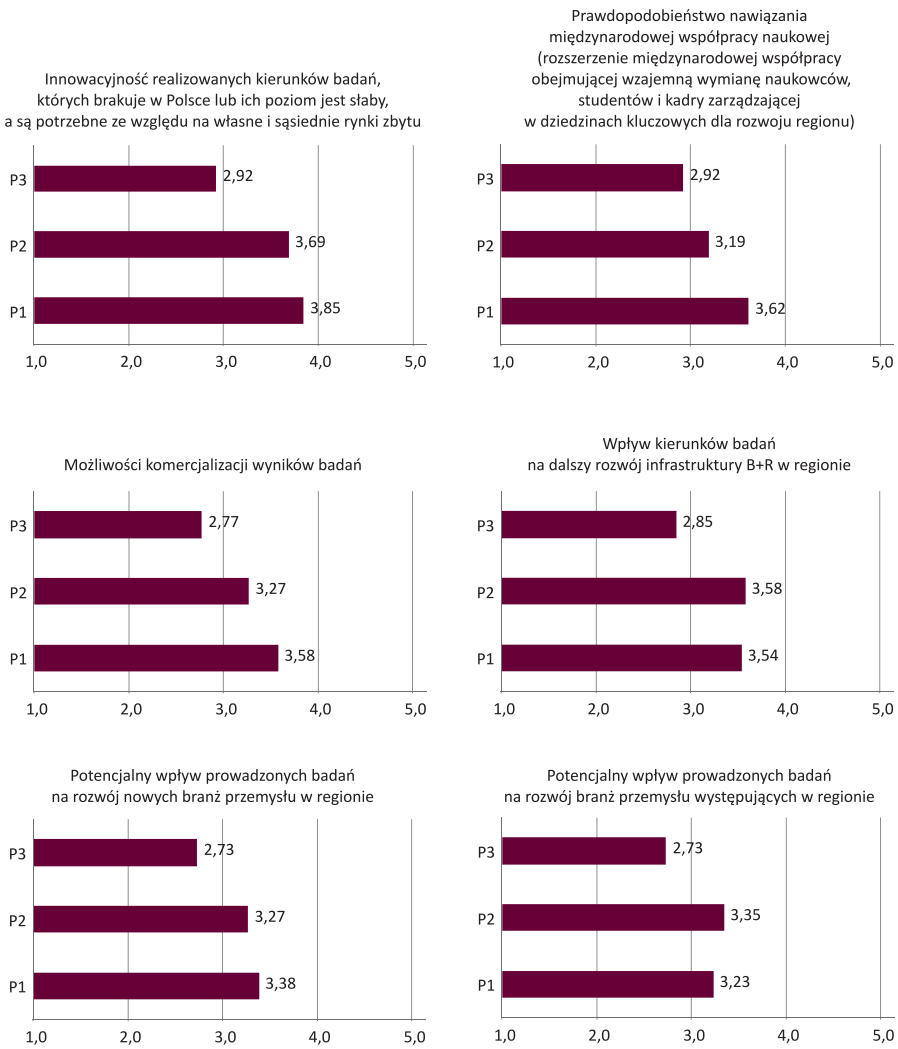
Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Systemy diagnostyki oparte na nanocząstkach	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek na potrzeby diagnostyki medycznej	P4
Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych	P5
	Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów	P6
Nanomateriały do medycyny regeneracyjnej	Opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej	P7

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym ocenianym obszarem była *nanomedycyna*, w której wyodrębniono cztery kierunki badań podstawowych zgrupowanych w trzy kategorie (tab. 5.2). Obserwując zestawienia graficzne dotyczące ocen eksperckich w aspekcie sześciu kryteriów atrakcyjności (rys. 5.5) można zauważyć, że wszystkie kierunki badań podstawowych z tego obszaru zostały ocenione na zbliżonym poziomie. Każdy z kierunków został oceniony jako kierunek o wysokiej atrakcyjności (średnie zbliżone do 4,0) w obrębie *innowacyjności realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki*, *prawdopodobieństwa nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej* oraz *możliwości komercjalizacji wyników badań*. Wszystkie kierunki z tego obszaru oceniono również podobnie, na poziomie ponad przeciętnym (średnie z zakresu od 3,10 do 3,87), w pozostałych kryteriach, jak: *wpływ na dalszy rozwój infrastruktury B+R w regionie*, *potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie* oraz *branż przemysłu występujących w regionie*. Kierunkami, jakie uzyskały w tym obszarze najwyższe średnie noty były: *opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej* (P7) oraz *opracowanie metod wytwarzania nanocząstek na potrzeby diagnostyki medycznej* (P4), choć jak wspomniano nie odbiegały one znacznie od ocen pozostałych kierunków badań podstawowych z analizowanego obszaru.

Następny obszar zastosowań kierunków badań podstawowych obejmował badania z zakresu *biotechnologii*. To liczniejsza już grupa, w której sklasyfikowano piętnaście różnych kierunków badań, uporządkowanych w cztery kategorie (tab. 5.3). Poddając analizie średnie ważone z ocen eksperckich nadanych wyszczególnionym kierunkom można zauważyć, że były one bardziej zróżnicowane niż w dotychczas rozważanych obszarach, na co wpłynęła na pewno liczność kierunków w obszarze *biotechnologii* (rys. 5.6). I tak za kierunki badań podstawowych o najwyższej atrakcyjności wedle przyjętych kryteriów uznano: *analizę struktur organicznych pod kątem realizacji nanobiomateriałów*, *nanobiosensorów, biochipów (systemów diagnostycznych)* (P19), *nanotechnologie antybakteryjne* (P18) oraz *badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nie oddziałujących negatywnie na środowisko* (P16). Każdy z wymienionych kierunków uzyskał najwyższe bądź wysokie noty na tle pozostałych kierunków pod względem każdego z analizowanych kryteriów.

Rys. 5.4. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru przemysł drzewny w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności



Źródło: opracowanie własne.

W aspekcie innowacyjności, zbliżone noty uzyskały również kierunki *analiza struktur procesów oraz funkcji systemów biologicznych w nanoskali* (P12), *monitorowanie i ochrona biosystemów z wykorzystaniem nanotechnologii* (P11) i *synteza nanomateriałów* (P9). Najniżej oceniono kierunki z obszaru *biotechnologii* w kontekście *potencjalnego wpływu prowadzonych badań na rozwój branż*, zarówno *istniejących*, jak i *nowych*. Kierunkiem, który wedle ekspertów jest najmniej atrakcyjny przy uwzględnieniu prawie wszystkich kryteriów był kierunek *przewodnictwo granic międzyfazowych i granic ziaren* (P14).

Najobszerniejszą grupę wyróżnionych w toku prac kierunków badań podstawowych, obejmującą aż sześćdziesiąt jeden kierunków badań, uporządkowanych w trzynaście katego-

Tab. 5.3. Zestawienie kierunków badań podstawowych z obszaru BIOTECHNOLOGIA

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Chemia	Synteza funkcjonalnych elektronicznie cząstek chemicznych	P8
	Synteza nanomateriałów	P9
	Elektrochemia powierzchni	P10
Biologia	Monitorowanie i ochrona biosystemów z wykorzystaniem nanotechnologii	P11
	Analiza struktur procesów oraz funkcji systemów biologicznych w nanoskali	P12
Fizyka	Elektroluminescencja cząsteczek organicznych	P13
	Przewodnictwo granic międzyfazowych i granic ziarn	P14
	Fizyczne cechy powierzchni	P15
Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	Badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko	P16
	Badania nad toksycznością nanomateriałów i nanocząstek	P17
	Nanotechnologie antybakteryjne	P18
	Analiza struktur organicznych pod kątem realizacji nanobiomateriaów, nanobiosensorów, biochipów (systemów diagnostycznych)	P19
	Badania nad mechanizmami wnikania i przemieszczania się nanocząstek w żywych organizmach	P20
	Nanomechanizmy alergii	P21
	RNA i DNA jako narzędzia nanotechnologii	P22

Źródło: opracowanie własne.

rii, stanowił obszar *nanomateriałów* (tab. 5.4). Zestawienie graficzne dotyczące kształtowania się ocen w poszczególnych kryteriach atrakcyjności, podstawowych kierunków badań zaprezentowano na rys. 5.7a-b oraz rys. 5.7c. Wśród kierunków z obszaru *nanomateriałów* przy uwzględnieniu zarówno *innowacyjności realizowanych kierunków badań,* jak i *prawdopodobieństwa nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej* najlepiej ocenionymi kierunkami były *grafen* (P39), *nanorurki węgla* (P40) oraz *ultracienkie warstwy magnetyczne* (P48). Jednak w wypadku pozostałych kryteriów plasowały się one już niżej w zestawieniach. Wszystkie kierunki badań podstawowych uzyskały w dwóch wymienionych kryteriach oceny na poziomie przeciętnej bądź wysokiej atrakcyjności. Kierunkiem uznanym za najbardziej atrakcyjny, na poziomie bardzo wysokim, pod względem *innowacyjności zrealizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu* został kierunek *grafen* (P39) (średnia równa 4,56). Na nieco niższym poziomie w odniesieniu do dwóch pierwszych kryteriów oceniono *wpływ kierunków badań na dalszy rozwój infrastruktury B+R w regionie*. W przypadku tego kryterium za najbardziej atrakcyjne uznano *nanopowłoki* (P32) oraz *nanomateriały wprowadzające hydroizolacyjność materiałów budowlanych* (P37). Najniższe noty przydzielono z kolei dla *otrzymywania i badania właściwości materiałów zawierających „małe" nanocebulki węglowe* (P64) oraz *badania wpływu obecności i stężenia nanocząstek o różnej budowie chemicznej na procesy kształtowania struktury matrycy nanokompozytu* (P67), w przypadku obu kierunków oceniono je na poziomie poniżej przeciętnego. Analizując *możliwość komercjalizacji wyników badań* można zauważyć, że kierunkami o najwyższych ważonych średnich z ocen eksperckich były kierunki badań podstawowych z kategorii *nanomateriały dla budownictwa* (P36, P37, P38). Najniżej rozpatrywany obszar *nanomateriałów* oceniono pod względem kryteriów *potencjalnego wpływu prowadzonych badań na rozwój nowych*, jak i *występujących w regionie branż przemysłu*. W zdecydowanej większości kierunków średnie ocen uplasowały się na przeciętnym, bądź wręcz niskim poziomie. Spośród nich najwyżej, choć wciąż na poziomie niewiele przekraczającym przeciętną atrakcyjność, oceniono kierunki oznaczone jako P32, P37, P38, P45 i P51. Przyglądając się zestawieniom dotyczącym zarówno *możliwości komercjalizacji*

Tab. 5.4. Zestawienie kierunków badań podstawowych z obszaru NANOMATERIAŁY

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Modelowanie procesów otrzymywania nanomateriałów	Analiza zjawisk samogromadzenia i samoorganizacji, fizykochemiczne podstawy powstawania układów samoorganizujących się	P23
	Tworzenie i charakteryzacja strukturalna nanomateriałów (nanocząstek, nanodrutów, nanoobiektów, materiałów hybrydowych, nanokompozytów)	P24
	Tworzenie materiałów z wykorzystaniem metod ultrawysokiej próżni	P25
	Tworzenie materiałów z wykorzystaniem metod elektrochemicznych	P26
	Tworzenie materiałów z wykorzystaniem mokrych syntez chemicznych	P27
	Tworzenie materiałów metodami mieszanymi	P28
	Tworzenie materiałów hybrydowych i nanokompozytów	P29
	Otrzymywanie nanoproszków	P30
	Metody wysokoenergetyczne i impulsowe	P31
	Nanopowłoki	P32
Nanomateriały dla medycyny	Nanoustrukturyzowane biomateriały	P33
	Zastosowania nanoproszków w medycynie	P34
	Środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów	P35
Nanomateriały dla budownictwa	Nanocząstki ulepszające parametry farb (przyczepność, tiksotropowość, paroprzepuszczalność versus hydroizolacyjność)	P36
	Nanomateriały wprowadzające hydroizolacyjność materiałów budowlanych	P37
	Nanomateriały wzmacniające konstrukcje budowlane	P38
Nanomateriały dla elektroniki	Grafen	P39
	Nanorurki węgla	P40
	Nanostruktury półprzewodnikowe	P41
	Nanocząstki i nanodruty metalowe	P42
Nanomateriały sensorowe dla optoelektroniki	Czujniki optoelektroniczne	P43
	Nanomateriały fotowoltaiczne	P44
	Kompozytowe nanomateriały do detekcji skażenia środowiska, wykrywania materiałów niebezpiecznych itp.	P45
Nanomateriały dla techniki światłowodowej	Optycznie aktywne materiały szklanoceramiczne	P46
	Specjalne konstrukcje światłowodów aktywnych	P47
Nanomateriały magnetyczne	Ultracienkie warstwy magnetyczne	P48
	Inżynieria spinowa	P49
	Nanomagnesy	P50
Nanomateriały funkcjonalne	Nanomateriały tekstylne	P51
	Nanoustrukturyzowane polimery i nanokompozyty polimerowe	P52
	Nanocząstki i inteligentne materiały stosowane do produkcji nowych komponentów	P53
	Organiczne ogniwa słoneczne	P54
	Połączenia nanoelektrod z makroświatem	P55

Badania nanomateriałów	Interakcje z organizmem człowieka	P56
	Właściwości fizykochemiczne i mechaniczne	P57
	Charakterystyki tribologiczne	P58
	Badanie właściwości nanocząstek o różnej budowie chemicznej i fizycznej	P59
	Badanie wpływu obecności i stężenia nanocząstek o różnej budowie chemicznej na właściwości (mechaniczne, powierzchniowe, optyczne liniowe i nieliniowe, termodynamiczne, elektryczne) nanokompozytu	P60
	Badania syntezy nanorurek, nanowłókien, nanodrutów	P61
	Badania dyspersji nanoczastek w nanokompozytach	P62
	Badanie oddziaływań nanocząstek – w szczególności nanorurek – z liniowymi makrocząsteczkami (w tym biologicznymi)	P63
	Otrzymywanie i badanie właściwości materiałów zawierających „małe" nanocebulki węglowe	P64
Badania struktury nanomateriałów	Charakterystyka budowy wewnętrznej nanomateriałów, materiałów hybrydowych i nanokompozytów	P65
	Badanie wpływu obecności i stężenia nanocząstek o różnej budowie chemicznej na strukturę osnowy nanokompozytu	P66
	Badanie wpływu obecności i stężenia nanocząstek o różnej budowie chemicznej na procesy kształtowania struktury matrycy nanokompozytu	P67
	Badania struktury nanoczastek i ich agregatów metodami dyfrakcji elektronów, dyfrakcji i rozproszenia promieniowania rentgenowskiego oraz światła widzialnego	P68
Badania powierzchni nanomateriałów	Charakterystyka powierzchni nanomateriałów	P69
	Charakterystyka powierzchni materiałów hybrydowych i nanokompozytów wytwarzanych różnymi metodami	P70
	Nanostruktury powierzchniowe, trójwymiarowe (powierzchnie porowate)	P71
	Nanomodyfikacje powierzchni	P72
	Badania efektów modyfikacji powierzchni w zależności od sposobu wytwarzania nanostruktur	P73
	Badania efektów modyfikacji powierzchni w zależności od składu chemicznego nanostruktur	P74
	Badania efektów modyfikacji powierzchni w zależności od rodzaju materiału modyfikującego	P75
	Badania efektów modyfikacji powierzchni w zależności od jakości powierzchni nanomateriału	P76
Badania właściwości magnetycznych	Badania magnetycznych właściwości nanostruktur metalicznych	P77
	Badania magnetycznych właściwości ultracienkich warstw metalicznych pojedynczych i wielokrotnych	P78
	Badania magnetycznych właściwości ultracienkich warstw pod działaniem wzbudzenia zewnętrznego	P79
	Badania właściwości nanocząstek magnetycznych jako potencjalnych komponentów bio i nanokompozytów	P80
Badania innych właściwości nanomateriałów	Badania właściwości elektrycznych nanostruktur	P81
	Badania właściwości nanomateriałów jedno-, dwu- i trójwymiarowych	P82
	Badania innych właściwości nanostruktur	P83

Źródło: opracowanie własne.

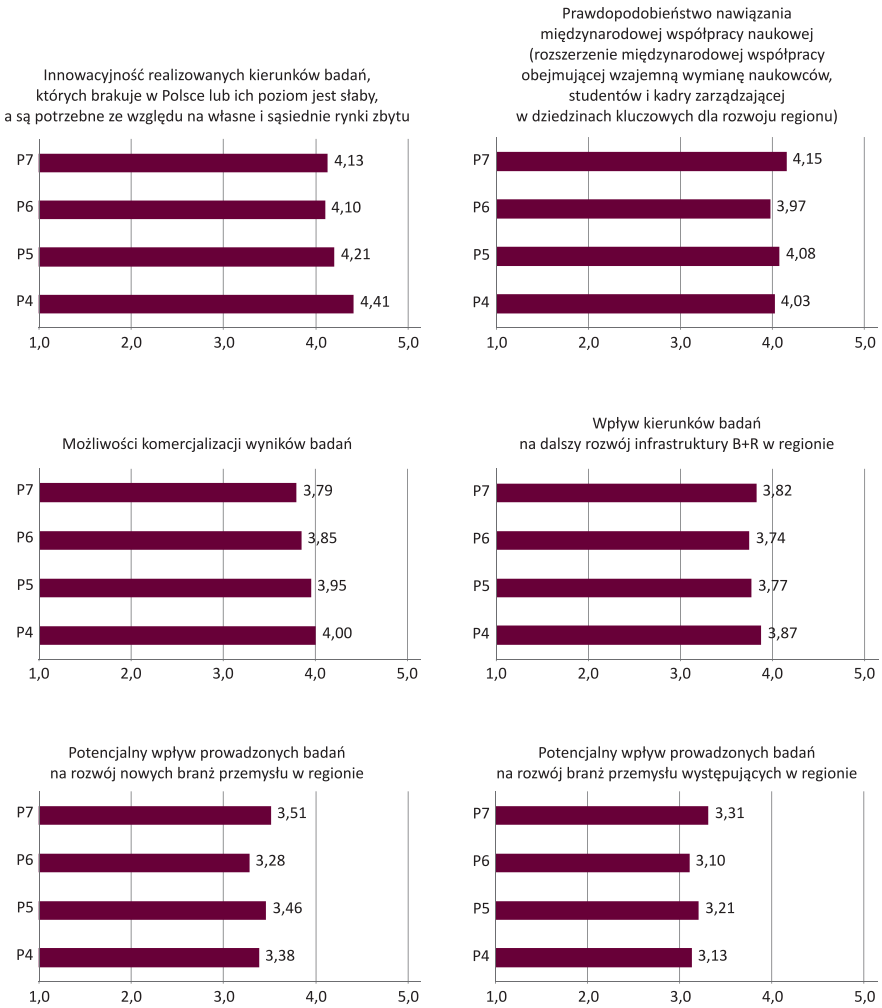
badań, jak i ich wpływu na rozwój nowych lub istniejących branż przemysłu można wydzielić grupę kierunków badań podstawowych ocenionych najniżej (średnia na poziomie niskim bądź przeciętnym) w aspekcie tych trzech kryteriów atrakcyjności. Były to głównie kierunki z kategorii *badania nanomateriałów* oraz *badania struktury nanomateriałów*.

Tab. 5.5. Zestawienie kierunków badań podstawowych z obszaru PRZEMYSŁ MASZYNOWY

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Rozwój technologii urządzeń do wytwarzania nanomateriałów i nanostruktur	Badania nad nanorobotami i ich zastosowaniem dla medycyny	P84
	Metody nanoenkapsulacji	P85
	Urządzenia do wytwarzania nanomateriałów	P86
	Urządzenia i technologie wytwarzania nanostruktur	P87

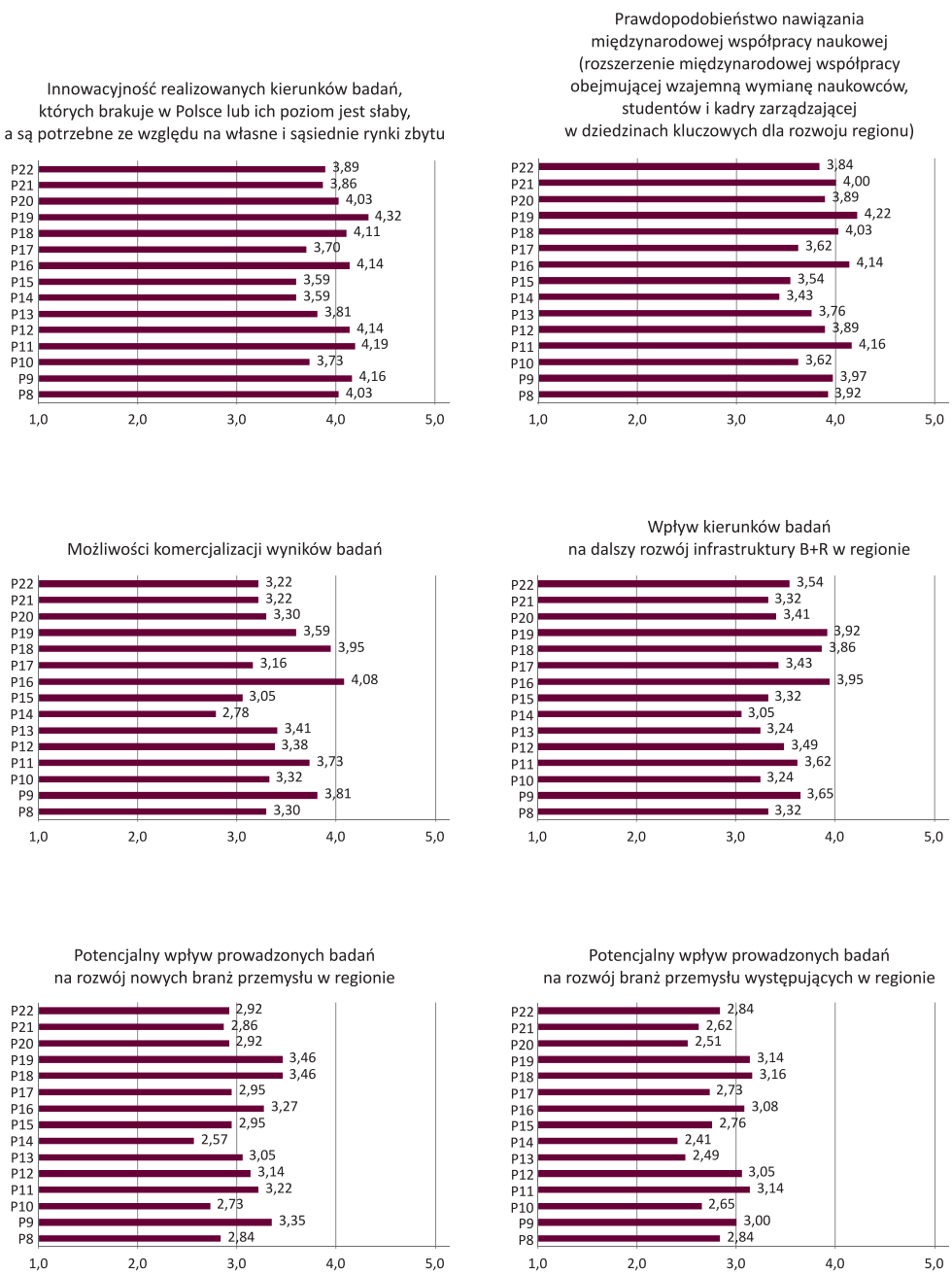
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 5.5. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nanomedycyna w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności



Źródło: opracowanie własne.

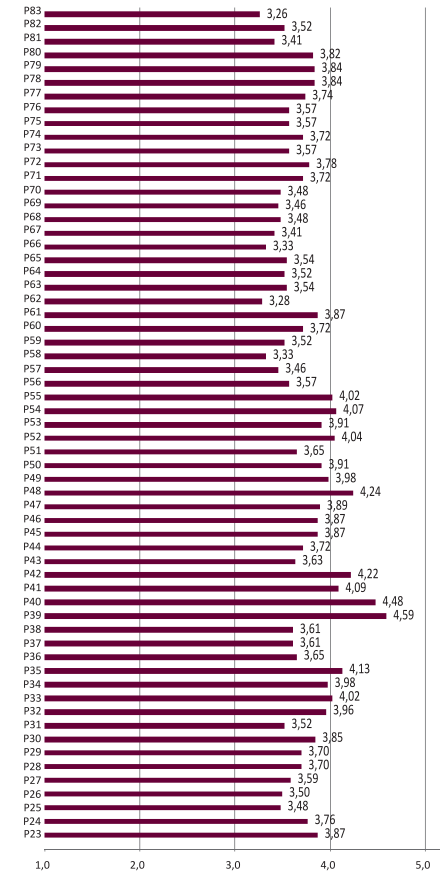
Rys. 5.6. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru biotechnologia w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności



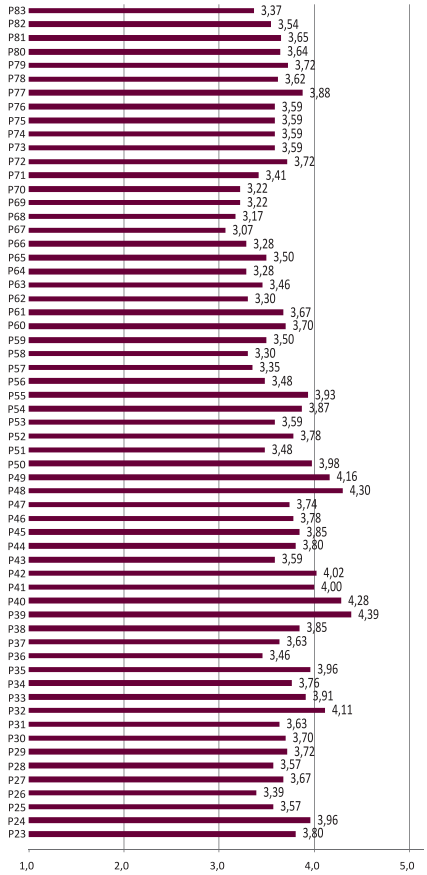
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 5.7a. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nanomateriały w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności

Innowacyjność realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu

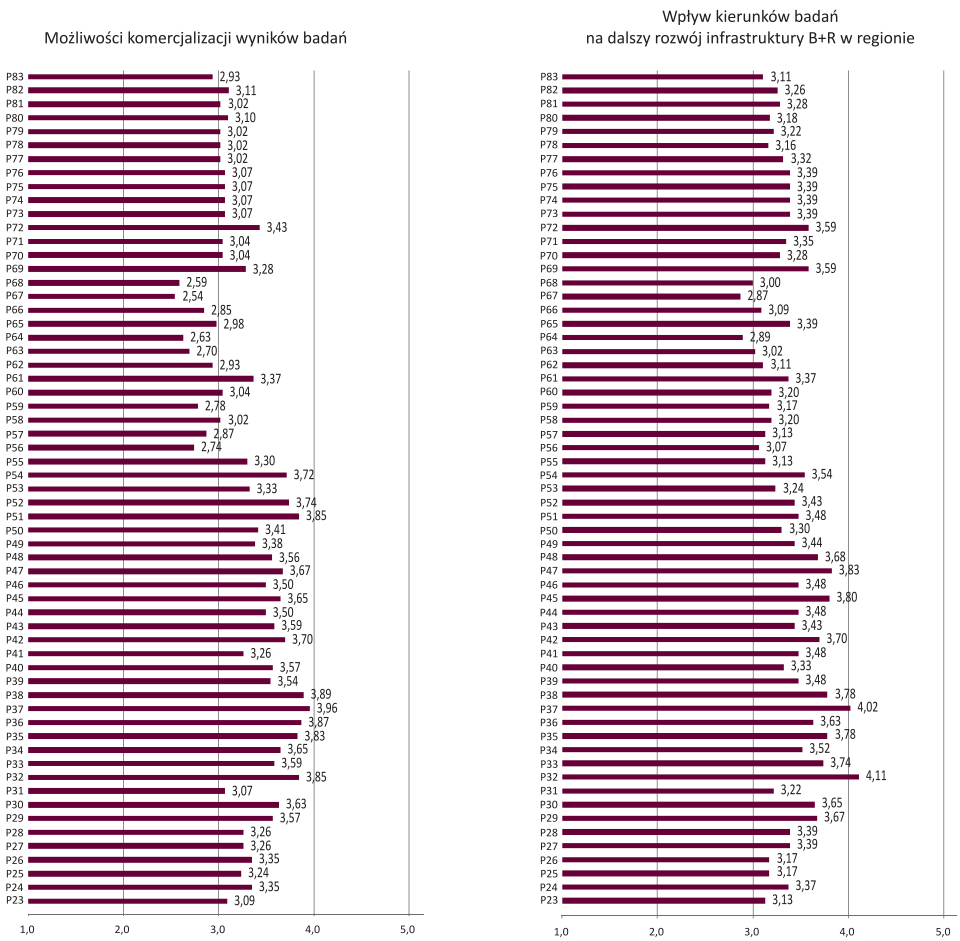


Prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej (rozszerzenie międzynarodowej współpracy obejmującej wzajemną wymianę naukowców, studentów i kadry zarządzającej w dziedzinach kluczowych dla rozwoju regionu)



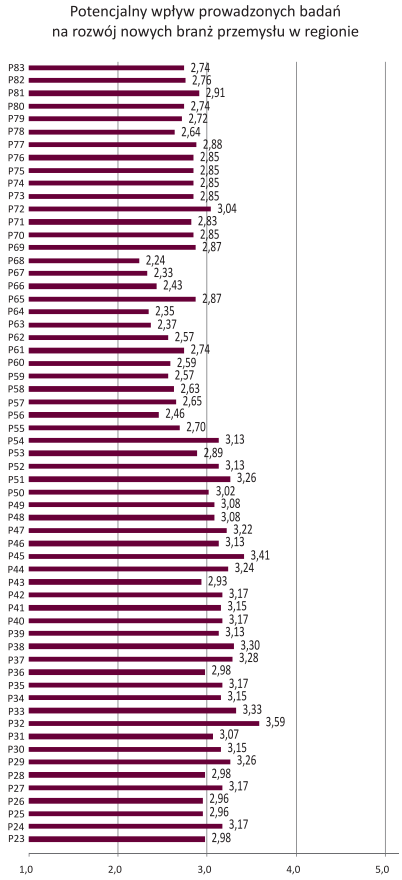
Źródło: opracowanie własne.

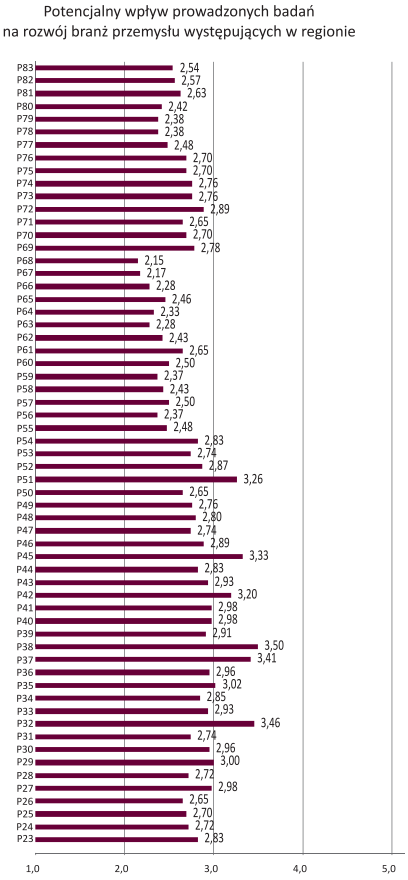
Rys. 5.7b. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nanomateriały w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności



Źródło: opracowanie własne.

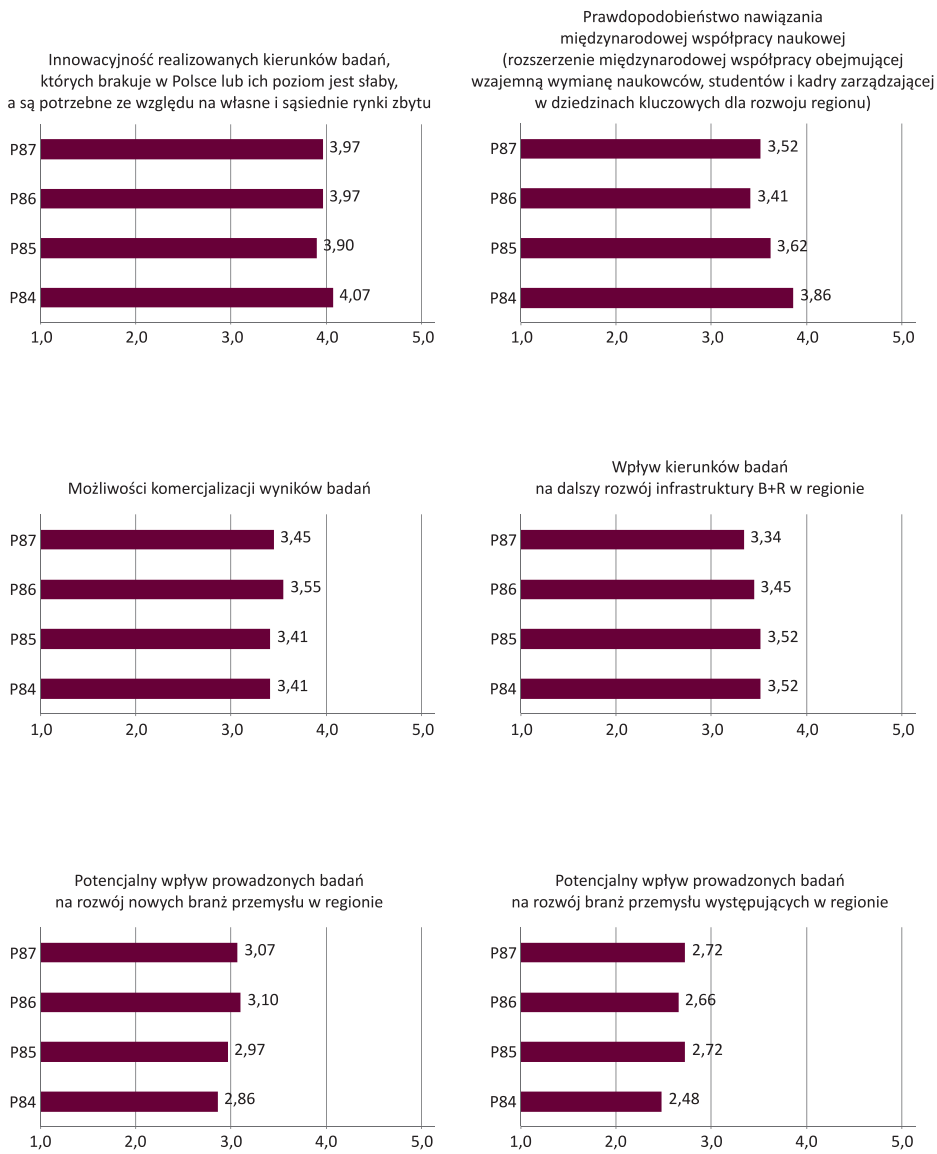
Rys. 5.7c. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nanomateriały w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności





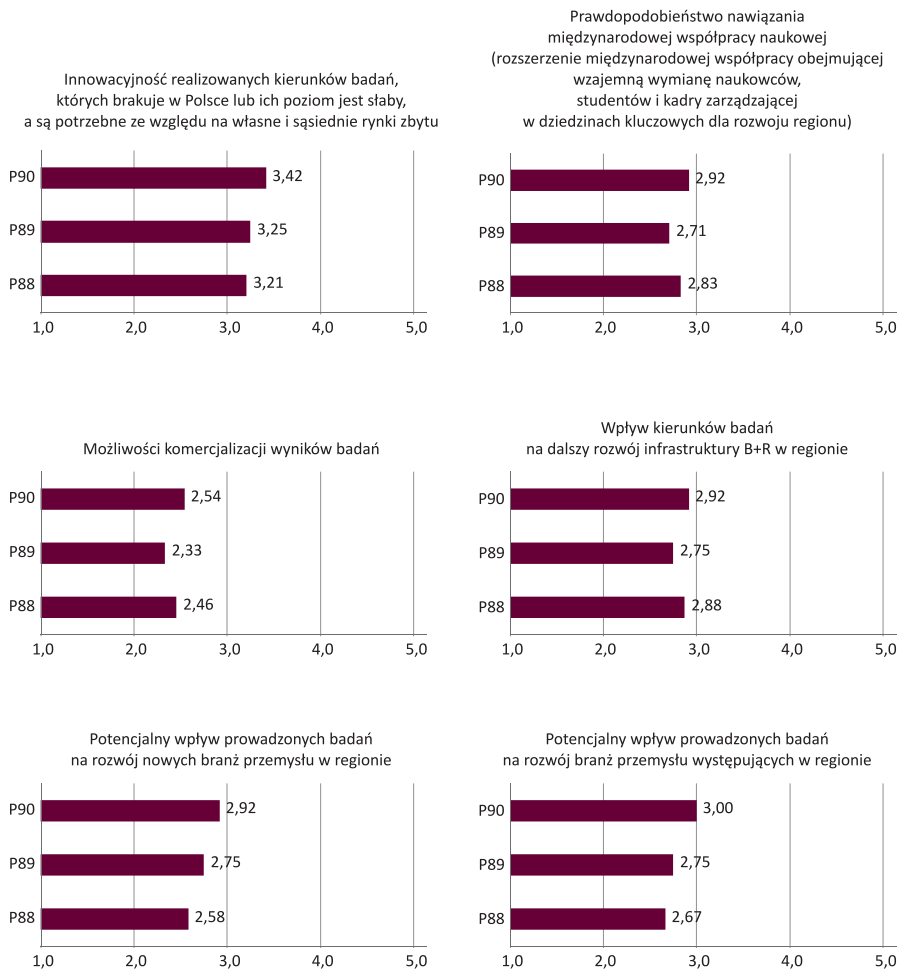
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 5.8. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru przemysłu maszynowego w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 5.9. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nauk społecznych w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności



Źródło: opracowanie własne.

Tab. 5.6. Zestawienie kierunków badań podstawowych z obszaru NAUKI SPOŁECZNE

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Zmiana nastawienia społeczeństwa do nanotechnologii jako dźwigni rozwoju	Przyczyny małego uznania zaawansowanych technologii jako dźwigni rozwoju	P88
	Przyczyny małego zainteresowania naukami ścisłymi i metody przeciwdziałania	P89
	Przyczyny niedostatecznej współpracy biznesu i naukowców	P90

Źródło: opracowanie własne.

Ostatnim obszarem, jaki został wyodrębniony podczas prac panelu był obszar oceniony najniżej w kontekście prawie wszystkich kryteriów atrakcyjności na tle pozostałych obszarów – *nauki społeczne*. Obszar ten objął trzy kierunki badań (tab. 5.6). Zostały one ocenione najniżej w aspekcie możliwości skomercjalizowania ich wyników, ocena ekspercka uplasowała się na poziomie niskim w wypadku każdego z kierunków. Z kolei najwyżej, w porównaniu z innymi kryteriami, kierunki oceniono przy uwzględnieniu kryterium innowacyjności (średnia z przedziału 3,21-3,42). Oceny w obrębie poszczególnych kryteriów były zbliżone (rys. 5.9).

Przedstawione analizy poszczególnych kryteriów atrakcyjności wskazują, że najwyższe średnie ocen przypisane zostały dla kryterium *innowacyjność realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu*. Wysoko oceniono również *prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej (rozszerzenie międzynarodowej współpracy obejmującej wzajemną wymianę naukowców, studentów i kadry zarządzającej w dziedzinach kluczowych dla rozwoju regionu)*, co może mieć związek ze wschodnim położeniem regionu. Najniższe średnie oceny zostały przypisane dla dwóch ostatnich kryteriów atrakcyjności podstawowych kierunków badań: *potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie* i *potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie*.

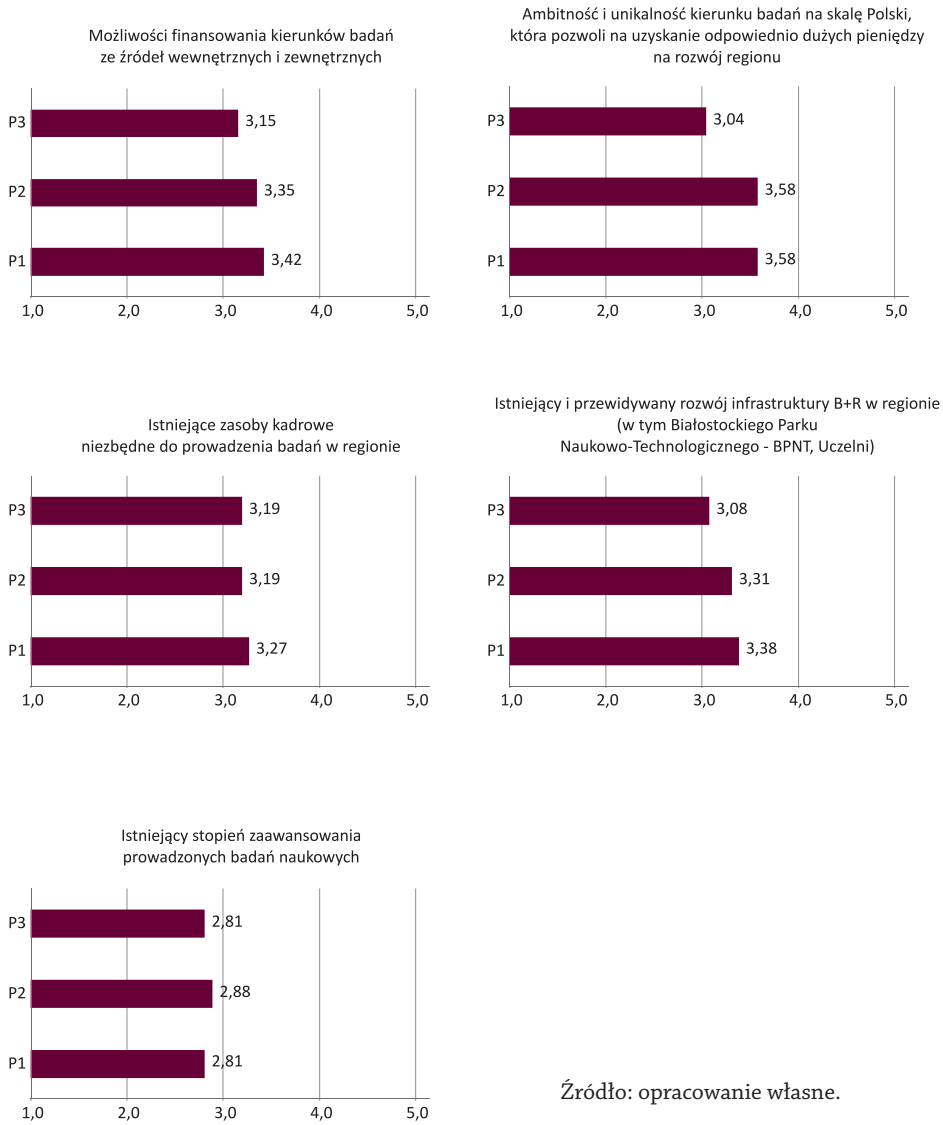
5.3. Ocena poszczególnych kierunków badań podstawowych pod względem kryteriów wykonalności

Kierunki badań podstawowych zebrane podczas prac panelu równocześnie z analizą dotyczącą atrakcyjności zostały poddane ocenie uwzględniającej ich wykonalność. Noty eksperckie zostały poddane, jak w przypadku kryteriów atrakcyjności, ważeniu poziomem wiedzy deklarowanym przez ekspertów. Uzyskane wyniki pozwoliły na ocenę wykonalności kierunków badań podstawowych w aspekcie pięciu kryteriów: *możliwości finansowania kierunków badan ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych*; *ambitności i unikalności kierunku badań na skalę Polski, która pozwoli na uzyskanie odpowiednio dużych pieniędzy na rozwój regionu*; *istniejących zasobów kadrowych niezbędnych do prowadzenia badań w regionie*; *istniejącego i przewidywanego rozwoju infrastruktury B+R w regionie (w tym Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego, uczelni)* oraz *istniejącego stopnia zaawansowania prowadzonych badań naukowych*.

Pierwszym analizowanym obszarem były kierunki badań przypisane do obszaru *przemysł drzewny*. Znalazły się tu trzy kierunki zebrane w jednej kategorii (tab. 5.1). Kierunki te zostały ocenione pod względem wybranych kryteriów wykonalności w większości na poziomie przeciętnym (rys. 5.10), wyjątek stanowiło kryterium *atrakcyjności i unikalności kierunku badań* o nieznacznie wyższych notach dla kierunków *nanoceluloza jako nanomateriał* (P1) i *drewno jako nanomateriał* (P2) (obie średnie na poziomie 3,58). Pomiędzy kierunkami nie było również znaczących różnic, co nie pozwala na wyłonienie kierunku o jednoznacznie przodującym poziomie wykonalności w tym obszarze.

Drugi z wyróżnionych obszarów, obejmujący cztery kierunki w trzech kategoriach, to obszar *nanomedycyny* (tab. 5.2). Tu również finalne noty były zbliżone do siebie w obrębie kryterium, choć na poziomie wyższym niż w poprzedzającej grupie kierunków (rys. 5.11). Najwyżej oceniono tu kierunki pod względem możliwości ich finansowania. Kierunkiem uzyskującym w każdym z kryteriów wyższą od pozostałych bądź najwyższą ocenę w obrębie obszaru zastosowań był kierunek *opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej* (P7).

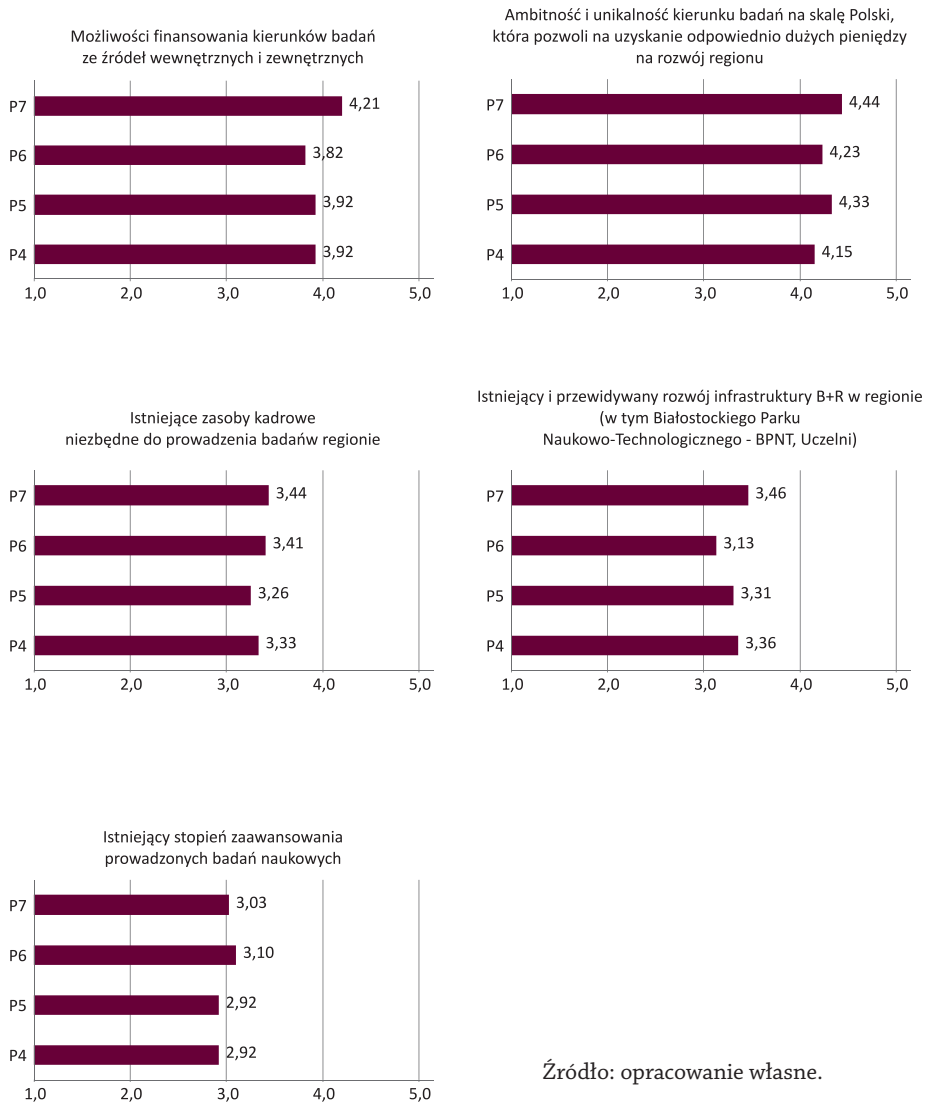
Rys. 5.10. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru przemysłu drzewnego w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

Kolejny obszar zastosowań badań podstawowych stanowiła *biotechnologia* (tab. 5.3). Wśród piętnastu zebranych w tym obszarze kierunków oceny eksperckie były dość zróżnicowane pod względem różnych kryteriów (rys. 5.12). W aspekcie możliwości finansowania eksperci za kierunki o wysokim poziomie wykonalności uznali *badania nad toksycznością nanomateriałów i nanocząstek* (P17) oraz *badania nad mechanizmami wnikania i przemieszczania się nanocząstek w żywych organizmach* (P20) (w obu przypadkach średnia 3,97). Jednak kolejne kierunki, jakie uplasowały się w tym zestawieniu nie uzyskały znacznie niższych ocen. Najniżej w tym kontekście oceniono *przewodnictwo granic międzyfazowych i granic ziarn* (P14) oraz *fizyczne cechy powierzchni* (P15) (średnie odpowiednio 3,26 i 3,20). Oba te kierunki były jednymi z ocenianych najniżej zarówno w tym jak i pozostałych kryteriach

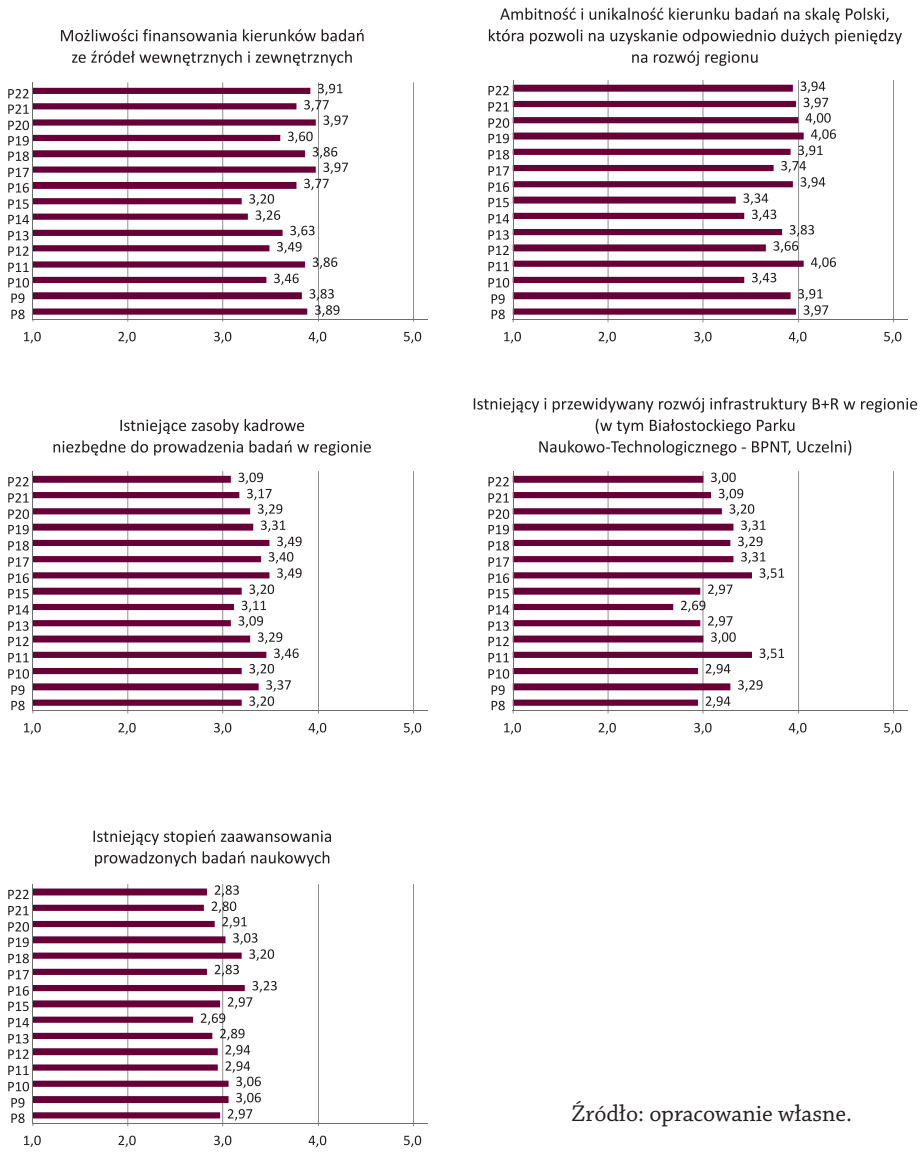
Rys. 5.11. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nanomedycyny w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

wykonalności. Analizując kryterium *ambitności i unikatowości kierunku badań w skali kraju* eksperci wskazali kilka kierunków o zbliżonej, wysokiej wykonalności. Były to kierunki oznaczone symbolami P8, P9, P11, P16, P18, P19, P20, P21 i P22 (średnia z zakresu 3,91-4,06). Kolejne z analizowanych kryteriów dotyczące *istniejących w regionie niezbędnych zasobów kadrowych* wskazało na rozwój kierunków *monitorowanie i ochrona biosystemów z wykorzystaniem nanotechnologii* (P11), *badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko* (P16) oraz *nanotechnologie antybakteryjne* (P18). W wypadku dwóch ostatnich kryteriów, pomimo ogólnej oceny wykonalności wszystkich kierunków na poziomie przeciętnym, można było wskazać po dwa kierunki, jakie odbiegały uzyskaną średnią od ocen pozostałych. W aspekcie *istniejącego i przewi-*

Rys. 5.12. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru biotechnologie w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

dywanego rozwoju infrastruktury B+R wskazano na *monitorowanie i ochrona biosystemów z wykorzystaniem nanotechnologii* (P11) oraz *badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko* (P16). Z kolei uwzględniając istniejący stopień zaawansowania prowadzonych badań ponownie był to kierunek oznaczony jako P16 oraz *nanotechnologie antybakteryjne* (P18).

Obszarem obejmującym najliczniejszą grupę zidentyfikowanych kierunków badań były *nanomateriały* (tab. 5.4). Zestawienia dotyczące ich poziomu wykonalności zostały zaprezentowane graficznie na rys. 5.13. Analizując przedstawione wykresy można zauważyć, że w kontekście *istniejącego i przewidywanego rozwoju infrastruktury B+R* w regionie najwyżej spośród kierunków badań w tym obszarze oceniono *środki antyseptyczne, implanty z inteli-*

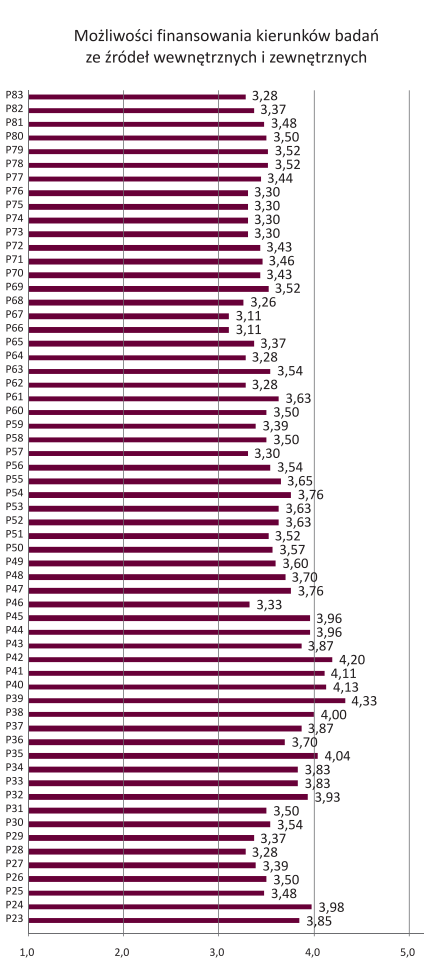
gentnych materiałów (P35) oraz *czujniki optoelektroniczne* (P43). Jednak najwyższe, uzyskane w tym kryterium oceny ukształtowały się odpowiednio na poziomie 3,51 oraz 3,58, co świadczy o przekroczeniu przeciętnego poziomu wykonalności. Najniżej oceniono tu kierunek *tworzenie materiałów z wykorzystaniem metod ultrawysokiej próżni* (P25) – średnia na poziomie 2,8. Również ten kierunek pozostał najniżej ocenionym w aspekcie *istniejącego stopnia zaawansowania prowadzonych badań naukowych*. Z kolei kierunkami, które posiadają najwyższy w obszarze stopień wykonalności, osiągający średnią na poziomie 3,5 bądź nieznacznie wyższym, były *ultracienkie warstwy magnetyczne* (P48), *badania magnetycznych właściwości ultracienkich warstw pod działaniem wzbudzenia zewnętrznego* (P79), *badania właściwości elektrycznych nanostruktur* (P81) oraz *badania właściwości nanomateriałów jedno-, dwu- i trójwymiarowych* (P82). Przyglądając się wykonalności analizowanego obszaru w kolejnych trzech kryteriach wykonalności można było zauważyć, że kierunek *grafen* (P39) był jednym z kierunków najwyżej ocenionych przy uwzględnieniu kryteriów *ambitności i unikalności kierunku badań na skale Polski oraz możliwości jego finansowania*. Interesującym jest, że oceny eksperckie wskazały również na kierunek ten jako cechujący się najniższą w obszarze wykonalnością przy uwzględnieniu kryterium *istniejących zasobów kadrowych niezbędnych do prowadzenia badań w regionie*. Analizując średnie noty w aspekcie możliwości finansowania kierunku, można stwierdzić, że w kryterium tym wyszczególnione kierunki oceniono na wysokim poziomie. Najwyższe oceny ukształtowały się na poziomie 4,0, bądź wyżej, zaś spośród nich najwyższe noty uzyskały kierunki: wymieniany już kierunek oznaczony jako *P39* oraz *środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów* (P35), *nanomateriały wzmacniające konstrukcje budowlane* (P38), *nanorurki węgla* (P40), *nanostruktury półprzewodnikowe* (P41) i *nanocząstki i nanodruty metalowe* (P42). Przyglądając się zestawieniu dotyczącemu *ambitności i unikalności kierunków badań* można zauważyć ogólnie nieco wyższe oceny niż w pozostałych kryteriach. Najwyższą średnią (na poziomie około 4,3) miały tu *tworzenie i charakteryzacja strukturalna nanomateriałów (nanocząstek, nanodrutów, nanoobiektów, materiałów hybrydowych, nanokompozytów)* (P24), *środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów* (P35) oraz *kompozytowe nanomateriały do detekcji skażenia środowiska, wykrywania materiałów niebezpiecznych* (P45). Najniżej, z ważoną średnią 3,11, oceniono tu cztery kierunki oznaczone jako P73, P74, P75 oraz P76 należące do kategorii badania powierzchni nanomateriałów. W ramach ostatniego z rozważanych kryteriów – *istniejące zasoby kadrowe niezbędne do prowadzenia badań w regionie* – kierunki oceniono na przeciętnym bądź niewiele go przekraczającym poziomie wykonalności. Kierunkami ocenionymi najwyżej były: *nanopowłoki* (P32), *nanoustrukturyzowane polimery i nanokompozyty polimerowe* (P52), *charakterystyki tribologiczne* (P58) i *badania właściwości elektrycznych nanostruktur* (P81).

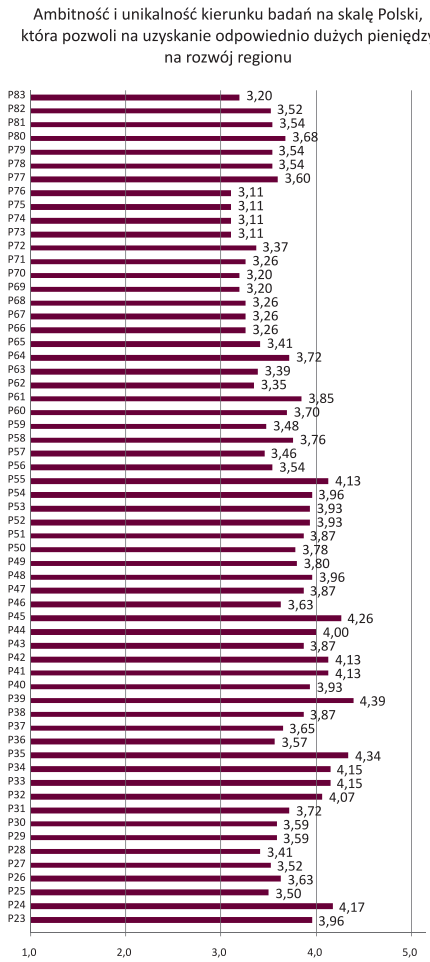
Następny z obszarów badań podstawowych – *przemysł maszynowy* – został oceniony na wysokim poziomie wykonalności w aspekcie zarówno możliwości finansowania zidentyfikowanych tu kierunków badań, jak i ich ambitności i unikalności w skali kraju (tab. 5.5, rys. 5.14). W pozostałych kryteriach oceny ukształtowały się na przeciętnym poziomie wykonalności. W przypadku czterech wyróżnionych tu kierunków badań średnie noty uzyskane z odpowiedzi ekspertów wskazały na małe zróżnicowanie w obrębie poszczególnych kryteriów. Interesującym może być tu przypadek kierunku *metod nanoenkapsulacji* (P85), który uzyskując najniższą średnią w aspekcie *istniejących zasobów kadrowych* został oceniony najwyżej pod względem *istniejącego stopnia zaawansowania prowadzonych badań* na tle pozostałych kierunków z tej grupy.

Ostatnim obszarem analizowanych kierunków badań podstawowych były *nauki społeczne* (tab. 5.6). Trzy wyszczególnione w obrębie tego obszaru kierunki badań podstawowych uzyskały przeciętne noty w każdym z analizowanych kryteriów wykonalności. Najwyżej ocenionym w tym kontekście był kierunek *przyczyny niedostatecznej współpracy biznesu i naukowców* (P90), choć jak wspomniano wszystkie oceny eksperckie były zbliżone i nie jest możliwym wyłonienie wyraźnie przodującego pod względem wykonalności kierunku w obszarze *nauk społecznych*. Interesujące może być to, że w wypadku kryteriów *niezbędnych, istniejących zasobów kadrowych w regionie* każdy z kierunków uzyskał taką samą notę (średnia ważona 3,33).

Analizy wykonalności poszczególnych kierunków badań wskazują, że najwyższe oceny

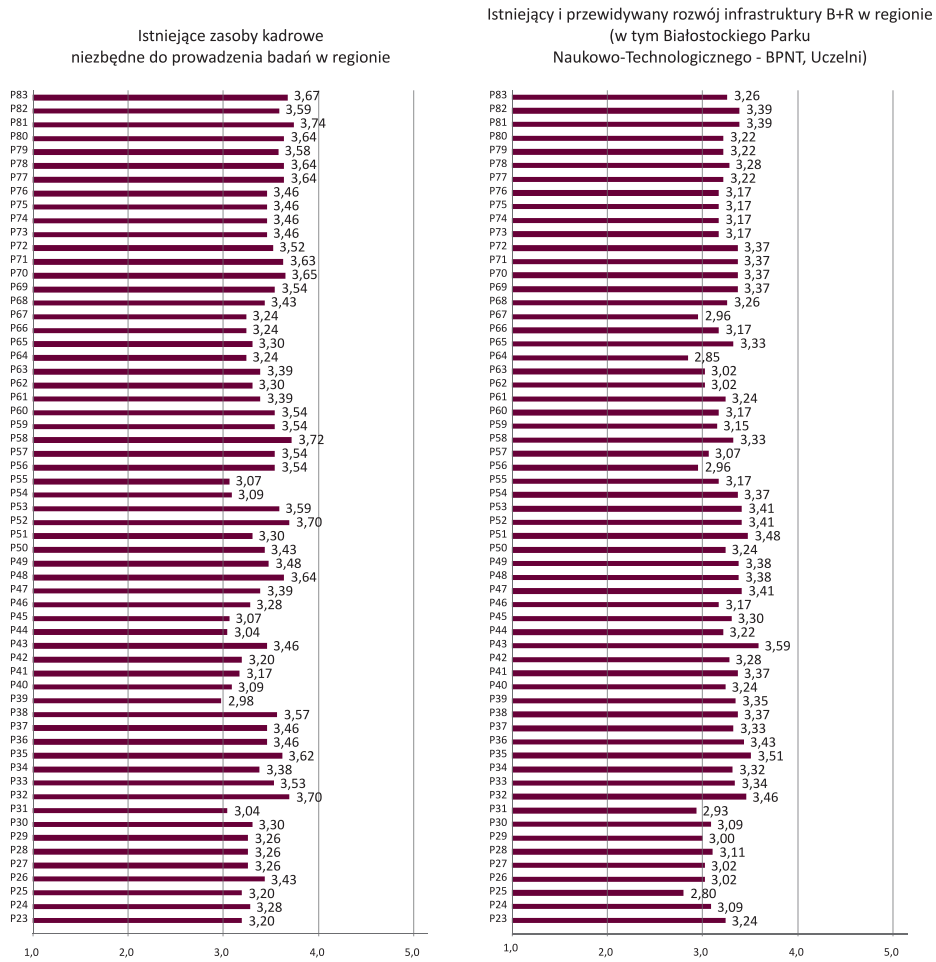
Rys. 5.13a. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nanomateriałów w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności





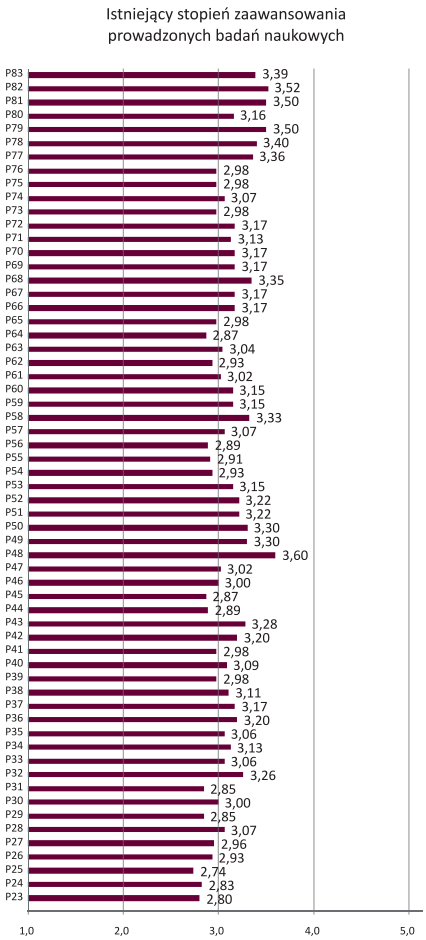
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 5.13b. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nanomateriałów w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



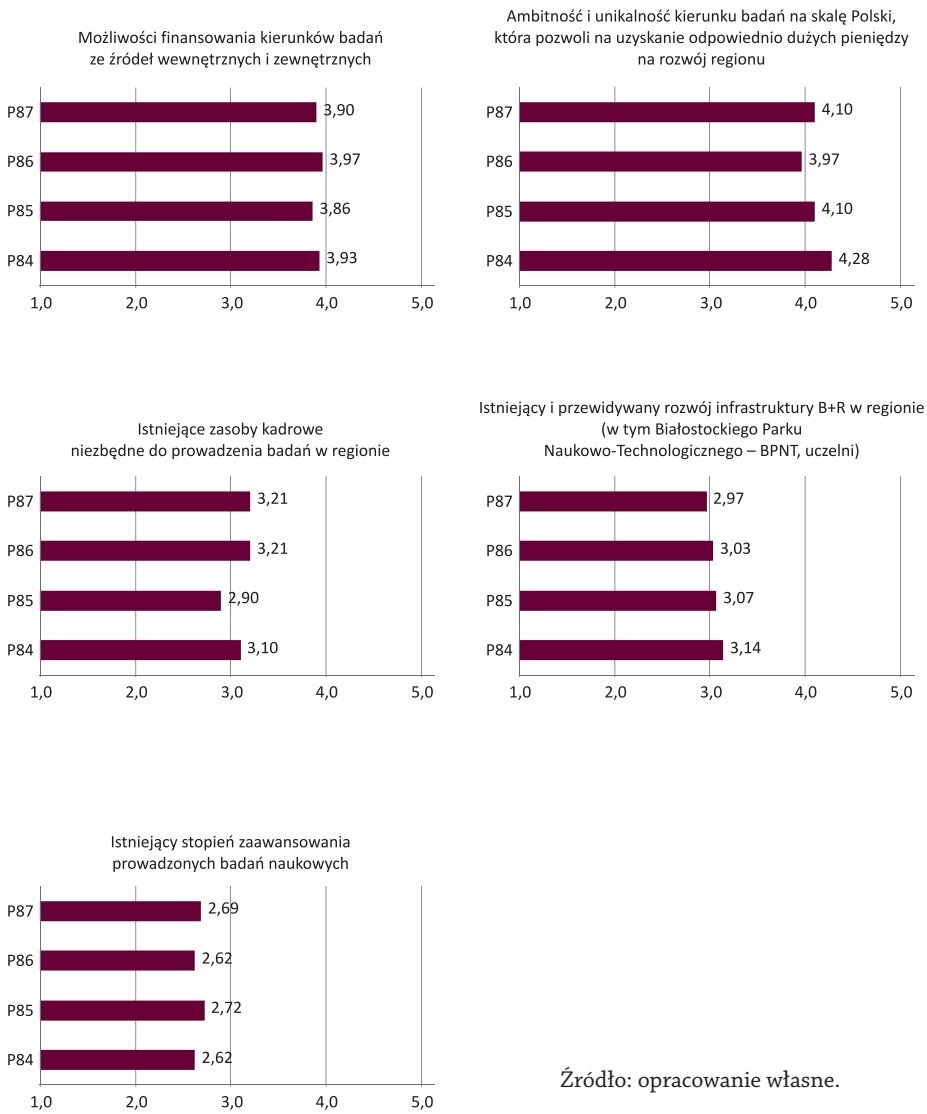
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 5.13c. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nanomateriałów w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



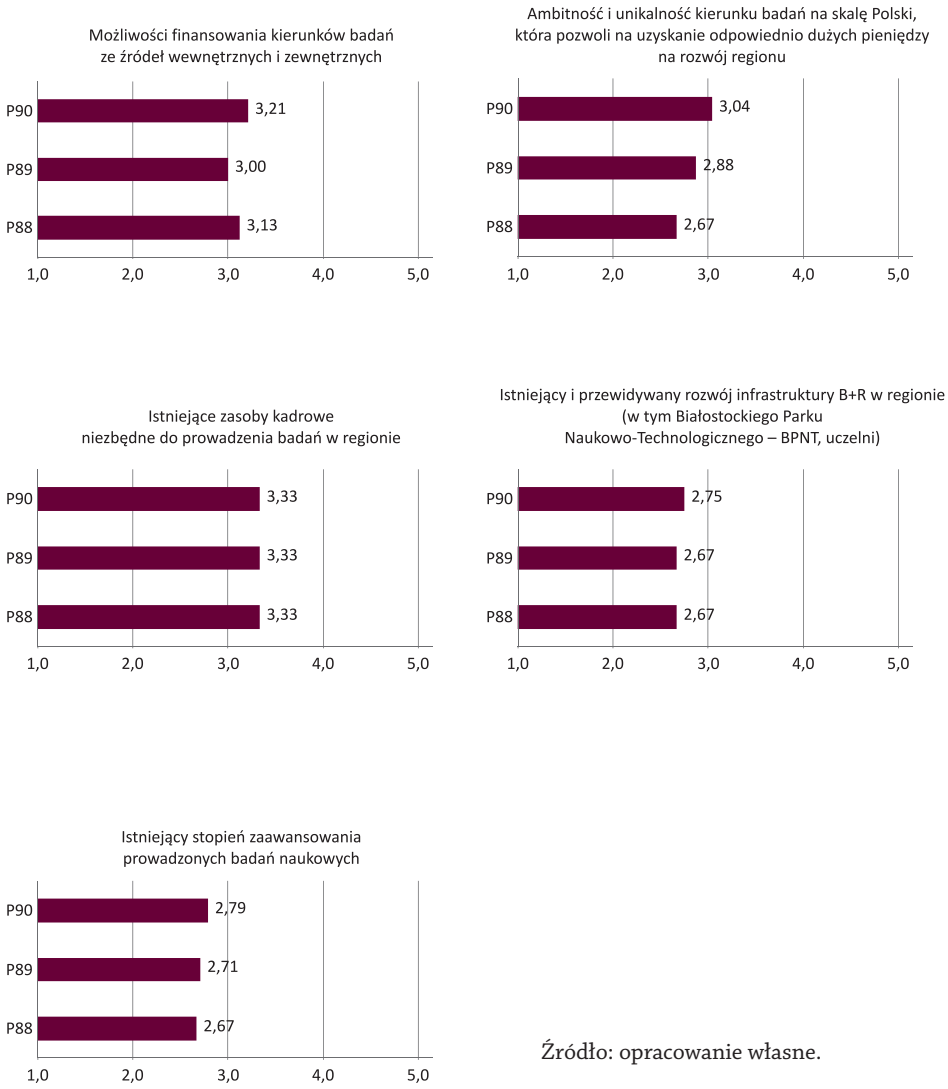
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 5.14. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru przemysł maszynowy w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 5.15. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nauki społeczne w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

zostały przypisane dla kryterium *ambitność i unikalność kierunku badań na skalę Polski, która pozwoli na uzyskanie odpowiednio dużych pieniędzy na rozwój regionu*. Wskazywano również na wysoką wykonalność w zakresie *możliwości finansowania kierunków badań ze* źródeł *wewnętrznych i zewnętrznych*. Najniżej średnio oceniono *istniejący stopień zaawansowania prowadzonych badań naukowych*. Nisko, chodź nie tak nisko jak poprzedni, oceniono *istniejący i przewidywany rozwój infrastruktury B+R w regionie (w tym Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego, uczelni)*.

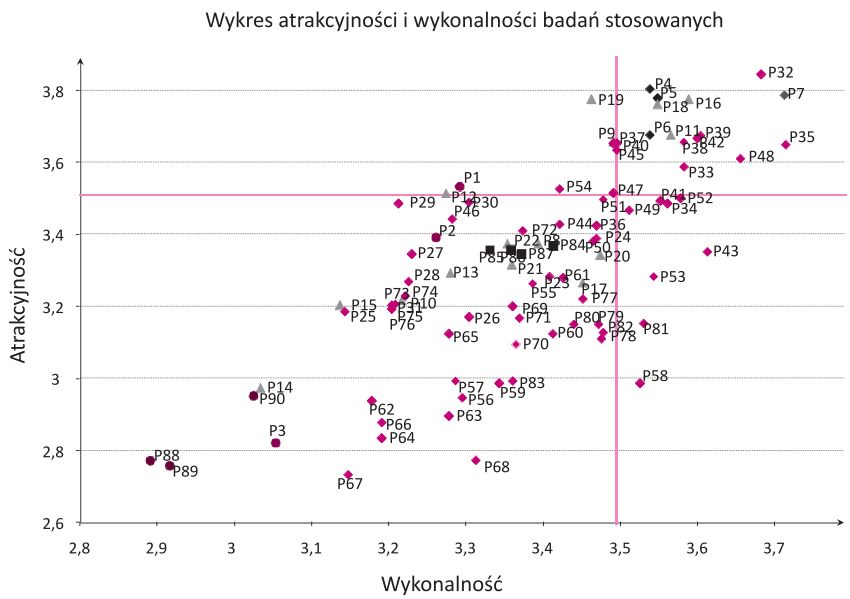
5.4. Interpretacja graficznego odwzorowania kierunków badań podstawowych w układzie współrzędnych atrakcyjność–wykonalność

Wykorzystując informacje odnośnie wykonalności i atrakcyjności wykonano wykres przedstawiający zależność kierunków pod względem ocen w obu kryteriach. Został on przedstawiony na rys. 5.16. Analizując przedstawiony wykres można zauważyć, że istnieje wyraźna zależność pomiędzy średnimi ocenami obu kryteriów (współczynnik korelacji r = 0,72). Oznacza to, że eksperci wysoko oceniając wybrany kierunek badań pod kątem atrakcyjności, również wysoko ocenili go pod kątem wykonalności.

Na wykresie przedstawionym na rys. 5.16 zaznaczone zostały również dwie linie obrazujące poziom kwartyla trzeciego ocen wykonanych przez ekspertów dla kryterium atrakcyjności (3,51) i wykonalności (3,50). W ten sposób podzielono płaszczyznę na cztery obszary, co umożliwiło wybranie z szerokiego zestawu kierunków badań podstawowych kilkunastu najwyżej ocenionych zarówno pod kątem ich atrakcyjności i wykonalności.

Na podstawie rys. 5.16 dokonano wyboru kluczowych kierunków badań podstawowych. Listę tych kierunków przedstawiono w tab. 5.7.

Rys. 5.16. Płaszczyzna kierunków badań podstawowych w układzie współrzędnych atrakcyjność-wykonalność



Źródło: opracowanie własne.

Tab. 5.7. Wykaz kluczowych kierunków badań podstawowych

Lp	Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań	Symbol
1	Nanomedycyna	Systemy diagnostyki oparte na nanocząstkach	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek do potrzeb diagnostyki medycznej	P4
2	Nanomedycyna	Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych	P5
3	Nanomedycyna	Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów	P6
4	Nanomedycyna	Nanomateriały do medycyny regeneracyjnej	Opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej	P7
5	Biotechnologia	Biologia	Monitorowanie i ochrona biosystemów z wykorzystaniem nanotechnologii	P11
6	Biotechnologia	Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	Badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko	P16
7	Biotechnologia	Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	Nanotechnologie antybakteryjne	P18
8	Nanomateriały	Modelowanie procesów otrzymywania nanomateriałów	Nanopowłoki	P32
9	Nanomateriały	Nanomateriały dla medycyny	Nanoustrukturyzowane biomateriały	P33
10	Nanomateriały	Nanomateriały dla medycyny	Środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów	P35
11	Nanomateriały	Nanomateriały dla budownictwa	Nanomateriały wprowadzające hydroizolacyjność materiałów budowlanych	P37
12	Nanomateriały	Nanomateriały dla budownictwa	Nanomateriały wzmacniające konstrukcje budowlane	P38
13	Nanomateriały	Nanomateriały dla elektroniki	Grafen	P39
14	Nanomateriały	Nanomateriały dla elektroniki	Nanorurki węgla	P40
15	Nanomateriały	Nanomateriały dla elektroniki	Nanocząstki i nanodruty metalowe	P42
16	Nanomateriały	Nanomateriały magnetyczne	Ultracienkie warstwy magnetyczne	P48

Źródło: opracowanie własne.

6. Wyniki eksperckiej oceny kandydujących kierunków badań w zakresie nauk stosowanych

6.1. Ocena obszarów zastosowań badań stosowanych pod względem atrakcyjności i wykonalności

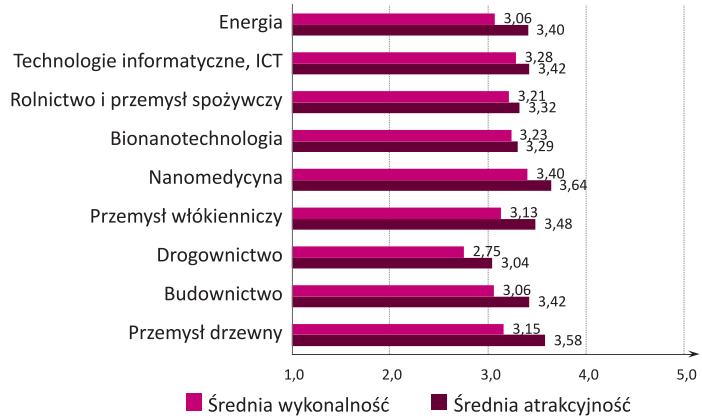
Prace panelu, poza wyodrębnieniem kierunków badań podstawowych, objęły również wskazanie kierunków badań stosowanych. Kandydujące kierunki badań stosowanych poddano ocenie przy uwzględnieniu dwóch grup kryteriów, obejmujących atrakcyjność oraz wykonalność. Analogicznie do oceny kierunków badań stosowanych, eksperci oceniali poszczególne kierunki w skali od 1 do 5, gdzie 1 oznaczało bardzo niski stopień atrakcyjności/wykonalności, a 5 – bardzo wysoki. Dodatkowo, podczas oceny eksperci wskazywali poziom posiadanej indywidualnej wiedzy w obrębie obszarów zastosowań poszczególnych kierunków badań. Ostateczną oceną danego kierunku była średnia z indywidualnych ocen ekspertów, ważona deklarowanym przez nich poziomem wiedzy.

Analizując uzyskane wyniki można zauważyć, że pod względem zarówno atrakcyjności, jak i wykonalności najwyżej oceniono kierunki badań stosowanych z obszaru *nanomedycyny*. Średnia atrakcyjność wyniosła tu 3,64, a wykonalność 3,40. *Nanomedycyna* to także grupa, jaką wyodrębniono w zakresie nauk podstawowych, gdzie również oceniono ją najwyżej pod względem obu grup kryteriów. W aspekcie atrakcyjności na poziomie przekraczającym przeciętną oceniono również obszar *przemysł drzewny* (średnia 3,58), jednak średnia wykonalność pozostała na poziomie 3,15, co było jednym z niższych wyników. Najniżej eksperci ocenili kierunki z obszaru *drogownictwo* (średnie ważone dla całego obszaru: atrakcyjność 3,04 oraz wykonalność 2,75). W przypadku pozostałych wyróżnionych obszarów: *energia*, *technologie informatyczne – ICT*, *rolnictwo i przemysł spożywczy*, *bionanotechnologia*, *przemysł włókienniczy* oraz *budownictwo*, eksperci wskazali na wyższą od wykonalności atrakcyjność. Każdy z pozostałych wymienionych obszarów oceniony został jako cechujący się przeciętna atrakcyjnością oraz wykonalnością. Graficznie układ średnich poszczególnych obszarów zaprezentowano na rys. 6.1.

Analizując eksperckie oceny kierunków badań stosowanych skupiono się na poszczególnych wybranych kryteriach atrakcyjności (rys. 6.2) i wykonalności (rys. 6.3).

W wypadku pierwszego kryterium – *innowacyjność realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu* najwyżej oceniono obszar *nanomedycyny* (średnia 3,95) oraz *technologie informatyczne, ICT* (średnia 3,82). Osiągnęły one wykonalność zbliżoną do wysokiej. Pozostałe obszary, poza *drogownictwem*, oceniono na podobnym do siebie, przekraczającym przeciętną, poziomie (średnie około 3,6). Najniżej oceniono tu właśnie *drogownictwo*, które uzyskało średnią 3,15. Następnie obszary oceniono w aspekcie kolejnego kryterium – *prawdopodobieństwa nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej (rozszerzenia międzynarodowej współpracy obejmującej wzajemną wymianę naukowców, studentów i kadry zarządzającej w dziedzinach kluczowych dla rozwoju regionu)*. Uzyskane noty pozwalają na wskazanie ponownie *nanomedycyny* (3,68) oraz *technologii informatycznych, ICT* (3,74) jako najwyżej ocenionych. Najniżej ponownie oceniono tu także *drogownictwo* (poniżej przeciętnej 2,86). W innym z kryteriów, *możliwości komercjalizacji wyników badań* wszystkie z obszarów oceniono na podobnym poziomie, choć spośród uzyskanych not najniżej wypadło *drogownictwo* (3,38), najwyżej *budownictwo* (3,78). W aspekcie *wpływu kierunków badań z danego obszaru na rozwój infrastruktury B+R w regionie* najwyższą notę,

Rys. 6.1. Średnia ważona ocena obszarów badań stosowanych

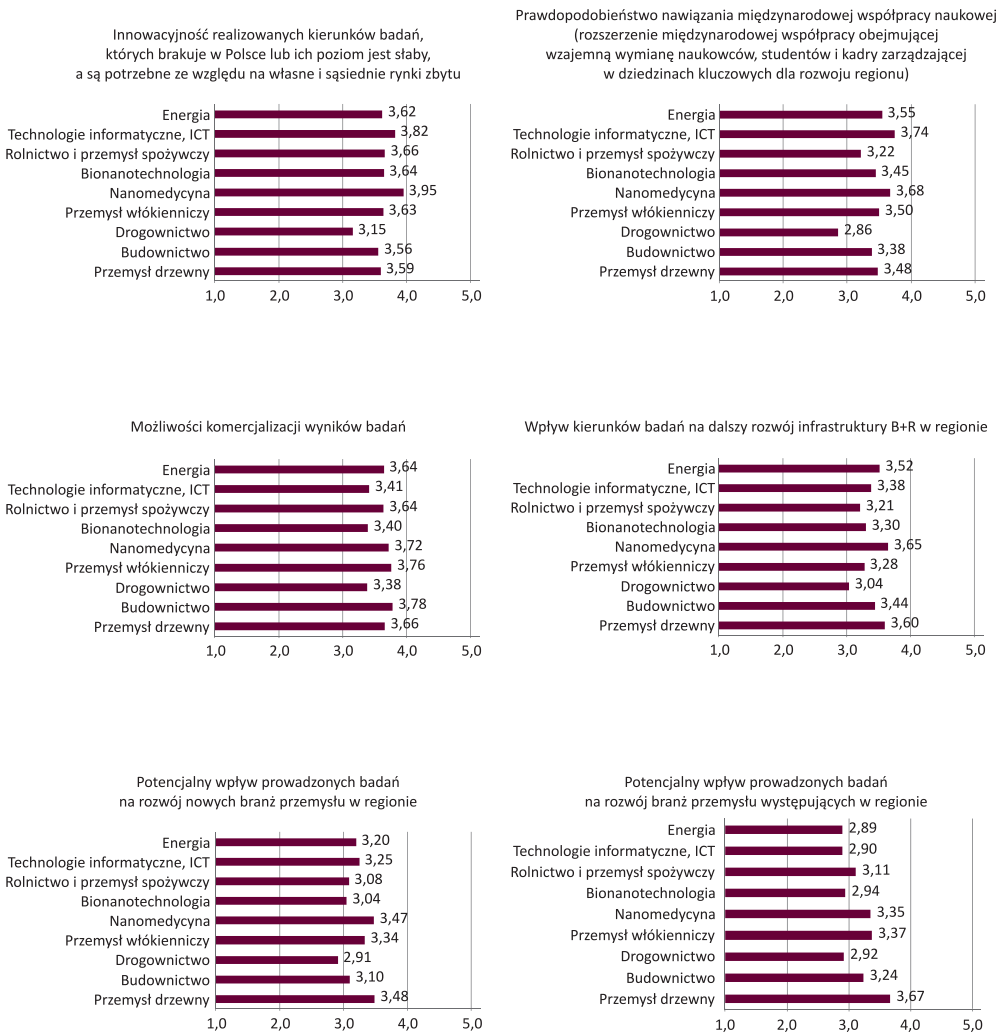


Źródło: opracowanie własne.

podobnie jak w pozostałych kryteriach, uzyskała *nanomedycyna* (3,65), z kolei najniższą ponownie *drogownictwo* (3,04). W kontekście *potencjalnego wpływu prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie* rozkład obszarów wedle uzyskanych średnich był znów podobny, ponownie najniżej ocenionym obszarem zostało *drogownictwo* (2,91), choć najwyżej oceniono tu poza obszarem *nanomedycyny* (3,47) również *przemysł drzewny* (3,48). Interesujące były średnie oceny uzyskane w kontekście ostatniego z kryteriów atrakcyjności – *potencjalnego wpływu prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie*. Najwyżej ocenionym był tu *przemysł drzewny* (3,67), którego średnia wskazywała na ponad przeciętną atrakcyjność, z kolei najniżej oceniono tu nie tylko *drogownictwo* (2,92), lecz także *energię* (2,89), *technologie informatyczne, ICT* (2,90) oraz *bionanotechnologię* (2,94), których oceny wskazały na nie przekraczający przeciętnej wpływ na rozwój istniejących już branż w regionie.

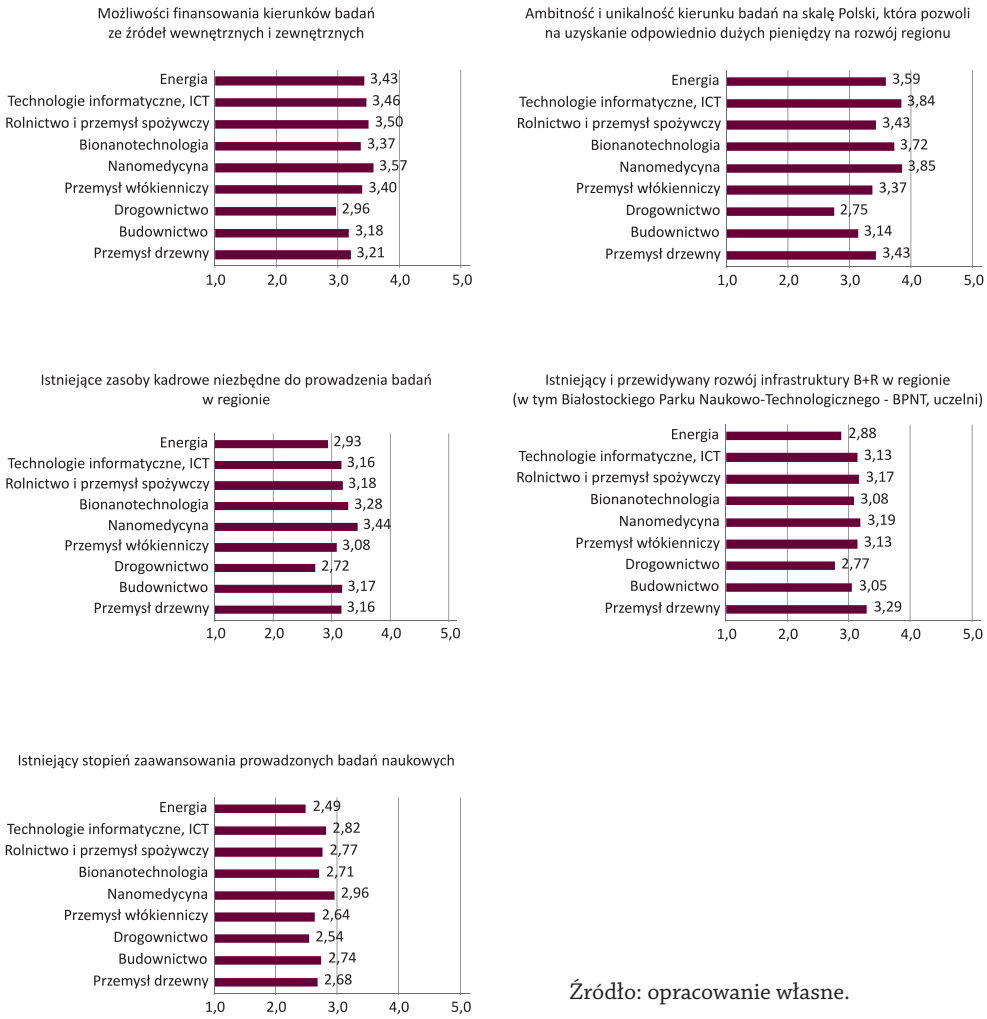
Biorąc pod uwagę grupę kryteriów wykonalności, można zauważyć, że w wypadku pierwszego z nich – *możliwość finansowania kierunków badań ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych* – rozkład obszarów pod względem uzyskanych średnich ocen był zbliżony do ocen atrakcyjności, poprzez wskazanie *nanomedycyny* (3,57) jako obszaru o najwyższej możliwości finansowania, a *drogownictwa* (2,96) jako tego o najniższej. W wypadku *ambitności i unikalności kierunków badań na skalę Polski, która pozwoli na uzyskanie odpowiednio dużych pieniędzy na rozwój regionu* najwyżej oceniono ponownie *nanomedycynę* (3,85), ale także *technologie informatyczne, ICT* (3,84), a najniżej *drogownictwo* (2,75). Analizując *istniejące zasoby kadrowe niezbędne do prowadzenia badań w regionie* można zauważyć, że eksperci wskazali na najwyższą wykonalność spośród ocenianych obszarów w przypadku *przemysłu drzewnego* (3,29), z kolei najniżej oceniono tu ponownie *drogownictwo* (2,77), ale także *energię* (2,88). W aspekcie dwóch ostatnich kryteriów: *istniejącego i przewidywanego rozwoju infrastruktury B+R w regionie* oraz *istniejącego stopnia zaawansowania prowadzonych w regionie badań* obszar *nanomedycyny* okazał się być tym o najwyższej wykonalności (średnie równe odpowiednio 3,44 i 2,96), a najniżej infrastrukturę B+R,

Rys. 6.2. Średnia ważona ocena obszarów badań stosowanych w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 6.3. Średnia ważona ocena obszarów badań stosowanych w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

perspektywy jej rozwoju oraz zaawansowanie prowadzonych badań oceniono w wypadku *drogownictwa* (2,72 i 2,54) oraz *energii* (2,93 i 2,49). Należy również zauważyć, że kryterium dotyczące obecnego stopnia zaawansowania prowadzonych badań w regionie zostało ocenione najniżej spośród wszystkich kryteriów w każdym z obszarów. Żaden z nich nie przekroczył tu poziomu przeciętnego (wszystkie średnie poniżej 3,0).

6.2. Ocena poszczególnych kierunków badań stosowanych z uwzględnieniem kryteriów atrakcyjności

Analizując kierunki badań stosowanych w dalszym etapie skupiono się na wyodrębnionych obszarach zastosowań pod względem kryterium atrakcyjności. Pierwszą analizowaną grupą kierunków badań stosowanych był *przemysł drzewny*. Kierunki badań, jakie zostały uwzględnione w obrębie tej grupy zestawiono w tab. 6.1.

Analizując kierunki badań w obszarze *przemysł drzewny* (rys. 6.4) można zauważyć, że dwa spośród wyszczególnionych tu kierunków uzyskiwały, bez względu na brane pod uwagę kryteria atrakcyjności, najwyższe noty w obrębie obszaru. Były to kierunki *badania właściwości nanokompozytów lignocelulozowych oraz nanocząstek celulozowych pod kątem zastosowań w przemyśle drzewnym i budownictwie* (S1) oraz *opracowanie wydajnych technologii produkcji wytrzymałych plastycznych kompozytów syntezowanych na bazie drewna* (S2). Obie stanowią grupę kierunków z kategorii *nanotechnologie wykorzystujące drewno jako surowiec*. Najniżej ocenianym kierunkiem spośród kierunków analizowanego obszaru w aspekcie *prawdopodobieństwa nawiązania współpracy naukowej na szczeblu międzynarodowym oraz potencjalnego wpływu prowadzonych badań na rozwój obecnie funkcjonujących w regionie branż przemysłu* był kierunek *nanokompozytowe farby, lakiery i powłoki zabezpieczające* (S6). W pozostałych kryteriach najniżej oceniono *nanotechnologie w narzędziach tnących* (S5). Wszystkie kierunki w tym obszarze uzyskiwały w różnych kryteriach mało zróżnicowane oceny, a średnie wahały się w przedziale od 3,28 do 3,90, wskazując na przeciętny bądź wysoki poziom atrakcyjności poszczególnych kierunków.

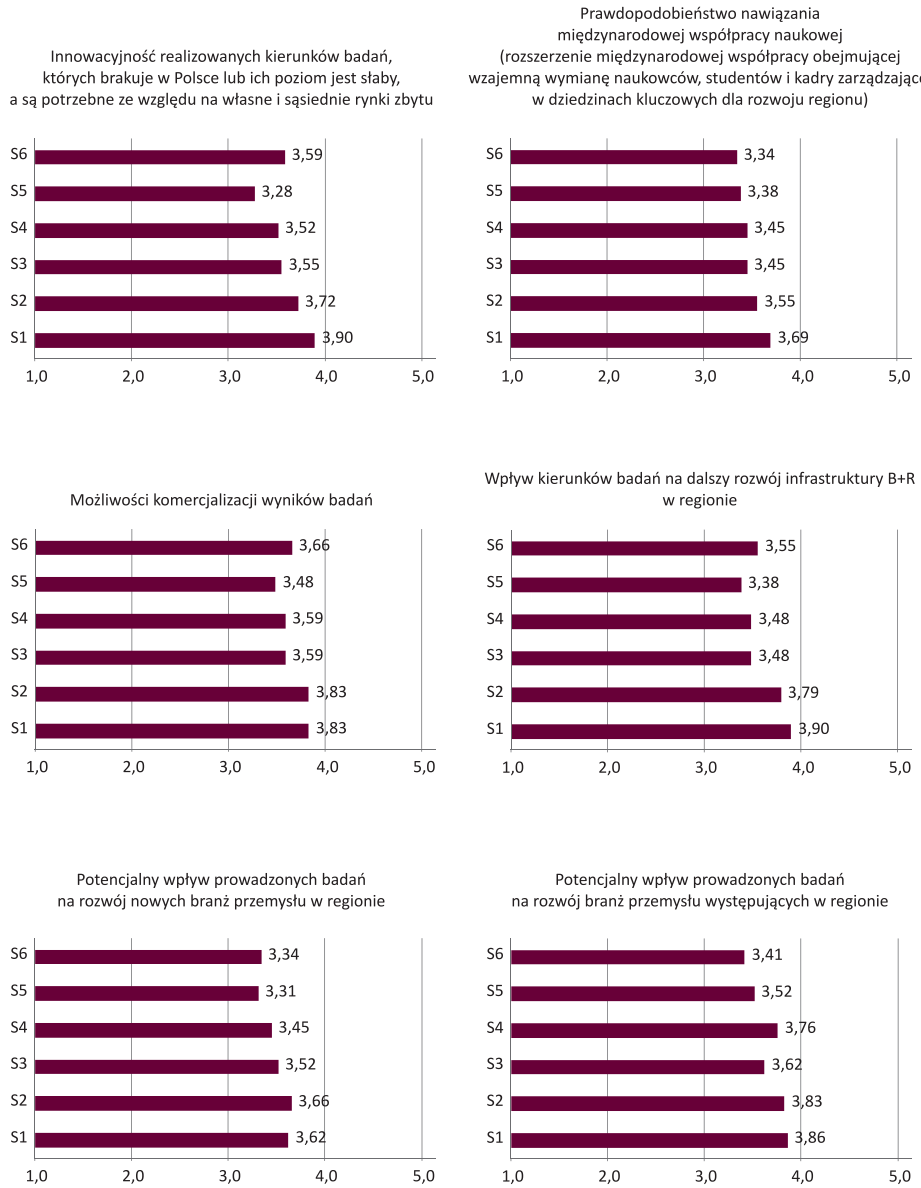
Kolejną analizowaną grupę stanowił obszar *budownictwo* obejmujący jedenaście kierunków badań zebranych w cztery kategorie (tab. 6.2). W wypadku dwóch pierwszych spośród rozważanych kryteriów, dotyczących *innowacyjności kierunków badań oraz prawdopodobieństwa nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej*, kierunki te tworzyły podobne zestawienie. W obu kryteriach najwyżej ocenionym były *inteligentne materiały zintegrowane z czujnikami* (S14), z kolei najniżej *materiały antygrzybicze* (S11) oraz *okna odbijające promieniowanie podczerwone* (S15). W kolejnym zestawieniu, porządkującym kierunki badań pod względem możliwości komercjalizacji ich wyników, najwyżej oceniono *materiały o zwiększonej izolacyjności cieplnej* (S17), które uzyskały średnią na poziomie przekraczającym wysoką

Tab. 6.1. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru PRZEMYSŁ DRZEWNY

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Nanotechnologie wykorzystujące drewno jako surowiec	Badania właściwości nanokompozytów lignocelulozowych oraz nanocząstek celulozowych pod kątem zastosowań w przemyśle drzewnym i budownictwie	S1
	Opracowanie wydajnych technologii produkcji wytrzymałych plastycznych kompozytów syntezowanych na bazie drewna	S2
Nanotechnologie w przetwórstwie drewna	Wytwarzanie materiałów do zastosowań jako składniki materiałów tekstylnych i papierniczych	S3
	Produkcja nanocząstek celulozowych dla szeregu zastosowań (na przykład do produkcji włókien tekstylnych)	S4
	Nanotechnologie w narzędziach tnących	S5
Nanotechnologie w ochronie drewna	Nanokompozytowe farby, lakiery i powłoki zabezpieczające	S6

Źródło: opracowanie własne.

Rys. 6.4. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru przemysł drzewny w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności



Źródło: opracowanie własne.

Tab. 6.2. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru BUDOWNICTWO

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Materiały o zwiększonej wytrzymałości właściwej	Technologia zbrojenia materiałów polimerowych nanowłóknami	S7
	Materiały cementowe i beton	S8
	Materiały ceramiczne	S9
	Technologia zbrojenia ceramiki budowlanej nanowłóknami o różnym składzie chemicznym	S10
Materiały o zwiększonej odporności na czynniki atmosferyczne	Materiały antygrzybicze	S11
	Materiały samoczyszczące	S12
Materiały aktywne	Integracja fotowoltaiki w elementy elewacji	S13
	Inteligentne materiały zintegorowane z czujnikami	S14
Materiały oszczędzające energię	Okna odbijające promieniowanie podczerwone	S15
	Materiały z kontrolowaną absorbcją i oddawaniem ciepła	S16
	Materiały o zwiększonej izolacyjności cieplnej	S17

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 6.3. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru DROGOWNICTWO

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Bezpieczeństwo	Lepiej widoczne znaki drogowe	S18
	Czujniki sygnalizujące obecność ludzi lub zwierząt	S19
	Sygnalizacja gołoledzi	S20
Tańsza eksploatacja	Doskonalsze materiały na drogi	S21
	LEDy w oświetleniu dróg	S22
	Tanie ogniwa słoneczne „malowane" na elementach konstrukcyjnych	S23

Źródło: opracowanie własne.

atrakcyjność (4,11). Na najniższym poziomie w tym kryterium (3,62) oceniono trzy kierunki *technologia zbrojenia materiałów polimerowych nanowłóknami* (S7), *materiały ceramiczne* (S9) i *materiały samoczyszczące* (S12). Kierunek oceniony najwyżej w aspekcie *możliwości komercjalizacji wyników* (S17) został równocześnie oceniony jako kierunek o najwyższym wpływie na dalszy *rozwój infrastruktury B+R w regionie* oraz na *rozwój obecnie występujących w regionie branż przemysłu*. Analizując z kolei *potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu* za najbardziej atrakcyjny uznano *technologię zbrojenia materiałów polimerowych nanowłóknami* (S7). Kierunkami cechującymi się najniższym wpływem na *rozwój branż w regionie*, zarówno istniejących jak i nowych były *okna odbijające promieniowanie podczerwone* (S15) i *Materiały z kontrolowaną absorpcją i oddawaniem ciepła* (S16). Zestawienia graficzne dotyczące poszczególnych kryteriów zaprezentowano na rys. 6.5.

Trzecim z obszarów kierunków badań stosowanych, jaki analizowano był obszar *drogownictwo* (tab. 6.3), oceniany najczęściej najniżej w kontekście pozostałych obszarów. Znalazły się tu cztery kierunki, które uzyskały przeciętne noty w prawie każdym z uwzględnianych kryteriów atrakcyjności. Eksperci ocenili kierunki podobnie w większości kryteriów (rys. 6.6). I tak, kierunkiem o najwyższej atrakcyjności na tle pozostałych z obszaru był *tanie ogniwa słoneczne „malowane" na elementach konstrukcyjnych* (S23). Oceniono go najwyżej we wszystkich z wyjątkiem jednego kryterium. Eksperci w przypadku *potencjalnego wpływu prowadzonych badań na rozwój występujących w regionie branż przemysłu* wyżej ocenili dwa inne kierunki: *doskonalsze materiały na drogi* (S21) i *LEDy w oświetleniu dróg* (S22).

Tab. 6.4. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru PRZEMYSŁ WŁÓKIENNICZY

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Nanotechnologicznie zmodyfikowane włókna	Polimery i tworzywa	S24
	Materiały antybakteryjne i antygrzybicze	S25
	Materiały łatwe do czyszczenia	S26
	Nanomateriały kompozytowe i włókniste z surowców odnawialnych	S27
	Materiały regulujące klimat i wilgotność	S28
Inteligentna odzież	Materiały zintegrowane z sensorami	S29
	Odzież monitorująca funkcje życiowe	S30

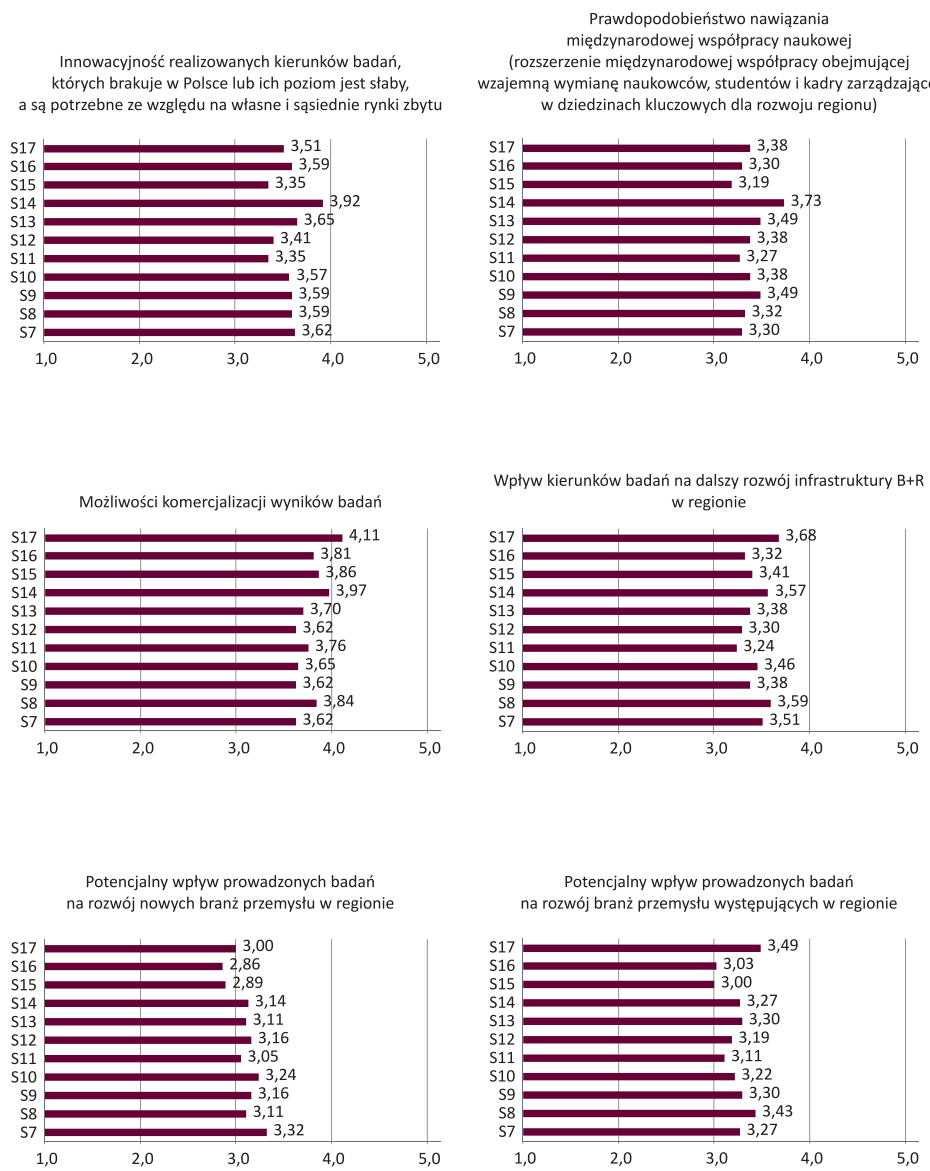
Źródło: opracowanie własne.

Tab. 6.5. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru NANOMEDYCYNA

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Teranostyka – terapia i diagnostyka w jednym	Precyzyjne dozowanie leków w nanokapsułkach	S31
	Celowana terapia lekowa	S32
	Teranostyka: nanocząstki diagnostyczne i nośniki leków	S33
	Terapia genowa nanomateriałami	S34
Diagnostyka	Badania nad mikrosensorami i systemami detekcyjnymi wykorzystywanymi w diagnostyce medycznej	S35
	Budowa doskonalszych mobilnych urządzeń do rejestracji stanu pacjenta (między innymi w jego środowisku domowym)	S36
	Szybka diagnostyka niektórych chorób i uzależnień – chipy diagnostyczne	S37
Implanty	Trwałe implanty	S38
	Resorbowalne implanty	S39
	Nanomodyfikacje implantów	S40
	Materiały kompozytowe dla chirurgii kostnej i stomatologii	S41
	Biomateriały dla inżynierii tkankowej (*scaffolds*)	S42
Medycyna regeneracyjna	Nanoustrukturyzowane biomateriały (opatrunki, implanty, rusztowania dla inżynierii tkankowej)	S43
	Nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości	S44
	Nanotechnologie dla estetyki	S45
Technika medyczna	Urządzenia dla mikrochirurgii (zwłaszcza w neurologii, ale nie tylko)	S46
	Sprzęt medyczny (nanoroboty, mikropompy)	S47
	Opracowanie technologii wytwarzania nanostruktur specyficznych dla regionu, na przykład na bazie propolisu i srebra do leczenia ran i oparzeń	S48
Inżynieria powierzchni	Nanowarstwy i nanopowłoki w technologiach medycznych	S49
	Wpływ na biokompatybilność materiałów wprowadzanych do organizmu człowieka	S50
	Wpływ na trwałość, zużycie i zniszczenie w środowisku żywego organizmu	S51
	Badanie właściwości antyseptycznych	S52
	Zastosowanie nanotechnologii w wytwarzaniu różnych powłok, na przykład biobójczych, biostatycznych, antyelektrostatycznych, hydrofobowych, ochronnych przed promieniowaniem elektromagnetycznym	S53

Źródło: opracowanie własne.

Rys. 6.5. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru budownictwo w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności

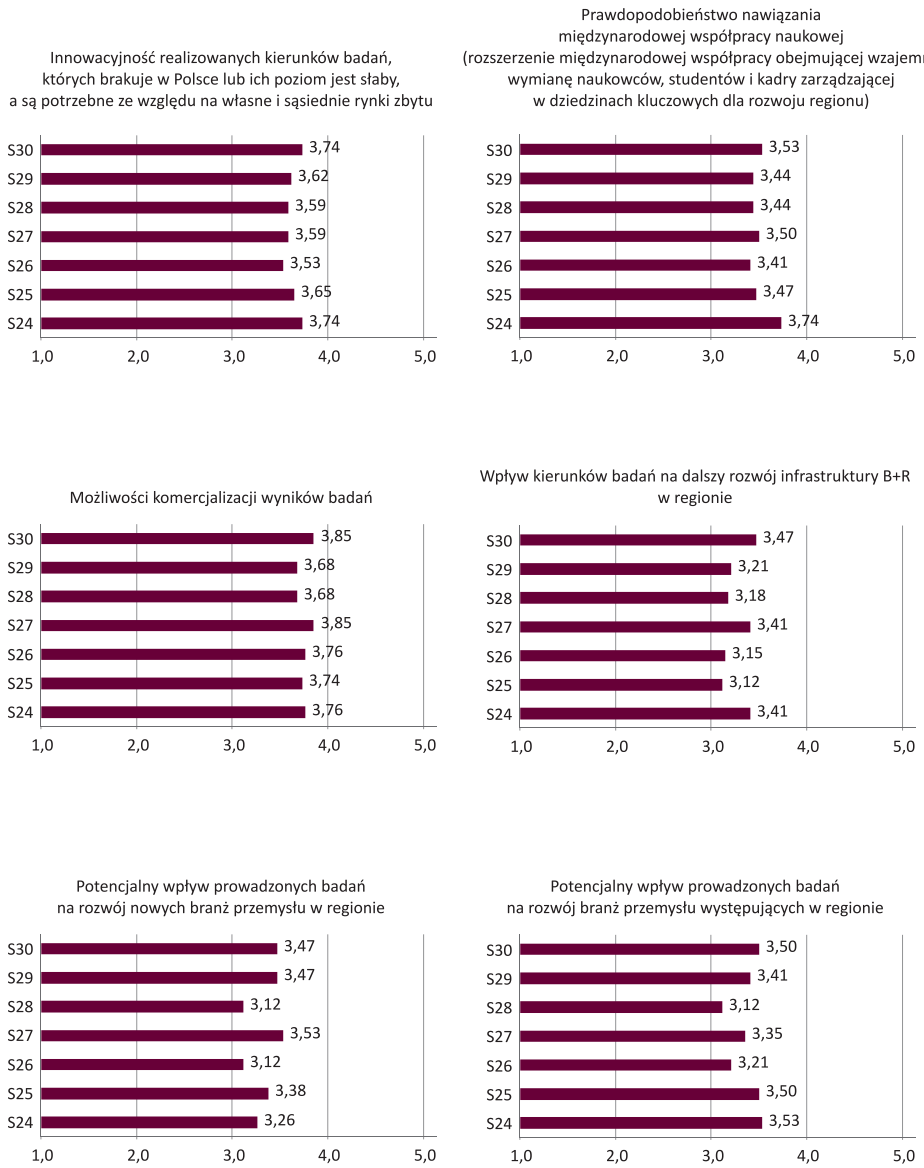


Źródło: opracowanie własne.

Rys. 6.6. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru drogownictwo w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności

Źródło: opracowanie własne.

Rys. 6.7. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru przemysł włókienniczy w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności



Źródło: opracowanie własne.

Kierunkiem o najniższej atrakcyjności w tym obszarze okazał się kierunek *lepiej widoczne znaki drogowe* (S18).

Następną grupę stanowiły kierunki z obszaru *przemysł włókienniczy* (tab. 6.4), które uzyskały bardzo mało zróżnicowane średnie oceny eksperckich w obrębie obszaru, szczególnie w trzech pierwszych kryteriach. Analizując *prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej* najwyżej oceniono *polimery i tworzywa* (S24), a *innowacyjność realizowanych kierunków badań* ponownie S24 oraz

dodatkowo *odzież monitorującą funkcje życiowe* (S30), (w każdym przypadku ze średnią 3,74). Najniżej oceniono w obu kryteriach *materiały łatwe do czyszczenia* (S26). Z kolei biorąc pod uwagę *możliwość komercjalizacji badań* najwyżej oceniono *nanomateriały kompozytowe i włókniste z surowców odnawialnych* (S27) i ponownie kierunek oznaczony symbolem S30. Kierunkiem o najwyższym *wpływie na dalszy rozwój infrastruktury B+R* w regionie na tle pozostałych był kierunek S30, z kolei najniższym wpływem cechowały się tu *materiały antybakteryjne i antygrzybicze* (S25). Rozważając *potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu w regionie*, kierunkiem o największym wpływie na rozwój nowych branż okazał się kierunek oznaczony S27, a istniejących S24. Najniżej w obu przypadkach oceniono *materiały łatwe do czyszczenia* (S26) i *materiały regulujące klimat i wilgotność* (S28).

Najliczniejszą analizowaną grupą kierunków badań stosowanych były kierunki z obszaru *nanomedycyny*. To dwadzieścia trzy kierunki uporządkowane w sześć kryteriów (tab. 6.5). Uzyskane przez nie oceny były na przeciętnym bądź wysokim poziomie atrakcyjności i okazały się bardziej zróżnicowane niż w wypadku poprzednich obszarów (rys. 6.8). Najwyżej oceniono wyszczególnione tu kierunki badań biorąc pod uwagę ich innowacyjność, przy czym kierunkiem o najwyższym poziomie atrakcyjności pod względem innowacyjności realizowanych badań były *nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości* (S44). Najniżej ocenionym w tym aspekcie kierunkiem okazały się *nanotechnologie dla estetyki* (S45). Kierunkiem ocenionym najwyżej pod względem *prawdopodobieństwa nawiązania naukowej współpracy naukowej oraz potencjalnego wpływu na rozwój istniejących w regionie branż przemysłu* było *opracowanie technologii wytwarzania nanostruktur specyficznych dla regionu, np. na bazie propolisu i srebra do leczenia ran i oparzeń* (S48), to kierunek oceniony również wysoko w pozostałych kryteriach. W obu kryteriach najniżej oceniono ponownie *nanotechnologie dla estetyki* (S45). W przypadku *możliwości komercjalizacji wyników badań* najbardziej atrakcyjne wedle ekspertów było *precyzyjne dozowanie leków w nanokapsułkach* (S31) oraz *zastosowanie nanotechnologii w wytwarzaniu różnych powłok, np. biobójczych, biostatycznych, antyelektrostatycznych, hydrofobowych, ochronnych przed promieniowaniem elektromagnetycznym* (S53), a najmniej *sprzęt medyczny (nanoroboty, mikropompy)* (S47). Kierunkami o najwyższym wpływie na dalszy *rozwój infrastruktury B+R w regionie* okazały się *materiały kompozytowe dla chirurgii kostnej i stomatologii* (S41), *nanoustrukturyzowane biomateriały (opatrunki, implanty, rusztowania dla inżynierii tkankowej, itp.)* (S43) i *nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości* (S44). Równie liczną grupę stanowiły te kierunki, które w tym kontekście uzyskały najniższą średnią ocenę. Były to: *terapia genowa nanomateriałami* (S34), *budowa doskonalszych mobilnych urządzeń do rejestracji stanu pacjenta (między innymi w jego środowisku domowym)* (S36), *nanotechnologie dla estetyki* (S45). *Potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie* w największym stopniu przypisano *celowanej terapii lekowej* (S32), zaś w najmniejszym *urządzeniom dla mikrochirurgii* (S46).

Kolejny obszar badań stosowanych, jaki był rozważany obejmował kierunki z zakresu *bionanotechnologii* (tab. 6.6). Analizując innowacyjność realizowanych kierunków badań można dostrzec, że kierunkiem o najwyższej średniej ocenie w tym kryterium były *nanocząstki jako katalizatory fotodysocjacji biogazu* (S57). Podobnie w aspekcie *wpływu kierunku na dalszy rozwój infrastruktury B+R w regionie* najwyższą notę uzyskał kierunek oznaczony S57. Za kierunek pozwalający z największym *prawdopodobieństwem na nawiązanie międzynarodowej współpracy naukowej* uznano *nanocząstki jako katalizatory fotodysocjacji wody dla otrzymywania wodoru* (S56), z kolei tym, który był najbardziej atrakcyjny ze względu na *możliwość komercjalizacji wyników badań* okazały się *nanopowłoki dla ograniczenia osiadania zanieczyszczeń* (S63). W aspekcie wszystkich przytoczonych kryteriów kierunkiem o najniżej atrakcyjności było *zastosowanie magnetokatalityczne nanocząstek i nanopowłok w procesach chemicznych* (S59). Kierunek ten uzyskał najniższe noty z wyjątkiem kryterium *wpływu na rozwój infrastruktury B+R w regionie*, gdzie jednak niżej oceniono jedynie *nanocząstki i ich agregaty jako katalizatory reakcji chemicznych i biochemicznych* (S54). Analizując *potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych lub występujących w regionie branż przemysłu* również kierunek oznaczony S59 był najniżej lub jednym z najniżej ocenionych. Najwyżej ocenione w kontekście wpływu na rozwój branż zostały *metody regeneracji i utylizacji odpadów* (S61),

Tab. 6.6. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru BIONANOTECHNOLOGIA

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Kataliza procesów biochemicznych	Nanocząstki i ich agregaty jako katalizatory reakcji chemicznych i biochemicznych	S54
	Nanocząstki jako katalizatory dla fotosyntezy	S55
	Nanocząstki jako katalizatory fotodysocjacji wody dla otrzymywania wodoru	S56
	Nanocząstki jako katalizatory fotodysocjacji biogazu	S57
	Biosensory budowane na bazie nanotechnologii (koncepcja, projektowanie, realizacja)	S58
	Zastosowanie magnetokatalityczne nanocząstek i nanopowłok w procesach chemicznych	S59
Ochrona środowiska	Biosensory i nanoelektronika do monitorowania parametrów środowiska	S60
	Metody regeneracji i utylizacji odpadów	S61
	Nanopowłoki dla fotokatalitycznego usuwania zanieczyszczeń	S62
	Nanopowłoki dla ograniczenia osiadania zanieczyszczeń	S63
	Ekologiczne nawozy	S64

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 6.7. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru ROLNICTWO I PRZEMYSŁ SPOŻYWCZY

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Nanotechnologie dla rolnictwa i przemysłu spożywczego	Nanotechnologie w procesach konserwacji	S65
	Nanotechnologie zwiększające wartość żywności (zdrowa żywność)	S66
	Nanowarstwowe powłoki antybakteryjne dla aparatury produkcyjnej przemysłu spożywczego	S67
	Antybakteryjne nanowarstwowe powłoki folii opakowaniowych dla produktów spożywczych	S68

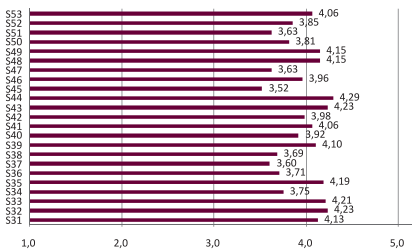
Źródło: opracowanie własne.

szczególnie w przypadku branż istniejących, gdzie uzyskana ocena znacznie odbiegała od pozostałych wyszczególnionych w obszarze kierunków. Zestawienia graficzne prezentujące układ średnich ocen poszczególnych kierunków w obrębie kryteriów atrakcyjności przedstawiono na rys. 6.9.

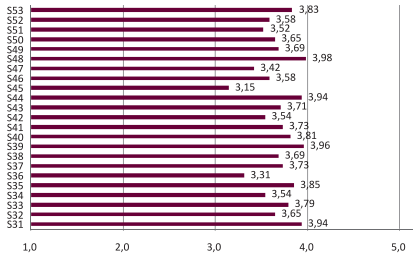
Obszarem, w którym zidentyfikowano w toku prac panelu cztery kierunki badań był obszar *rolnictwa i przemysłu spożywczego* (tab. 6.7). Zebrane tu kierunki badań stosowanych najwyżej oceniono w aspekcie ich innowacyjności oraz możliwości komercjalizacji wyników (rys. 6.10). Większość uzyskanych ocen uplasowała się na poziomie wysokiej atrakcyjności, z wyjątkiem kierunku *nanotechnologie w procesach konserwacji* (S65), który uzyskał w każdym z kryteriów ocenę przeciętną oraz najniższą w obszarze. W większości kryteriów najwyższe noty nadano *nanowarstwowym powłokom antybakteryjnym dla aparatury produkcyjnej przemysłu spożywczego* (S67), równocześnie na tym samym bądź zbliżonym poziomie oceniono *antybakteryjne nanowarstwowe powłoki folii opakowaniowych dla produktów spożywczych* (S68).

Rys. 6.8. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru nanomedycyna w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności

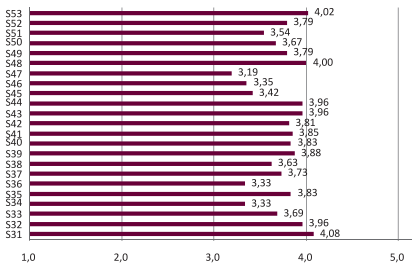
Innowacyjność realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu



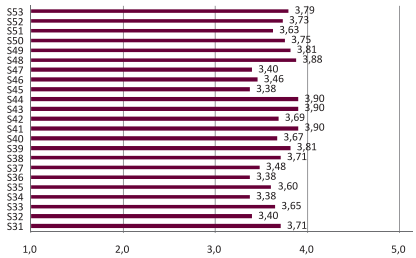
Prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej (rozszerzenie międzynarodowej współpracy obejmującej wzajemną wymianę naukowców, studentów i kadry zarządzającej w dziedzinach kluczowych dla rozwoju regionu)



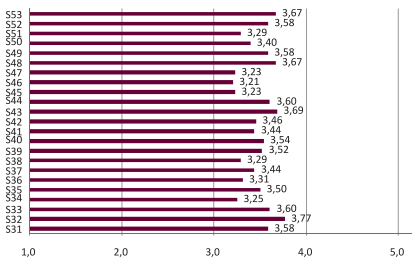
Możliwości komercjalizacji wyników badań



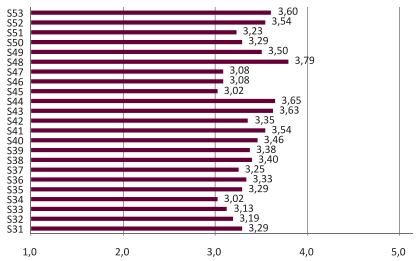
Wpływ kierunków badań na dalszy rozwój infrastruktury B+R w regionie



Potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie

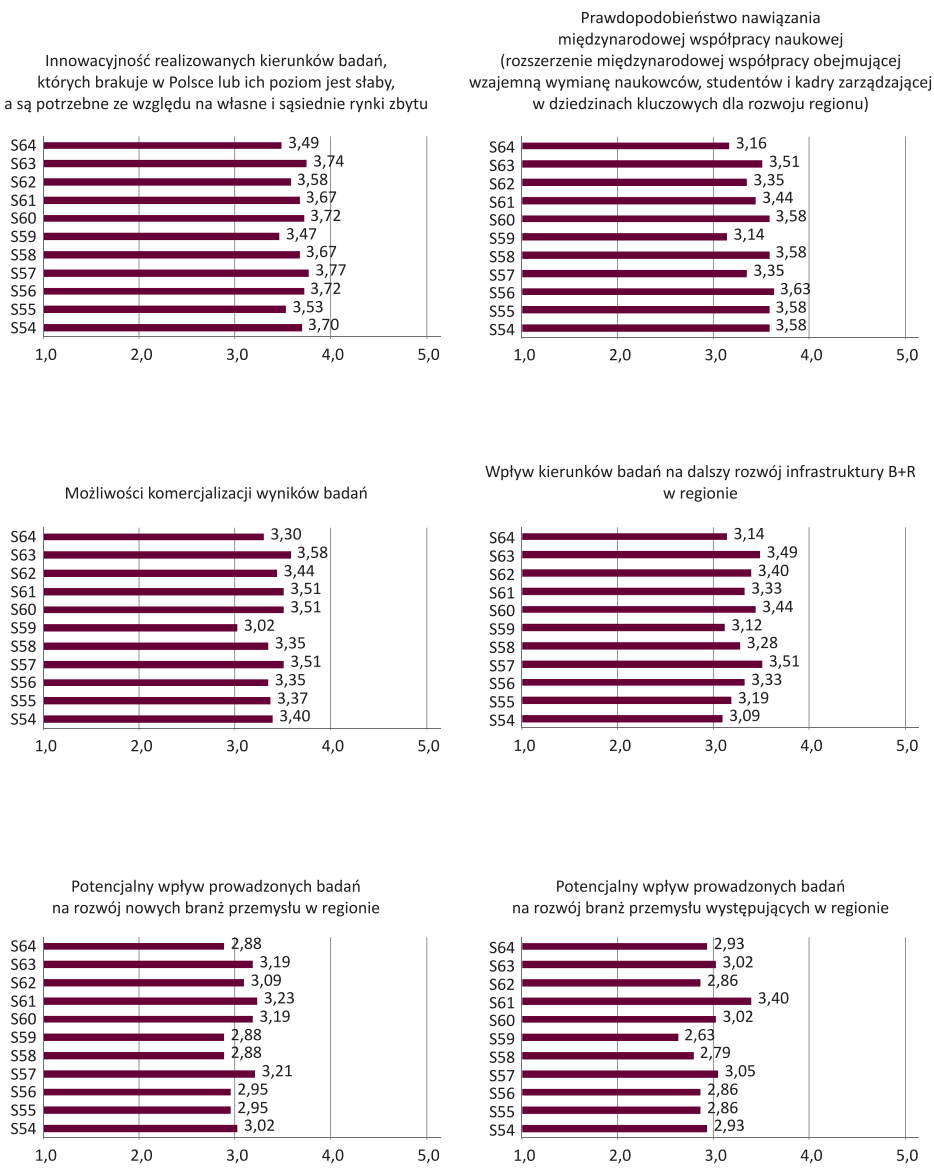


Potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 6.9. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru bionanotechnologia w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności



Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym obszarem były *technologie informatyczne, ICT*. Zidentyfikowano tu dwadzieścia kierunków, uporządkowanych w cztery kategorie (tab. 6.8). Analizując zestawienia graficzne zaprezentowane na rys. 6.11 można zauważyć, że kierunki *nanostruktury magnetyczne* (S69), *elektronika molekularna* (S72) i *grafen* (S73) zostały uznane przez ekspertów, wedle średniej ważonej z ich ocen, za kierunki o ponadprzeciętnej atrakcyjności w aspekcie *prawdopodobieństwa nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej*. Te same kierunki wraz

Tab. 6.8. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE, ICT

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Spintronika	Nanostruktury magnetyczne	S69
	Metody wytwarzania nanomagnesów	S70
	Magnetometria magnetooptyczna	S71
Elektronika i optyka	Elektronika molekularna	S72
	Grafen	S73
	Nanomateriały dla elektroniki drukowanej	S74
	Planarne układy sensorowe	S75
	Czujniki luminescencyjne	S76
	Czujniki optoelektroniczne	S77
	Ogniwa fotoelektryczne	S78
	Wyświetlacze OLED	S79
Układy światłowodowe	Lasery włóknowe	S80
	Wzmacniacze światłowodowe	S81
Mikro- i nanoelektronika	Specjalizowane klastry obliczeniowe do analizy i symulacji struktur biochemicznych (np. realizujące programy do modelowania białek oraz procesów oddziaływań międzycząsteczkowych)	S82
	Mikrosystemy wspomagające nanobiotechnologie: systemy eksploracji (nanoroboty), sensory, minilaboratoria diagnostyczne (lab-on-a-chip)	S83
	Stworzenie sieci *„design house"* dla potrzeb mikroelektroniki	S84
	Złożone mikrosystemy sterowania bazujące na nanotechnologii	S85
	Budowa nowych typów pamięci o czasie dostępu i pojemności wielokrotnie przewyższających obecnie stosowane	S86
	Rozwój nanotechnologii w projektowaniu i realizacji układów scalonych VLSI z precyzją znacznie poniżej 10 nm	S87
	Badania w zakresie budowy i konstrukcji nowych elementów na potrzeby mikroelektroniki	S88

Źródło: opracowanie własne.

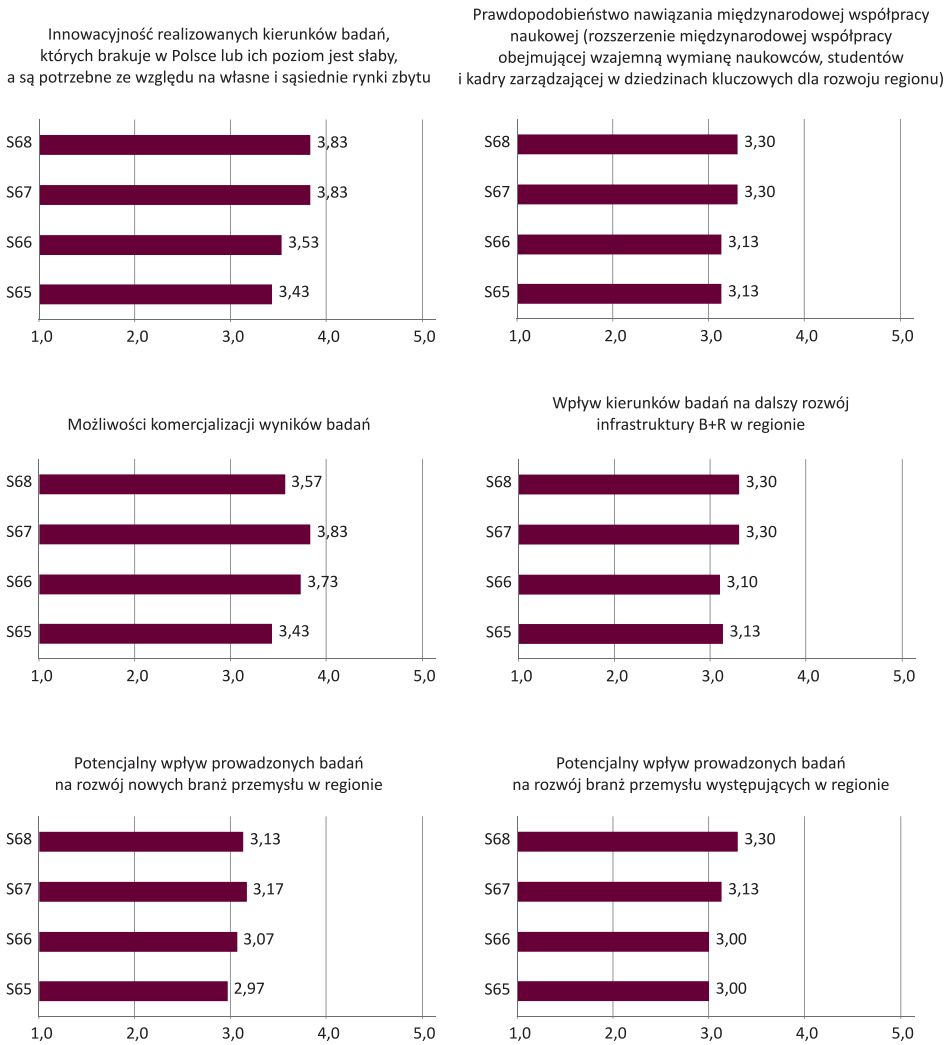
Tab. 6.9. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru ENERGIA

Kategoria	Kierunek badań	Oznaczenie
Zdecentralizowane źródła taniej energii	Wysokowydajne baterie	S89
	Rozproszone źródła energii	S90
	Ogniwa paliwowe	S91
Energia odnawialna	Materiały do zastosowań w nowoczesnych źródłach energii odnawialnej (baterie słoneczne, nowoczesne materiały w bateriach stałych, żelowych, akumulatorach)	S92
	Nanocząstki i nanokompozyty jako materiały o właściwościach fotowoltaicznych	S93

Źródło: opracowanie własne.

z *budową nowych typów pamięci o czasie dostępu i pojemności wielokrotnie przewyższających obecnie stosowane* (S86) oraz *rozwojem nanotechnologii w projektowaniu i realizacji układów scalonych VLSI z precyzją znacznie poniżej 10 nm* (S87) uznano za te o najwyższej innowacyjności. Najniżej pod względem obu analizowanych kryteriów oceniono *czujniki luminescencyjne* (S76). Przyglądając się zestawieniu, prezentującemu kryterium *możliwości komercjalizacji wyników badań* można z kolei wyróżnić *nanomateriały dla elektroniki drukowanej* (S74) jako kierunek o najwyższej ocenie oraz *grafen* (S73) jako ten o najniższej, tak wysoko oceniony

Rys. 6.10. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru rolnictwo i przemysł spożywczy w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności

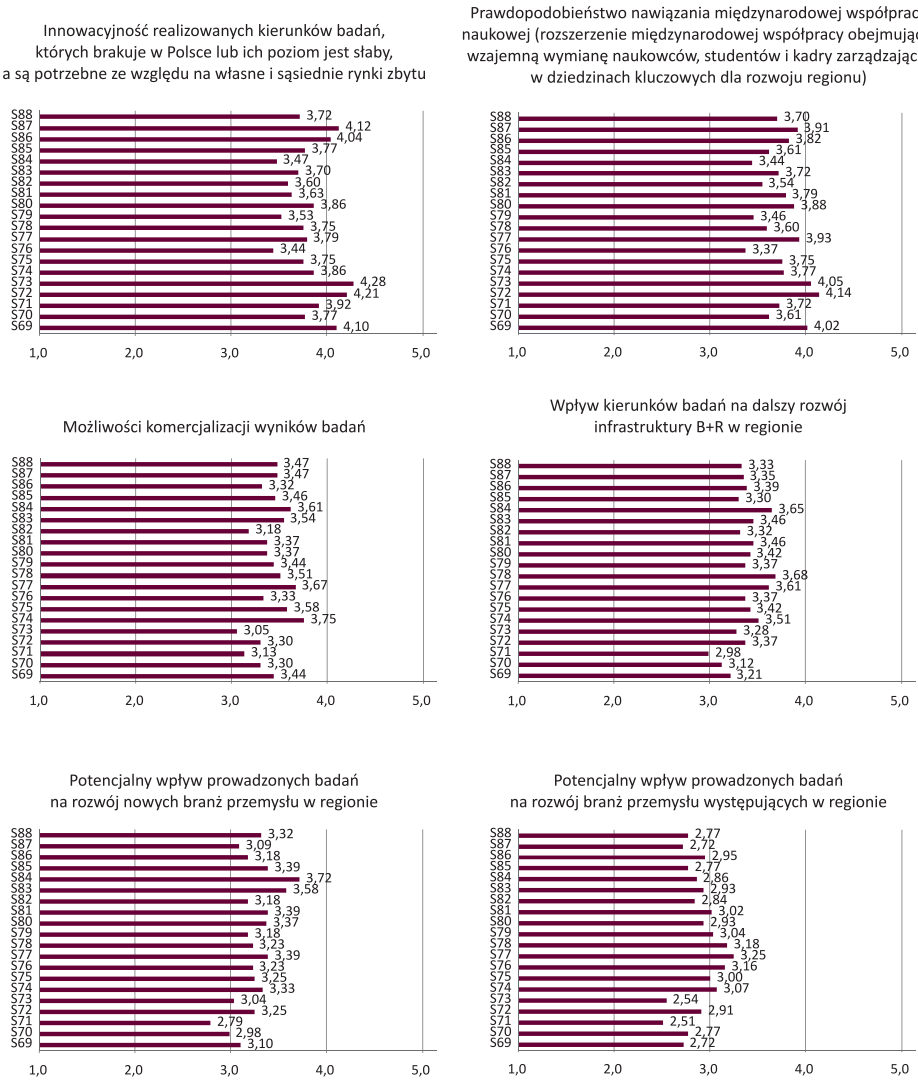


Źródło: opracowanie własne.

w poprzednio analizowanych kryteriach. W wypadku *potencjalnego wpływu kierunku na rozwój nowych branż przemysłu* najwyżej oceniono *stworzenie sieci „design house" dla potrzeb mikroelektroniki* (S84), z kolei na rozwój istniejących już branż przemysłu *czujniki optoelektroniczne* (S77). Oba wymienione kierunki (S77 i S84) wraz z *ogniwami fotoelektrycznymi* (S78) okazały się być kierunkami o najwyższym *wpływie na dalszy rozwój infrastruktury B+R w regionie*. W każdym z trzech ostatnio wymienionych kryteriów najniżej oceniono *Magnetometrię magnetooptyczną* (S71).

Ostatnia wyróżniona grupa zastosowań kierunków badań stosowanych objęła obszar *energia* (tab. 6.9). Analizując zestawienia zaprezentowane na rys. 6.12, można zauważyć, że w przypadku *innowacyjności realizowanych kierunków badań* najwyżej oceniono *materiały do zastosowań w nowoczesnych źródłach energii*

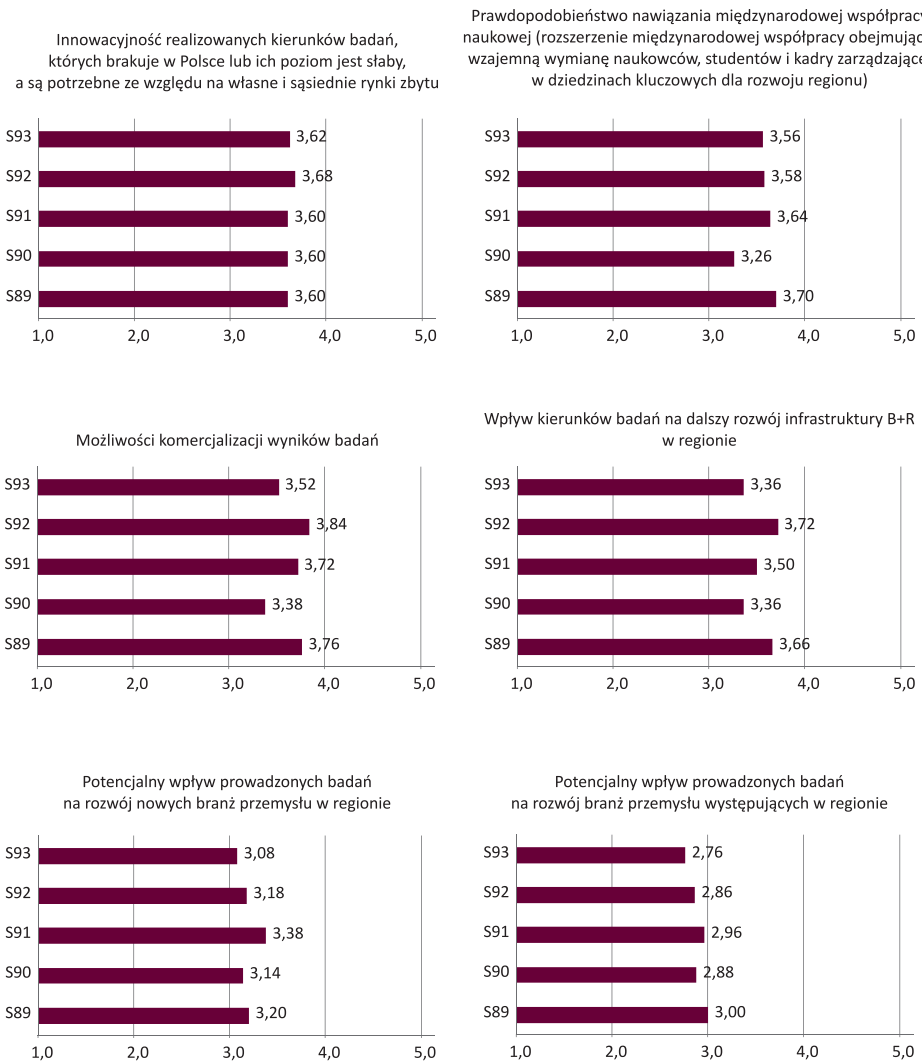
Rys. 6.11. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru technologie informatyczne, ICT w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności



Źródło: opracowanie własne.

odnawialnej (baterie słoneczne, nowoczesne materiały w bateriach stałych, żelowych, akumulatorach) (S92). Jednakowo w przypadku dwóch innych kryteriów: *możliwość komercjalizacji wyników badań oraz wpływu na dalszy rozwój infrastruktury B+R w regionie*, najwyższą ocenę otrzymał kierunek oznaczony S92. Przyglądając się zestawieniom widać również, że *prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej* oraz *wpływ kierunku na rozwój istniejących obecnie branż* jest najwyższe w ocenie ekspertów w wypadku kierunku *wysokowydajne baterie* (S89). W wypadku *wpływu na rozwój nowych branż* najwyższa ocena wyliczona została dla *ogniw paliwowych* (S91). Najniżej ocenianymi kierunkami prawie we wszystkich kryteriach były *nanocząstki i nanokompozyty jako materiały o właściwościach fotowol-*

Rys. 6.12. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru energia w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności



Źródło: opracowanie własne.

taicznych (S93) oraz przede wszystkim *rozproszone źródła energii* (S90).

Podsumowując można zauważyć, że w wypadku kryterium atrakcyjności w odniesieniu do kierunków badań stosowanych, najwyższe oceny przyznano dla *innowacyjności realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu*. Wysoka atrakcyjność dotyczy również *możliwości komercjalizacji wyników badań*. Najniższe oceny atrakcyjności wystąpiły w ocenie *potencjalnego wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie* i *potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie*, podobnie jak to miało miejsce w przypadku badań podstawowych.

6.3. Ocena poszczególnych kierunków badań stosowanych z uwzględnieniem kryteriów wykonalności

Analiza kierunków badań stosowanych została uzupełniona o ocenę uwzględniającą kryteria wykonalności. Noty nadane przez ekspertów zostały tu także skorygowane o deklarowany przez nich poziom wiedzy. Wykonalność kierunków badań stosowanych, tak jak w wypadku podstawowych oceniano w aspekcie pięciu kryteriów: *możliwości finansowania kierunków badan ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych*; *ambitności i unikalności kierunku badań na skalę Polski, która pozwoli na uzyskanie odpowiednio dużych pieniędzy na rozwój regionu*; *istniejących zasobów kadrowych niezbędnych do prowadzenia badań w regionie*; *istniejącego i przewidywanego rozwoju infrastruktury B+R w regionie (w tym Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego, uczelni)* oraz *istniejącego stopnia zaawansowania prowadzonych badań naukowych*.

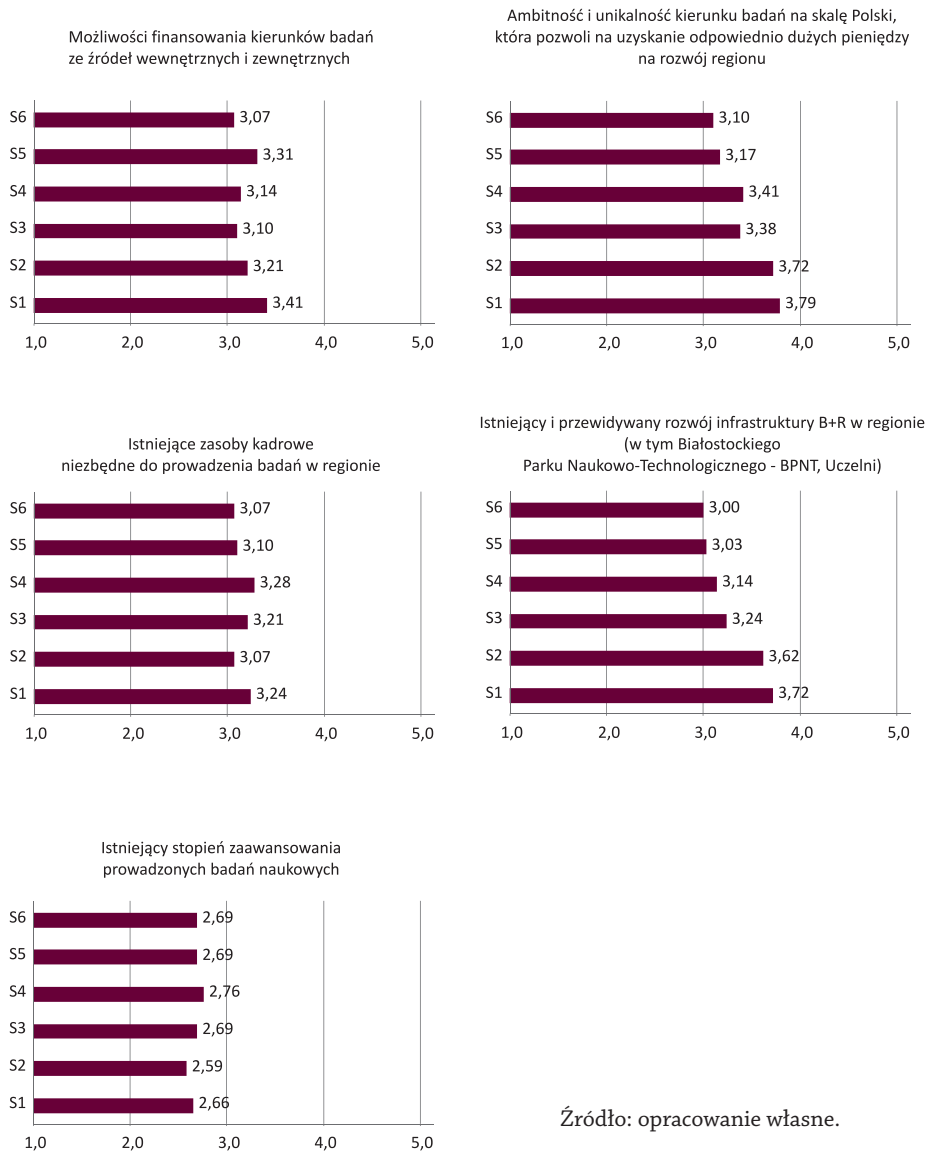
Obszar *przemysłu drzewnego* był pierwszą rozważaną grupą. Znalazło się tu sześć kierunków zebranych w trzy kategorie (tab. 6.1). Większość kierunków oceniono na przeciętnym poziomie wykonalności (rys. 6.13).

Spośród nich najwyższe bądź wysokie w kontekście grupy noty przypisano *badaniom właściwości nanokompozytów lignocelulozowych oraz nanocząstek celulozowych pod kątem zastosowań w przemyśle drzewnym i budownictwie* (S1). To właśnie ten kierunek zyskał najwyższą średnią ocenę w kontekście *możliwości finansowania, ambitności i unikalności prowadzonych badań czy istniejącego oraz przewidywanego rozwoju infrastruktury B+R*. Najniżej w obrębie wymienionych kryteriów oceniono *nanokompozytowe farby, lakiery i powłoki zabezpieczające* (S6). W wypadku pozostałych dwóch kryteriów dotyczących *zasobów kadrowych oraz stopnia zaawansowania prowadzonych badań* najwyżej oceniono *produkcję nanocząstek celulozowych dla szeregu zastosowań (na przykład do produkcji włókien tekstylnych)* (S4), zaś najniżej *opracowanie wydajnych technologii produkcji wytrzymałych plastycznych kompozytów syntezowanych na bazie drewna* (S2). Kierunkiem ocenionym również na najniższym poziomie wykonalności w aspekcie *istniejących zasobów kadrowych niezbędnych do prowadzenia badań w regionie* były ponownie *nanokompozytowe farby, lakiery i powłoki zabezpieczające* (S6).

W kolejnym obszarze, obejmującym *budownictwo* znalazło się jedenaście kierunków (tab. 6.2). Najniżej ocenionym kierunkiem we wszystkich kryteriach były *okna odbijające promieniowanie podczerwone* (S15). Z kolei najwyżej ocenianym z tego obszaru kierunkiem były zazwyczaj *materiały o zwiększonej izolacyjności cieplnej* (S17), uzyskały one najwyższe noty w obszarze uwzględniającym *możliwości finansowania kierunków badań ze źródeł zewnętrznych jak i wewnętrznych, ambitności i unikalności na skalę kraju* wraz z kierunkiem *materiały antygrzybicze* (S11) w aspekcie *istniejącego stopnia zaawansowania prowadzonych badań naukowych*. Za kierunki o dużej ambitności i unikalności eksperci uznali również *inteligentne materiały zintegrowane z czujnikami* (S14) i *technologia zbrojenia ceramiki budowlanej nanowłóknami o różnym składzie chemicznym* (S10). Analizując kierunki z obszaru *budownictwa* przy uwzględnieniu *istniejących zasobów kadrowych niezbędnych do prowadzenia badań* można zauważyć, że kierunkami, jakie uzyskały tu najwyższe noty były: *materiały ceramiczne* (S9) oraz *materiały samoczyszczące* (S12). Z kolei kierunkiem o najwyższej wykonalności w kontekście *infrastruktury B+R*, istniejącej, jaki przewidywanej była *technologia zbrojenia ceramiki budowlanej nanowłóknami o różnym składzie chemicznym* (S10). Zestawienia graficzne dotyczące opisywanego obszaru zaprezentowano na rys. 6.14.

Następny obszar – *drogownictwo* – najniżej oceniany wśród wszystkich obszarów to dwie kategorie zawierające łącznie sześć kierunków badań stosowanych (tab. 6.3). Kierunkiem jaki był oceniany najwyżej w kontekście prawie wszystkich kryteriów był kierunek *tanie ogniwa słoneczne „malowane" na elementach konstrukcyjnych* (S23). Jedynie w wypadku *istniejącego stopnia zaawansowania prowadzonych badań naukowych* wyższe noty uzyskały *doskonalsze materiały na drogi* (S21). Analizując najniżej

Rys. 6.13. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru przemysł drzewny w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności

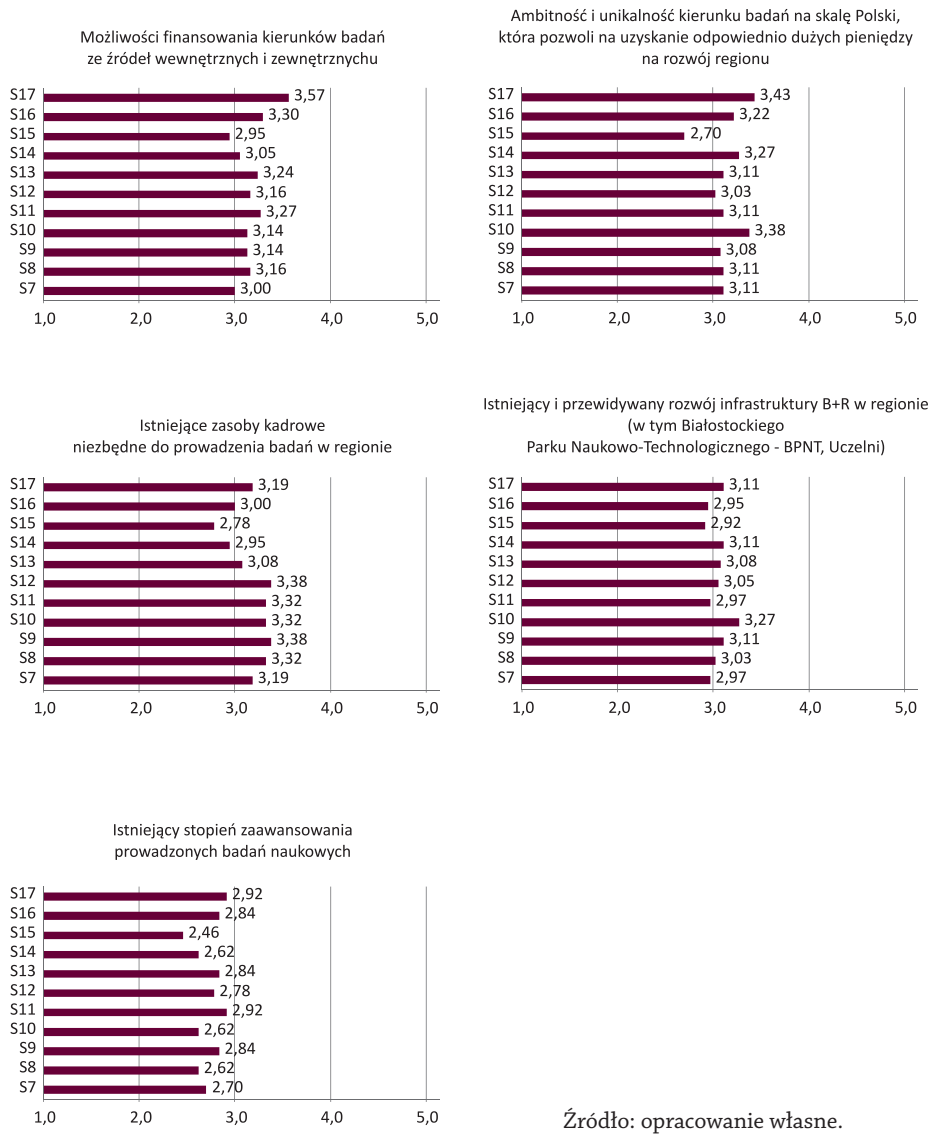


Źródło: opracowanie własne.

ocenione w tym kontekście kierunki należy wymienić tu *lepiej widoczne znaki drogowe* (S18), jako kierunek o najniższych *możliwościach finansowania* oraz *najniższej ambitności i unikalności badań* oraz *czujniki sygnalizujące obecność ludzi lub zwierząt* (S19), jako kierunek o najniższych *dostępnych zasobach kadrowych* oraz *infrastrukturze B+R*. Najniższym stopniem zaawansowania prowadzonych badań określono *LEDy w oświetleniu dróg* (S22). Należy tu nadmienić, że prawie wszystkie uzyskane średnie oceny pomimo pewnego zróżnicowania w obrębie obszaru, nie przekroczyły przeciętnego poziomu wykonalności, pozostając wręcz w niektórych sytuacjach na niskim poziomie (rys. 6.15).

Poddając rozważaniom obszar *przemysłu włókienniczego* można zauważyć, że zebrane

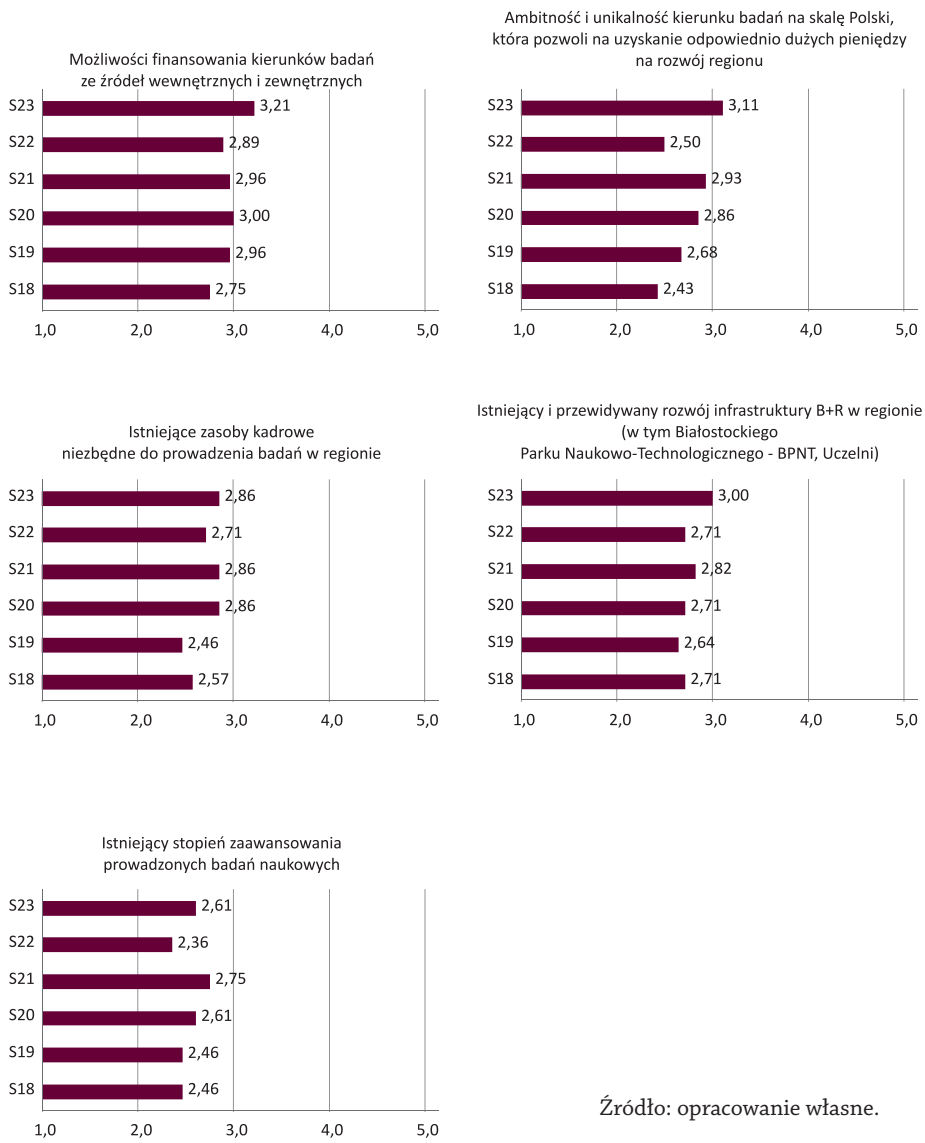
Rys. 6.14. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru budownictwo w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

tu siedem kierunków (tab. 6.4) najniżej oceniono w aspekcie *stopnia zaawansowania prowadzonych obecnie badań* (rys. 6.16). Najwyższa z uzyskanych tu średnich not (3,03) należała do kierunku *polimery i tworzywa* (S24). Został on również oceniony najwyżej w wypadku *istniejącej i przewidywanej infrastruktury B+R w regionie*, choć jego oceny nie odbiegały już w tym kryterium od pozostałych kierunków. Interesujące jest, że był to równocześnie kierunek oceniony najniżej w kontekście możliwości jego finansowania. *Odzież monitorująca funkcje życiowe* (S30) to kierunek jaki uzyskał noty najniższe bądź bardzo niskie w większości kryteriów, z wyjątkiem *ambitności i unikalności kierunku badań*, gdzie oceniono go dość wysoko (druga pozycja w zestawieniu ze średnią 3,41). Zaskakującym jest niska ocena

Rys. 6.15. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru drogownictwo w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności

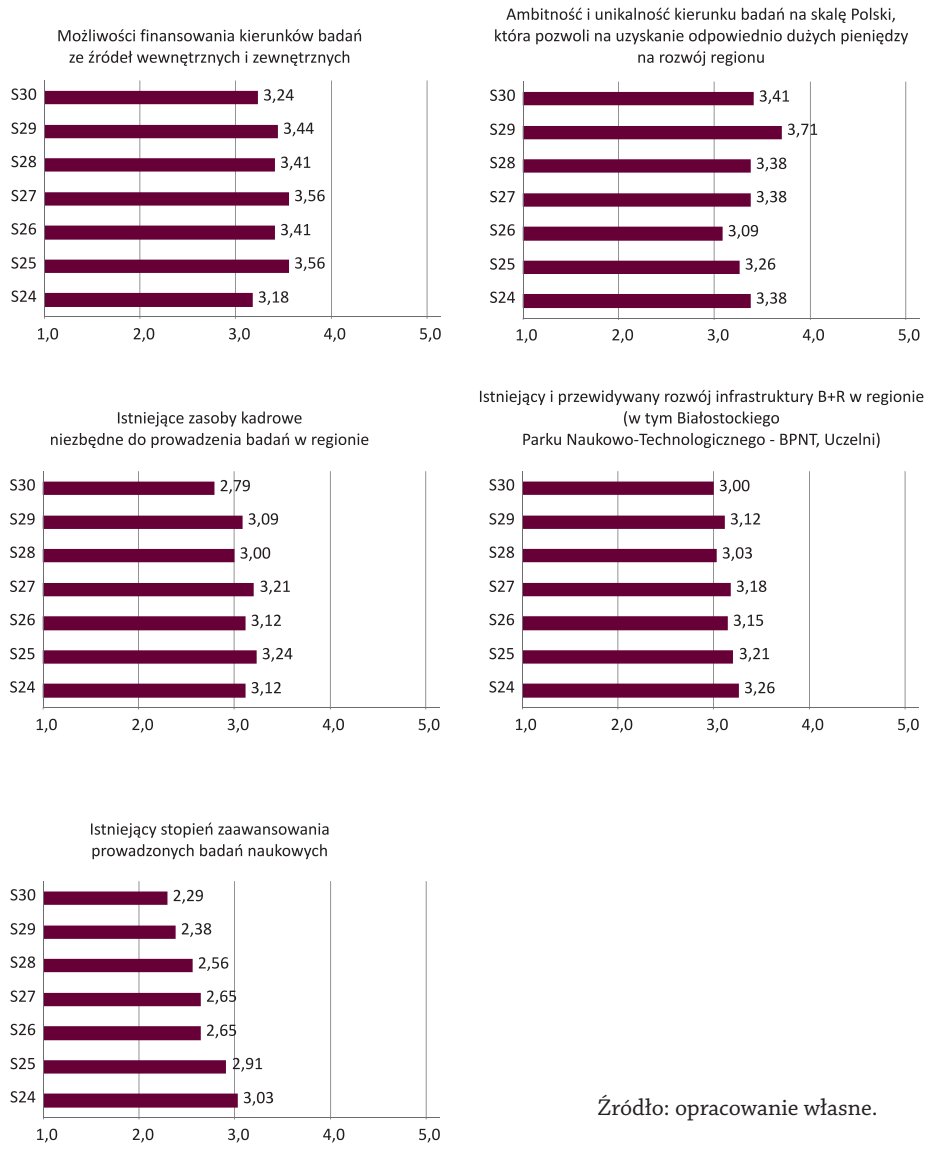


Źródło: opracowanie własne.

ambitności i unikalności kierunku *materiały łatwe do czyszczenia* (S26) przy dość wysokich na tle pozostałych kierunków ocen w pozostałych kryteriach. Kierunkiem, jaki eksperci uznali za najbardziej ambitny i unikalny był kierunek *materiały zintegrowane z sensorami* (S29). Z kolei najwyższy poziom wykonalności w aspekcie *istniejących zasobów kadrowych niezbędnych do prowadzeni badań* dostrzeżono w *materiałach antybakteryjnych i antygrzybiczych* (S25). Ten sam kierunek wraz z *nanomateriałami kompozytowymi i włóknistymi z surowców odnawialnych* (S27) oceniono najwyżej w kontekście możliwości ich finansowania.

W kolejnym obszarze, dotyczącym *nanomedycyny* zidentyfikowano ponad dwadzieścia kierunków (tab. 6.5). Wśród wszystkich kryteriów zostały one ocenione najwyżej przy

Rys. 6.16. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru przemysł włókienniczy w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

uwzględnieniu *ambitności i unikalności kierunku badań w Polsce*. Sześć spośród wszystkich kierunków *nanomedycyny* uzyskało w wypadku tego kryterium średnią ocenę przekraczającą wysoki poziom wykonalności. Były to: *opracowanie technologii wytwarzania nanostruktur specyficznych dla regionu, np. na bazie propolisu i srebra do leczenia ran i oparzeń* (S48) (średnia 4,23); *biomateriały dla inżynierii tkankowej (scaffolds)* (S42), (średnia 4,10); *nanowarstwy i nanopowłoki w technologiach medycznych* (S49) (średnia 4,08); *wpływ na biokompatybilność materiałów wprowadzanych do organizmu człowieka* (S50) i *nanoustrukturyzowane biomateriały (opatrunki, implanty, rusztowania dla inżynierii tkankowej)* (S43) (oba ze średnią 4,04) oraz *nanomodyfikacje implantów* (S40) (średnia 4,02). Kierunek który uzyskał tu najwyższą ocenę,

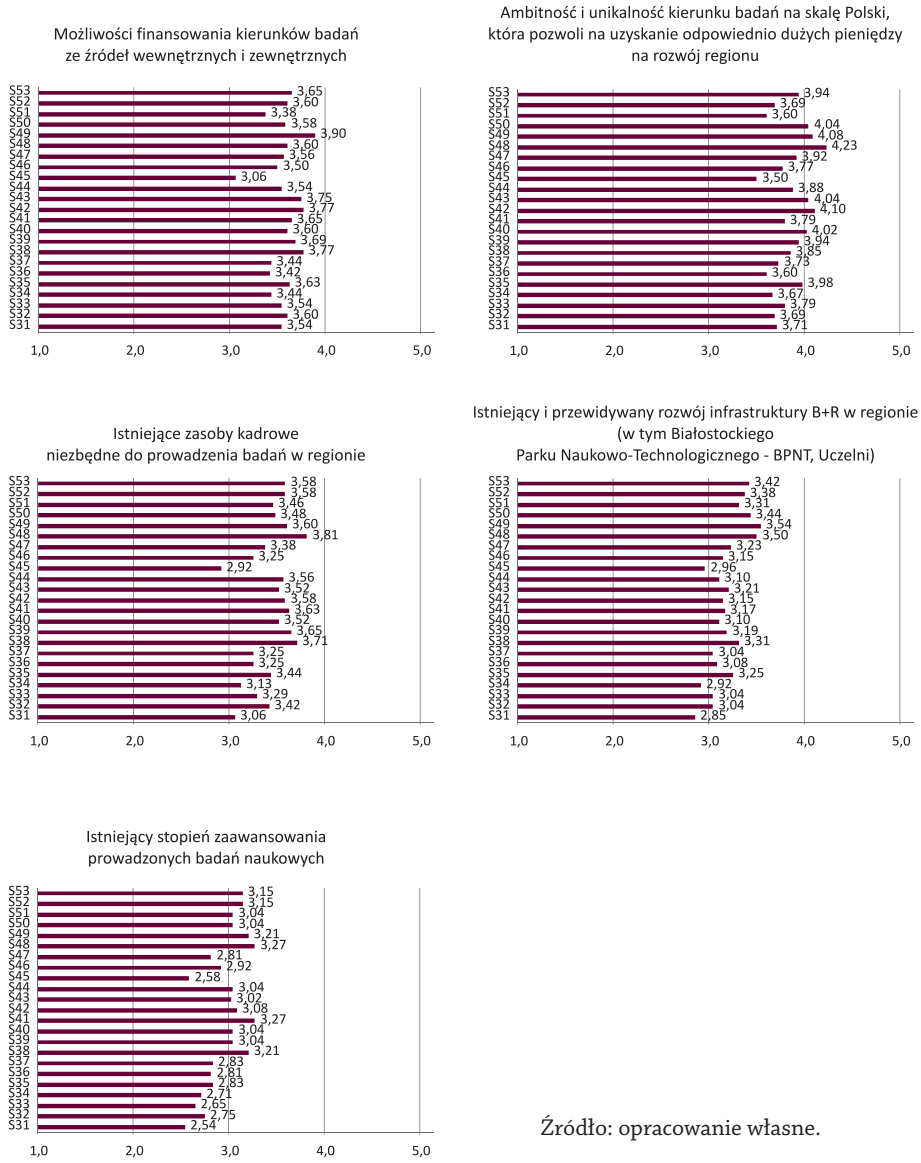
oznaczony jako S48, to również kierunek oceniony najwyżej w przypadku istniejących zasobów kadrowych wraz z kierunkiem *materiały kompozytowe dla chirurgii kostnej i stomatologii* (S41) w aspekcie stopnia zaawansowania prowadzonych obecnie badań naukowych. Innym, postrzeganym przez ekspertów jako kierunek o najwyższej wykonalności w kontekście *możliwości jego finansowania* oraz *istniejącej i przewidywanej infrastruktury B+R*, były *nanowarstwy i nanopowłoki w technologiach medycznych* (S49). W wypadku ocen najniższych wyłonić można tu dwa kierunki: *nanotechnologie dla estetyki* (S45) ocenione najniżej w przypadku trzech pierwszych kryteriów oraz *precyzyjne dozowanie leków w nanokapsułkach* (S31) w wypadku dwóch ostatnich. Zestawienia graficzne dotyczące obszaru *nanomedycyny* zaprezentowano na rys. 6.17.

Analizując obszar *bionanotechnologii* (tab. 6.6) można wyłonić dwa kierunki o najwyższej wykonalności przy uwzględnieniu możliwości ich finansowania oraz ambitności i unikalności. Są to *biosensory budowane na bazie nanotechnologii (koncepcja, projektowanie, realizacja)* (S58) oraz *nanocząstki jako katalizatory fotodysocjacji biogazu* (S57). Drugi z wymienionych kierunków został również wysoko oceniony w wypadku *istniejących zasobów kadrowych* oraz *istniejącego stopnia zaawansowania prowadzonych badań naukowych*. Innym kierunkiem, jaki uplasował się na przodujących bądź najwyższych pozycjach w zestawieniach były *metody regeneracji i utylizacji odpadów* (S61). Uzyskał on najwyższe oceny w wypadku *dostępnych zasobów kadrowych, infrastruktury B+R* oraz równocześnie z *ekologicznymi nawozami* (S64) istniejącego stopnia zaawansowania prowadzonych badań naukowych. W aspekcie najniżej ocenionych kierunków w obszarze *bionanotechnologii* trudno jest wskazać dominujące w tym względzie kierunki. W każdym z kryteriów najniższe średnie noty uzyskiwały różne kierunki, plasując się równocześnie w środku zestawień dotyczących pozostałych kryteriów (rys. 6.18).

Przyglądając się zestawieniom dotyczącym obszaru *rolnictwo i przemysł spożywczy* zaprezentowanym na rys. 6.19 można zauważyć niskie zróżnicowanie pomiędzy uzyskanymi ocenami. Wszystkie z czterech sklasyfikowanych tu kierunków badań stosowanych (tab. 6.7) zostały najniżej ocenione ponownie pod względem *istniejącego stopnia zaawansowania prowadzonych badań naukowych*. Spośród nich, w obrębie tego kryterium, najwyżej oceniono *nanotechnologie zwiększające wartość żywności (zdrowa żywność)* (S66), a najniżej *nanotechnologie w procesach konserwacji* (S65). W przypadku *istniejącego i przewidywanego rozwoju infrastruktury B+R w regionie oraz istniejących zasobów kadrowych niezbędnych do prowadzenia badań* kierunkiem o najwyższej nocie były *nanowarstwowe powłoki antybakteryjne dla aparatury produkcyjnej przemysłu spożywczego* (S67), z kolei najniżej oceniono tu ponownie kierunek oznaczony symbolem S65. Interesującą okazała się sytuacja w dwóch pozostałych kryteriach. Przy uwzględnieniu *możliwości finansowania kierunków badań z różnych źródeł* dwa spośród kierunków, oznaczone S68 i S65 utworzyły jedną grupę niżej ocenionych (średnia równa 3,40), a kierunki oznaczone S67 i S66 drugą – ocenioną wyżej (średnia równa 3,60). W przypadku *ambitności i unikalności kierunku badań na skalę Polski* wszystkie kierunki, z wyjątkiem *nanotechnologii w procesach konserwacji* (S65) (średnia 3,23), zostały ocenione na dokładnie tym samym poziomie (trzy średnie równe 3,50).

W kolejnym obszarze – *technologie informatyczne, ICT* – zidentyfikowano dwadzieścia kierunków badań stosowanych pogrupowanych w cztery kategorie (tab. 6.8). Zestawienia dotyczące oceny wykonalności tych kierunków zostały zaprezentowane graficznie na rys. 6.20. Przyglądając się sporządzonym wykresom można wskazać wyraźnie wyodrębniającą się grupę trzech kierunków, które uzyskały w każdym z kryteriów wysokie noty. Ponadto, w wypadku kryteriów dotyczących *istniejących niezbędnych zasobów kadrowych, infrastruktury B+R* oraz *stopnia zaawansowania prowadzonych badań naukowych* (tu wyniki znacznie odbiegające od pozostałych ocenionych kierunków) były to oceny najwyższe w obszarze. Kierunki te objęły *nanostruktury magnetyczne* (S69), *metody wytwarzania nanomagnesów* (S70) oraz *magnetometria magnetooptyczna* (S71) zgrupowane w kategorii *spintronika*. Kategoria ta została również wysoko oceniona w kontekście *możliwości finansowania kierunków badań* ustępując w tym kryterium jedynie kierunkowi *grafen* (S73). W aspekcie *ambitności i unikalności kierunków badań na skalę Polski* oceny tej grupy zbliżone były do wysokiego poziomu wykonalności, jednak znalazły się tu oceny pięciu kierunków badań przekraczających ten

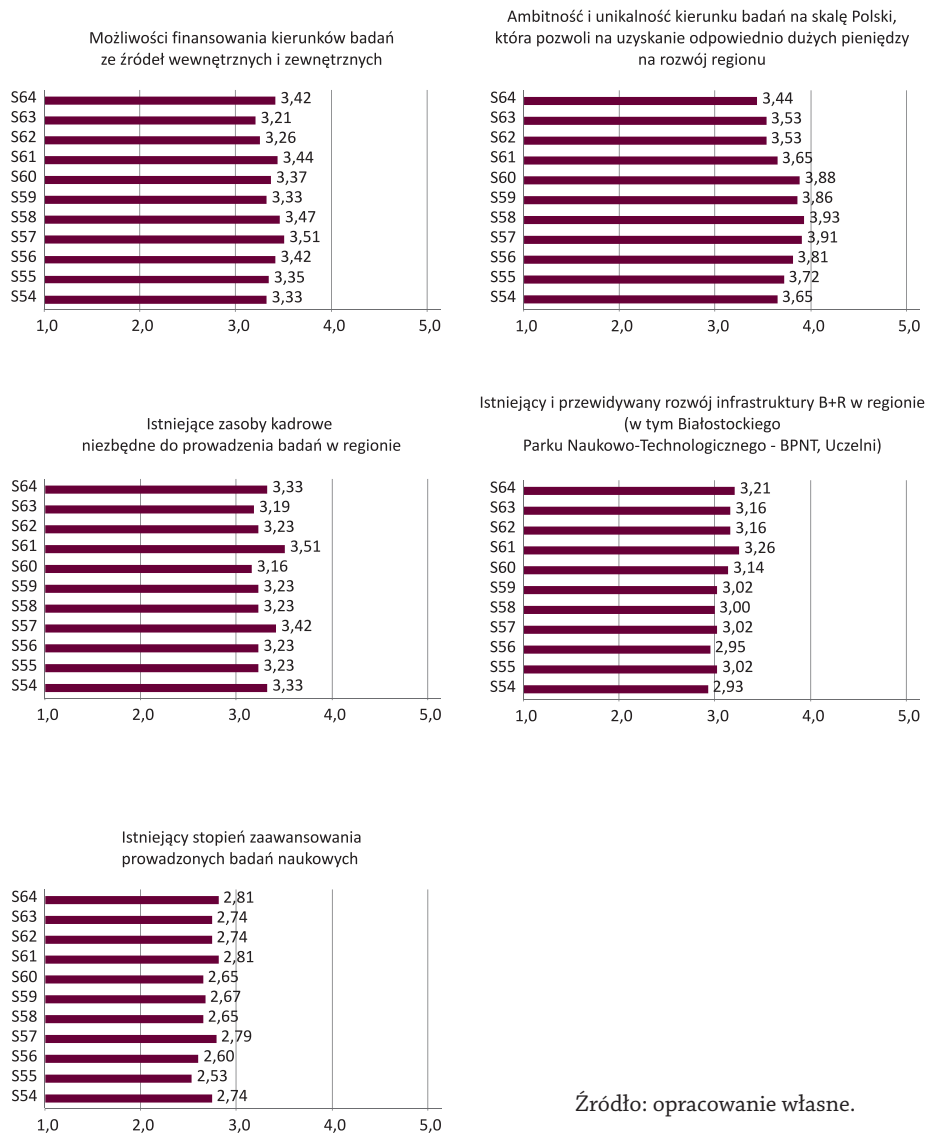
Rys. 6.17. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru nanomedycyna w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

poziom. Za wysoko wykonalne z powodu wysokiego poziomu *ambitności i unikalności badań* (średnie w tym kryterium na poziomie 4,0 bądź wyższym) uznano: *elektronikę molekularną* (S72), *grafen* (S73), *budowa nowych typów pamięci o czasie dostępu i pojemności wielokrotnie przewyższających obecnie stosowane* (S86), *rozwój nanotechnologii w projektowaniu i realizacji układów scalonych VLSI z precyzją znacznie poniżej 10 nm* (S87) oraz *badania w zakresie budowy i konstrukcji nowych elementów na potrzeby mikroelektroniki* (S88). Najniżej ocenionym kierunkiem w kontekście *możliwości jego finansowania* były *wyświetlacze OLED* (S79). Kierunek ten uzyskał równocześnie dość niskie oceny w obrębie pozostałych kryteriów. Za cechu-

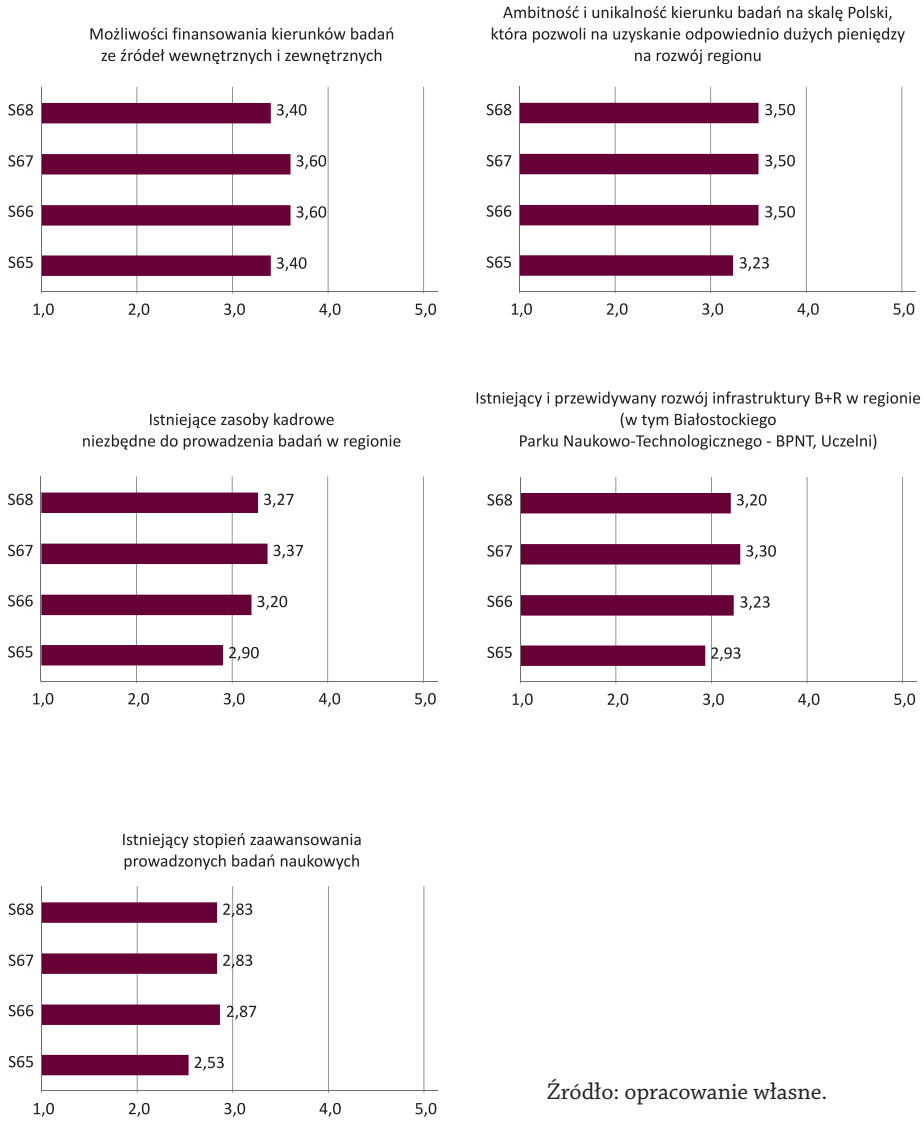
Rys. 6.18. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru bionanotechnologia w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

jący się najniższą *ambitnością oraz unikalnością w skali Polski* uznano *specjalizowane klastry obliczeniowe do analizy i symulacji struktur biochemicznych (np. realizujące programy do modelowania białek oraz procesów oddziaływań międzycząsteczkowych)* (S82). Kolejnym kierunkiem, jaki został oceniony nisko było *stworzenie sieci „design house" na potrzeby mikroelektroniki* (S84). Eksperci wskazali, iż jest to kierunek o najniższym poziomie wykonalności przy uwzględnieniu *istniejących zasobów kadrowych* oraz *istniejącej i przewidywanej infrastruktury B+R* w regionie. Z kolei biorąc pod uwagę *istniejący stopień zaawansowania prowadzonych badań naukowych* najniżej oceniono złożone *mikrosystemy sterowania bazujące na nanotechnologii*

Rys. 6.19. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru rolnictwo i przemysł spożywczy w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności

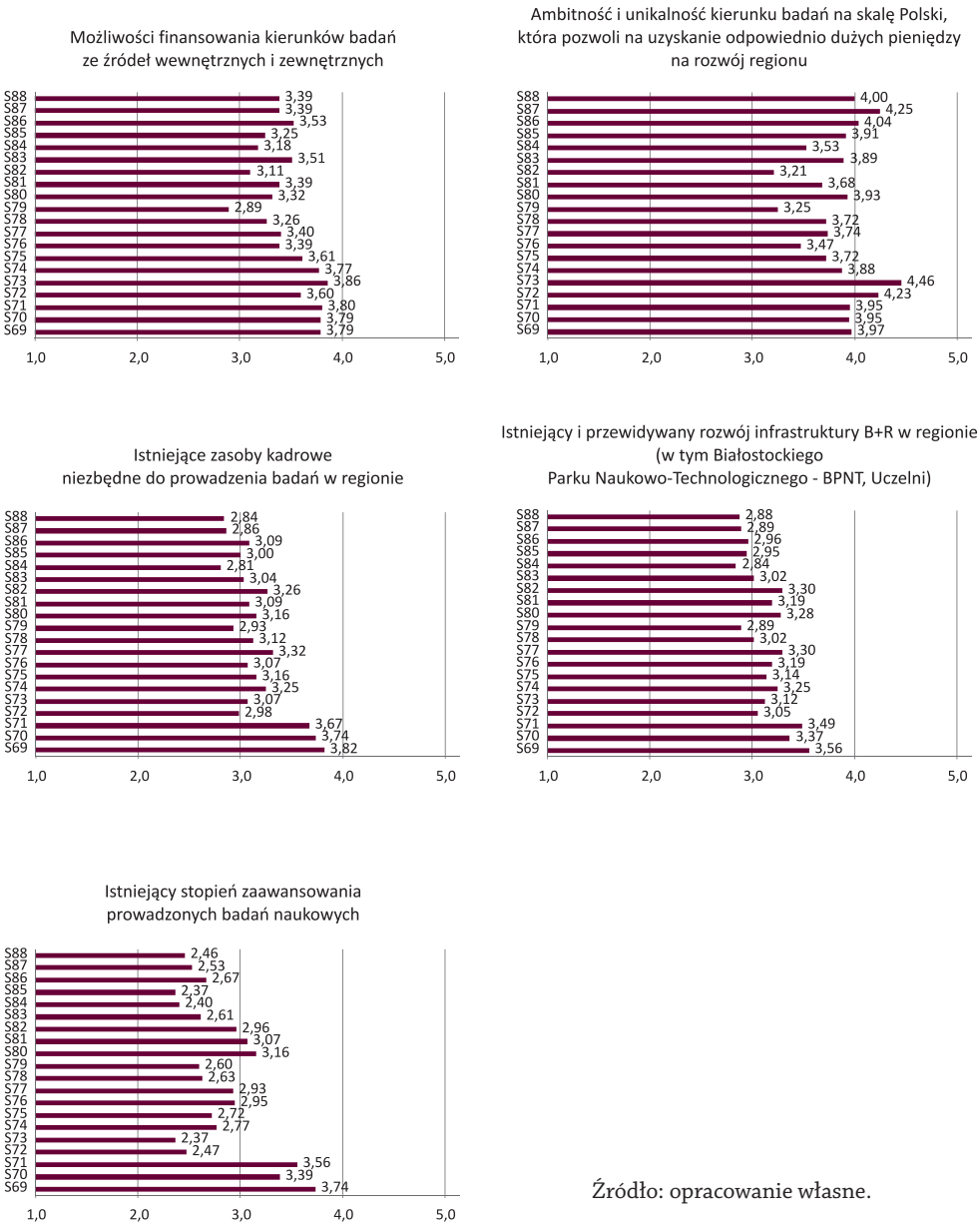


Źródło: opracowanie własne.

(S85) oraz cechujący się najwyższą ambitnością i unikalnością kierunek określony jako *Grafen* (S73).

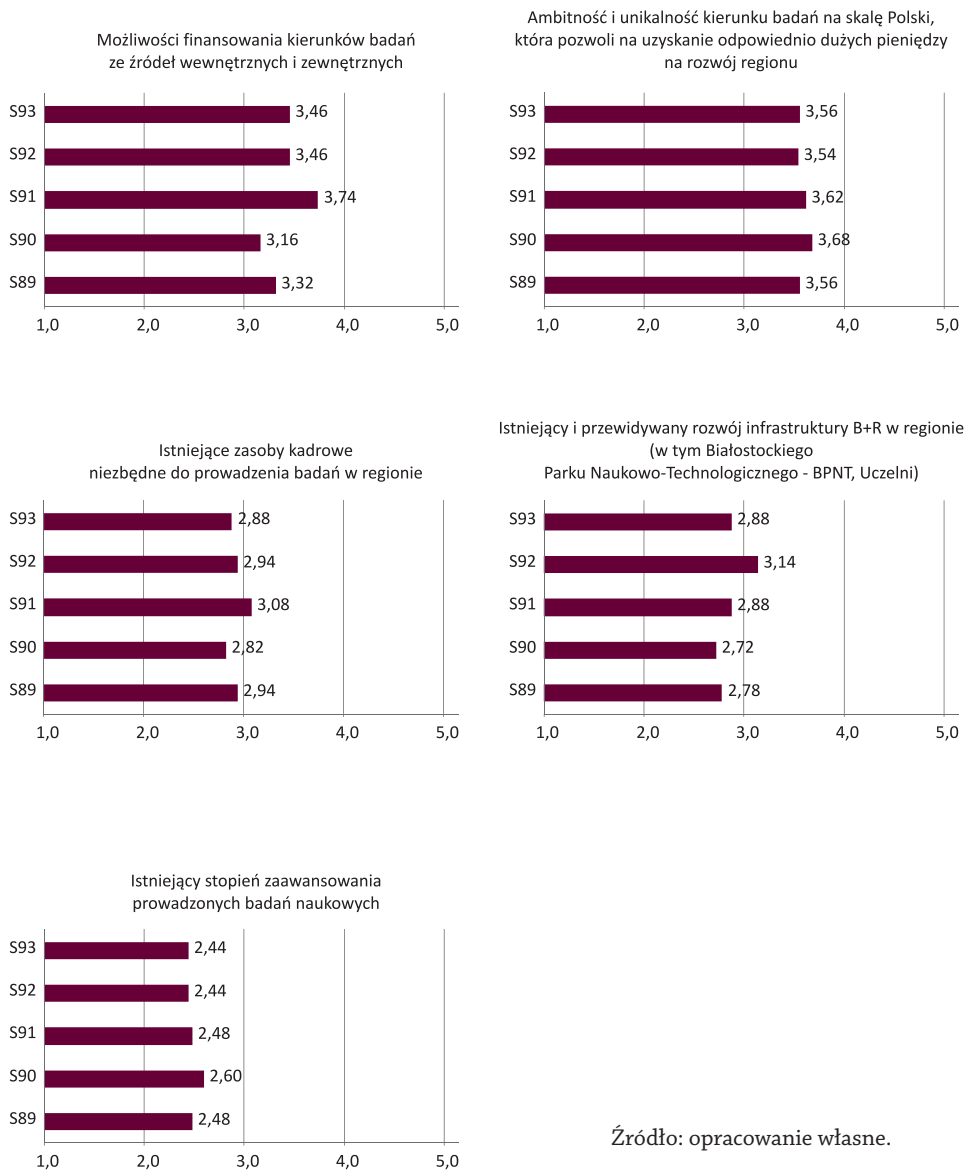
Ostatnim analizowanym obszarem było pięć kierunków badań stosowanych związanych z *energią* (tab. 6.9). Kierunkiem, jakiemu został przypisany najwyższy poziom wykonalności w aspekcie *możliwości jego finansowania* były *ogniwa paliwowe* (S91). Jest to równocześnie kierunek o najwyżej, spośród ocenianych, wykonalności uwzględniającej *istniejące zasoby kadrowe niezbędne do prowadzenia badań*. Przy uwzględnieniu obu tych kryteriów, jak również *istniejącej i przewidywanej infrastruktury B+R w regionie*, najniżej oceniono *rozproszone źródła energii* (S90). Interesującym jest, że był

Rys. 6.20. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru technologie informatyczne, ICT w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 6.21. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru energia w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności



Źródło: opracowanie własne.

to równocześnie kierunek uznany przez ekspertów za kierunek o najwyższym stopniu wykonalności przy uwzględnieniu *ambitności i unikalności kierunku badań na skalę Polski* oraz *istniejącego stopnia zaawansowania prowadzonych badań naukowych*. Podobną sytuację można zauważyć również w wypadku *materiałów do zastosowań w nowoczesnych źródłach energii odnawialnej (baterie słoneczne, nowoczesne materiały w bateriach stałych, żelowych, akumulatorach)* (S92). Kierunek ten w ocenie eksperckiej został wskazany jako ten o najniższym poziomie wykonalności, spośród pozostałych w obszarze, pod względem *ambitności i unikalności*

na skalę Polski, jak również *istniejącego stopnia zaawansowania prowadzonych badań*. Równocześnie stanowił kierunek przodujący w aspekcie *istniejącego i przewidywanego rozwoju infrastruktury B+R w regionie*. Za kierunek o najniższej wykonalności ze względu na *stopień zaawansowania prowadzonych badań* uznano również *nanocząstki i nanokompozyty jako materiały o właściwościach fotowoltaicznych* (S93). W wypadku pozostałych kryteriów plasował się on w środku zestawień. Należy również zauważyć, że pod względem ostatniego z kryteriów prawie wszystkie kierunki (z wyjątkiem kierunku oznaczonego symbolem S90) zostały ocenione na niskim poziomie. Zestawienia graficzne dotyczące obszaru *energia* zaprezentowano na rys. 6.21.

Najwyższy poziom wykonalności został określony przez ekspertów dla kryterium *ambitność i unikalność kierunku badań na skalę Polski, która pozwoli na uzyskanie odpowiednio dużych pieniędzy na rozwój regionu*. Wysoki poziom prezentują również *możliwości finansowania kierunków badań ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych*. Podobnie jak w wypadku kierunków stosowanych najniższe noty zauważalne są w obrębie *istniejącego stopnia zaawansowania prowadzonych badań naukowych*. Nieco wyżej, ale również nisko oceniono w poszczególnych kierunkach kryterium wykonalności: *istniejący i przewidywany rozwój infrastruktury B+R w regionie (w tym Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego, uczelni)* oraz *istniejące zasoby kadrowe niezbędne do prowadzenia badań w regionie*.

6.4. Interpretacja graficznego odwzorowania kierunków badań stosowanych w układzie współrzędnych atrakcyjność–wykonalność

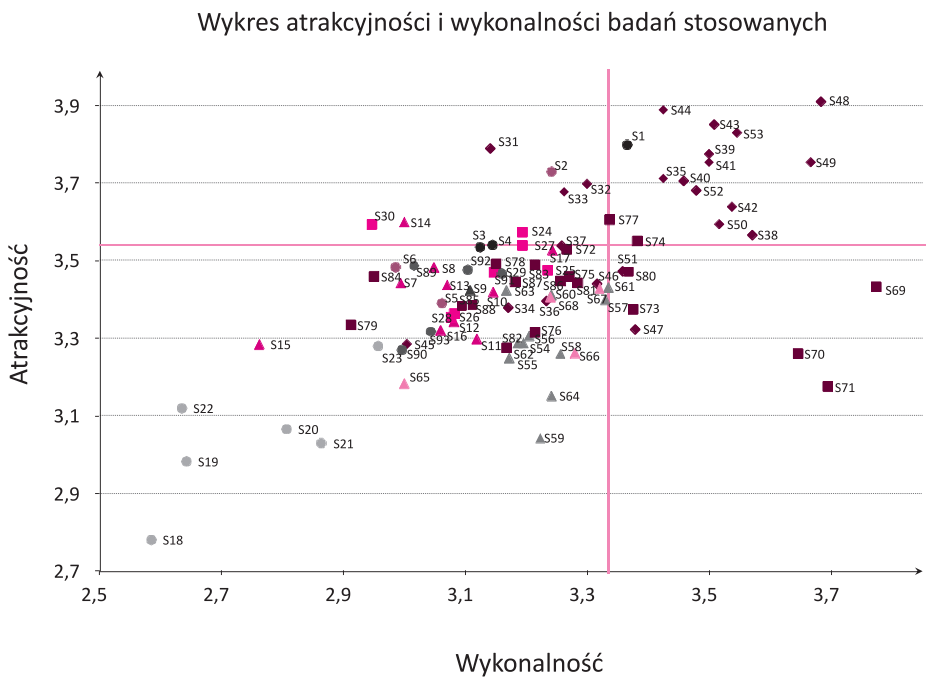
Podobnie, jak w odniesieniu do kierunków podstawowych, przeprowadzono graficzne odwzorowanie kierunków badań stosowanych. Uwzględnienie obu kryteriów – atrakcyjności oraz wykonalności – umożliwiło przedstawienie zależności pomiędzy dokonanymi ocenami na płaszczyźnie zaprezentowanej na rys. 6.22.

Analizując płaszczyznę zależności kierunków badań stosowanych widoczna jest zdecydowanie mniejsza zależność pomiędzy ocenami, niż to miało miejsce w przypadku badań podstawowych. I rzeczywiście, w prezentowanym na rys. 6.22 wykresie zależność ta jest zdecydowanie niższa (współczynnik korelacji liniowej wyniósł jedynie 0,59). W wypadku kierunków stosowanych eksperci nie byli skłonni do wskazywania poszczególnych kierunków stosowanych jako równie atrakcyjne, jak i wykonalne. Szczególnie jest to widoczne w odniesieniu do trzech kierunków z grupy kierunków informatycznych i ICT (spintronika): *nanostruktury magnetyczne* (S69), *metody wytwarzania nanomagnesów* (S70) i *magnetometria magnetooptyczna* (S71). Kierunki te należały do kierunków o wysokiej wykonalności, ale jednocześnie o stosunkowo niskiej atrakcyjności.

Na przedstawionym wykresie umieszczone zostały również dwie linie obrazujące wartość kwartyla trzeciego ocen atrakcyjności (3,54) i wykonalności (3,34) kierunków badań stosowanych. Umożliwiło to wyłonienie zestawu kilkunastu kierunków o najwyższym poziomie zarówno atrakcyjności, jak i wykonalności.

Korzystając z podziału płaszczyzny przedstawionego na rysunku 6.22 wybrano 16 kluczowych kierunków badań stosowanych. Zestaw tych kierunków prezentuje tab. 6.10.

Rys. 6.22. Płaszczyzna kierunków badań stosowanych w układzie współrzędnych atrakcyjność-wykonalność



Źródło: opracowanie własne.

Tab. 6.10. Wykaz kluczowych kierunków badań stosowanych

Lp	Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań	Symbol
1	Przemysł drzewny	Nanotechnologie wykorzystujące drewno jako surowiec	Badania właściwości nanokompozytów lignocelulozowych oraz nanocząstek celulozowych pod kątem zastosowań w przemyśle drzewnym i budownictwie	S1
2	Nanomedycyna	Diagnostyka	Badania nad mikrosensorami i systemami detekcyjnymi wykorzystywanymi w diagnostyce medycznej	S35
3	Nanomedycyna	Implanty	Trwałe implanty	S38
4	Nanomedycyna	Implanty	Resorbowalne implanty	S39
5	Nanomedycyna	Implanty	Nanomodyfikacje implantów	S40
6	Nanomedycyna	Implanty	Materiały kompozytowe dla chirurgii kostnej i stomatologii	S41
7	Nanomedycyna	Implanty	Biomateriały dla inżynierii tkankowej (*scaffolds*)	S42
8	Nanomedycyna	Medycyna regeneracyjna	Nanoustrukturyzowane biomateriały (opatrunki, implanty, rusztowania dla inżynierii tkankowej, itp.)	S43
9	Nanomedycyna	Medycyna regeneracyjna	Nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości	S44
10	Nanomedycyna	Technika medyczna	Opracowanie technologii wytwarzania nanostruktur specyficznych dla regionu, na przykład na bazie propolisu i srebra do leczenia ran i oparzeń	S48
11	Nanomedycyna	Inżynieria powierzchni	Nanowarstwy i nanopowłoki w technologiach medycznych	S49
12	Nanomedycyna	Inżynieria powierzchni	Wpływ na biokompatybilność materiałów wprowadzanych do organizmu człowieka	S50
13	Nanomedycyna	Inżynieria powierzchni	Badanie właściwości antyseptycznych	S52
14	Nanomedycyna	Inżynieria powierzchni	Zastosowanie nanotechnologii w wytwarzaniu różnych powłok, na przykład biobójczych, biostatycznych, antyelektrostatycznych, hydrofobowych, ochronnych przed promieniowaniem elektromagnetycznym	S53
15	Technologie informatyczne, ICT	Elektronika i optyka	Nanomateriały dla elektroniki drukowanej	S74
16	Technologie informatyczne, ICT	Elektronika i optyka	Czujniki optoelektroniczne	S77

Źródło: opracowanie własne.

7. Priorytetyzacja kierunków badań

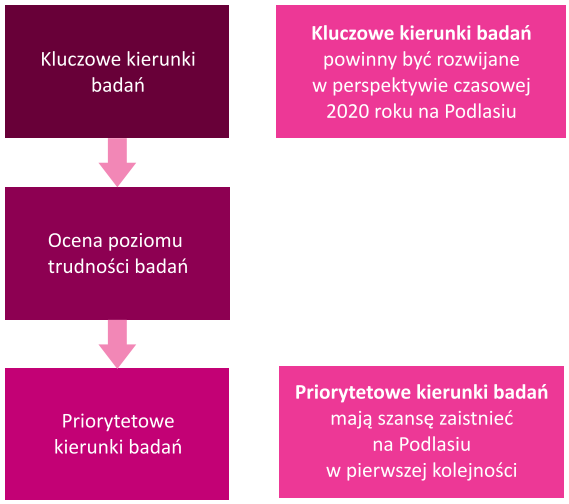
7.1. Metodyka priorytetyzacji kierunków badań

Priorytetyzacja kierunków badań naukowych została przeprowadzona na bazie oceny eksperckiej poziomu trudności badań (rys. 7.1).

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 szanse zaistnieć w województwie podlaskim w pierwszej kolejności.

Proces priorytetyzacji kierunków badań przeprowadzono z wykorzystaniem metody opartej na wskaźniku poziomu trudności badań (*Research and Development Degree of Difficulty*). W metodzie opracowanej przez J.C. Mankinsa z Centrum Lotów Kosmicznych NASA w 1998 roku wyróżniono pięć poziomów trudności badań (tab. 7.1), [38].

Rys. 7.1. Ocena poziomu trudności badań



Źródło: opracowanie własne.

Tab. 7.1. Klasyfikacja poziomów trudności badań i rozwoju

Poziom	Charakterystyka	Prawdopodobieństwo sukcesu [%]
1	Bardzo niski (oczekiwany) poziom trudności w osiągnięciu założonych celów odnośnie koncepcji systemu, jego zasad działania, niezawodności i kosztów. Potrzeba jednostkowych badań gwarantujących wysokie prawdopodobieństwo sukcesu w obszarach późniejszych zastosowań	99
2	Umiarkowany (oczekiwany) poziom trudności w osiągnięciu założonych celów ograniczony, prawdopodobnie, do pojedynczych prób. Niewykluczona potrzeba podjęcia dodatkowych prób znalezienia alternatywnego rozwiązania dla zagwarantowania wysokiego prawdopodobieństwa sukcesu w obszarach późniejszych zastosowań	90
3	Oczekiwany wysoki poziom trudności w osiągnięciu założonych celów, wymagający podjęcia wczesnych prac nad opracowaniem i sprawdzeniem co najmniej dwóch rozwiązań technologicznych w celu opracowania alternatyw późniejszych rozwiązań systemowych gwarantujących wysokie prawdopodobieństwo sukcesu w obszarach późniejszych zastosowań	80
4	Oczekiwany bardzo wysoki poziom trudności w osiągnięciu założonych celów, wymagający podjęcia wczesnych prac nad opracowaniem i sprawdzeniem wielu różnych rozwiązań technologicznych w celu opracowania alternatyw późniejszych rozwiązań systemowych gwarantujących wysokie prawdopodobieństwo sukcesu w obszarach późniejszych zastosowań	50
5	Niezwykle wysoki oczekiwany poziom trudności, związany z koniecznością podjęcia pewnych badań podstawowych w celu zdefiniowania możliwych rozwiązań systemowych	20

Źródło: opracowane na podstawie [38].

Za priorytetowe kierunki badań zostały uznane te kierunki, w których poddawany ocenie poziom trudności badań gwarantuje relatywnie wysokie prawdopodobieństwo sukcesu osiągnięcia zakładanych celów badawczych. Docelowo takie cechy charakteryzuje poziom 3, w którym wysoki poziom trudności badań naukowych związany jest z 80% prawdopodobieństwem sukcesu.

Dodatkowo, w trakcie badań poproszono ekspertów o wskazanie przewidywanego czasu osiągnięcia zakładanych celów badawczych z wyszczególnieniem perspektywy krótkookresowej (1-2 lata), średniookresowej (3-5 lat) i długookresowej (powyżej 5 lat).

Wyłonienie priorytetowych kierunków przeprowadzono z wykorzystaniem kwestionariusza elektronicznego. Każdego z ekspertów poproszono o wskazanie poziomu trudności badań dla każdego z kierunków badań w obszarze nanotechnologii. Wzór kwestionariusza badawczego przedstawiono na rysunku 7.2.

Ostatecznym efektem prac jest lista priorytetowych kierunków badań naukowych w zakresie nanotechnologii na terenie województwa podlaskiego.

Rys. 7.2. Wzór przykładowego formularza oceny poziomu trudności badań

	Poziom trudności badań (skala od 1 do 5)	Perspektywa osiągnięcia celów badawczych (skala od 1 do 3)
Kierunek 1		
Kierunek 2		
Kierunek 3		
...		
Kierunek n		

Źródło: opracowanie własne.

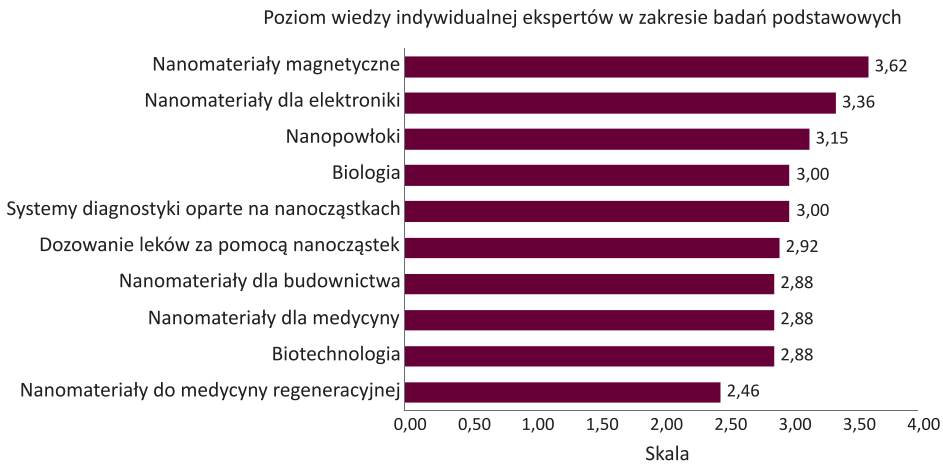
7.2. Ocena trudności badań naukowych

Ocena trudności badań naukowych została przeprowadzona w formie elektronicznej poprzez wypełnienie przez grupę ekspertów POB2 przygotowanego przez Kluczowy Zespół Badawczy formularza priorytetyzacji (załącznik 6). Eksperci wraz z formularzem otrzymali przyjęty na potrzeby prac panelu opis klasyfikacji poziomów trudności badań i rozwoju (tab. 7.1). Wedle założeń, poproszono ekspertów o nadanie wytypowanym wcześniej kluczowym kierunkom badań podstawowych i stosowanych oceny poziomu trudności badań w 5 stopniowej skali. Dodatkowo, poproszono też o określenie przewidywanej perspektywy osiągnięcia zakładanych celów badawczych w skali 1-3, gdzie 1 – perspektywa wynosi 1-2 lata, 2 – perspektywa 3-5 lat, 3 – powyżej 5 lat. Wszystkie uzyskane oceny zostały „zważone" deklarowanym indywidualnym poziomem wiedzy każdego z ekspertów w danym obszarze.

Wyboru ekspertów do panelu POB2 dokonano spośród przedstawicieli różnych dziedzin nauki, dlatego też deklarowali oni zróżnicowany poziom wiedzy indywidualnej. Nie mniej jednak, analizując kluczowe kierunki badań podstawowych i stosowanych można zauważyć, że średni poziom wiedzy eksperckiej plasuje się na poziomie 3,02 w zakresie badań podstawowych (rys. 7.3) i 2,95 w zakresie badań stosowanych (rys. 7.4), co oznacza przeciętny poziom wiedzy.

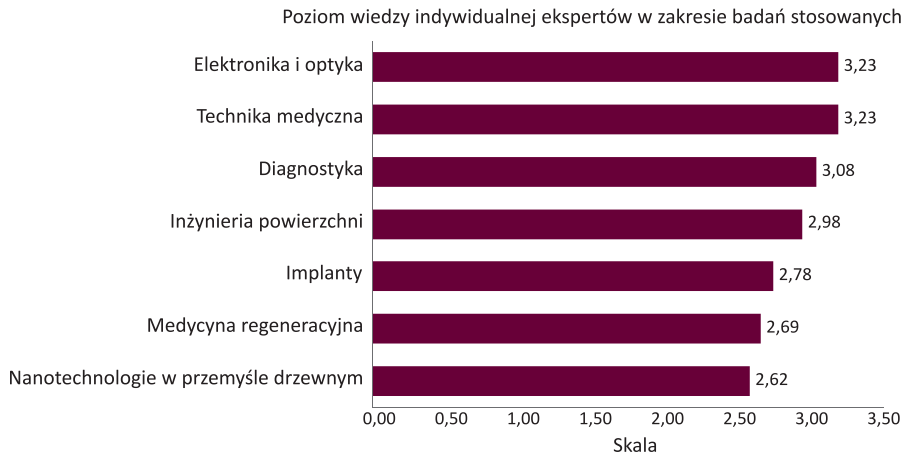
W wypadku kierunków badań podstawowych najwyższy poziom wiedzy wśród ekspertów, powyżej średniej, wykazano w obszarze *nanomateriałów magnetycznych* (3,62), *nanomateriałów dla elektroniki* (3,36) oraz *nanopowłok* (3,15). Najniższy poziom wiedzy eksperckiej odnotowano w obszarze *nanomateriałów do medycyny regeneracyjnej* (2,46). Indywidualny poziom wiedzy eksperckiej w zakresie badań stosowanych oscylował w granicach 2,62 dla *Nanotechnologii w przemyśle drzewnym* do 3,23 w *elektronice i optyce*.

Rys. 7.3. Deklarowany poziom wiedzy indywidualnej ekspertów w zakresie badań podstawowych



Źródło: opracowanie własne.

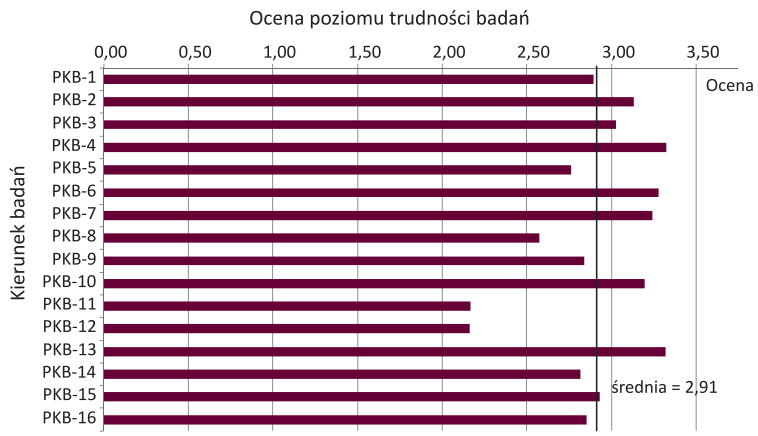
Rys. 7.4. Deklarowany poziom wiedzy indywidualnej ekspertów w zakresie badań stosowanych



Źródło: opracowanie własne.

Uśrednione oceny ekspertów dotyczące poziomu trudności badań i perspektyw osiągnięcia zakładanych celów badawczych poszczególnych kierunków badań podstawowych zostały przedstawione w tab. 7.2, a kierunków badań stosowanych w tab. 7.3. Dodatkowo uzyskane wyniki zobrazowano na wykresach (rys. 7.5-7.8).

Rys. 7.5. Ocena ekspercka poziomu trudności badań podstawowych z uwzględnieniem indywidualnego poziomu wiedzy eksperckiej w poszczególnych obszarach

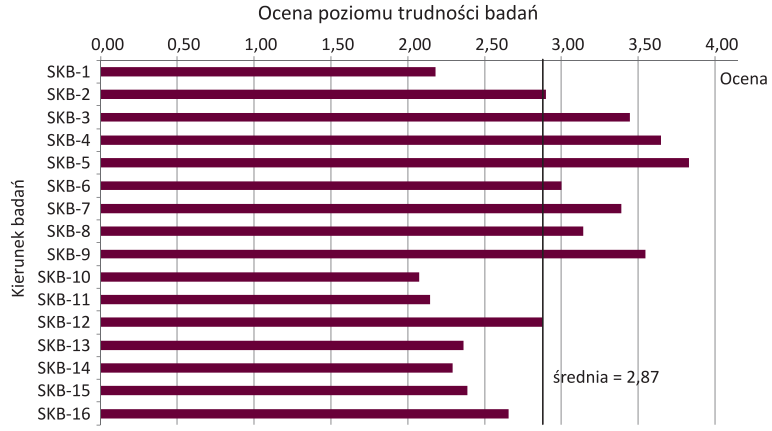


Źródło: opracowanie własne.

Rys. 7.6. Ocena ekspercka przewidywanej perspektywy osiągnięcia zakładanych celów badawczych badań podstawowych z uwzględnieniem indywidualnego poziomu wiedzy eksperckiej w poszczególnych obszarach

Źródło: opracowanie własne.

Rys. 7.7. Ocena ekspercka poziomu trudności badań stosowanych z uwzględnieniem indywidualnego poziomu wiedzy eksperckiej w poszczególnych obszarach



Źródło: opracowanie własne.

Tab. 7.2. Uśrednione oceny poziomu trudności badań podstawowych i przewidywanej perspektywy osiągnięcia zakładanych celów badawczych uwzględniające indywidualny poziom wiedzy ekspertów

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań podstawowych	Symbol	Ocena poziomu trudności badań	Przewidywana perspektywa osiągnięcia zakładanych celów badawczych
Nanomedycyna	Systemy diagnostyki oparte na nanocząstkach	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek do potrzeb diagnostyki medycznej	PKB-1	2,98	2,39
Nanomedycyna	Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych	PKB-2	3,11	2,75
		Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów	PKB-3	3,24	2,83
Nanomedycyna	Nanomateriały do medycyny regeneracyjnej	Opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej	PKB-4	3,18	2,84
Biotechnologia	Biologia	Monitorowanie i ochrona biosystemów z wykorzystaniem nanotechnologii	PKB-5	2,72	2,70
Biotechnologia	Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	Badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko	PKB-6	3,17	2,50
		Nanotechnologie antybakteryjne	PKB-7	3,07	2,42
Nanomateriały	Modelowanie procesów otrzymywania nanomateriałów	Nanopowłoki	PKB-8	2,57	2,15
Nanomateriały	Nanomateriały dla medycyny	Nanoustrukturyzowane biomateriały	PKB-9	2,79	2,56
		Środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów	PKB-10	3,02	2,50
Nanomateriały	Nanomateriały dla budownictwa	Nanomateriały wprowadzające hydroizolacyjność materiałów budowlanych	PKB-11	2,15	1,80
		Nanomateriały wzmacniające konstrukcje budowlane	PKB-12	2,21	2,10
Nanomateriały	Nanomateriały dla elektroniki	Grafen	PKB-13	3,25	2,44
		Nanorurki węgla	PKB-14	2,82	2,16
		Nanocząstki i nanodruty metalowe	PKB-15	2,85	2,31
Nanomateriały	Nanomateriały magnetyczne	Ultracienkie warstwy magnetyczne	PKB-16	2,83	2,34

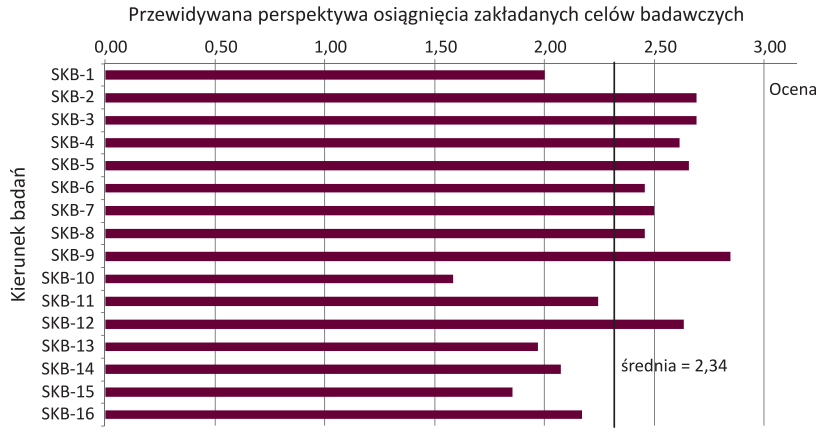
Źródło: opracowanie własne.

Tab. 7.3. Uśrednione oceny poziomu trudności badań stosowanych i przewidywanej perspektywy osiągnięcia zakładanych celów badawczych uwzględniające indywidualny poziom wiedzy ekspertów

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań stosowanych	Symbol	Ocena poziomu trudności badań	Przewidywana perspektywa osiągnięcia zakładanych celów badawczych
Przemysł drzewny	Nanotechnologie wykorzystujące drewno jako surowiec	Badania właściwości nanokompozytów lignocelulozowych oraz nanocząstek celulozowych pod kątem zastosowań w przemyśle drzewnym i budownictwie	SKB-1	2,21	2,00
Nanomedycyna	Diagnostyka	Badania nad mikrosensorami i systemami detekcyjnymi wykorzystywanymi w diagnostyce medycznej	SKB-2	2,82	2,60
Nanomedycyna	Implanty	Trwałe implanty	SKB-3	3,24	2,52
		Resorbowalne implanty	SKB-4	3,46	2,59
		Nanomodyfikacje implantów	SKB-5	3,63	2,56
		Materiały kompozytowe dla chirurgii kostnej i stomatologii	SKB-6	2,95	2,40
		Biomateriały dla inżynierii tkankowej (scaffolds)	SKB-7	3,33	2,43
Nanomedycyna	Medycyna regeneracyjna	Nanoustrukturyzowane biomateriały (opatrunki, implanty, rusztowania dla inżynierii tkankowej, itp.)	SKB-8	2,98	2,39
		Nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości	SKB-9	3,46	2,72
Nanomedycyna	Technika medyczna	Opracowanie technologii wytwarzania nanostruktur specyficznych dla regionu, na przykład na bazie propolisu i srebra do leczenia ran i oparzeń	SKB-10	2,09	1,54
Nanomedycyna	Inżynieria powierzchni	Nanowarstwy i nanopowłoki w technologiach medycznych	SKB-11	2,13	2,21
		Wpływ na biokompatybilność materiałów wprowadzanych do organizmu człowieka	SKB-12	2,82	2,54
		Badanie właściwości antyseptycznych	SKB-13	2,17	1,98
		Zastosowanie nanotechnologii w wytwarzaniu różnych powłok, na przykład biobójczych, biostatycznych, antyelektrostatycznych, hydrofobowych, ochronnych przed promieniowaniem elektromagnetycznym	SKB-14	2,10	2,00
Technologie informatyczne, ICT	Elektronika i optyka	Nanomateriały dla elektroniki drukowanej	SKB-15	2,22	1,78
		Czujniki optoelektroniczne	SKB-16	2,56	2,15

Źródło: opracowanie własne.

Rys. 7.8. Ocena ekspercka przewidywanej perspektywy osiągnięcia zakładanych celów badawczych badań stosowanych z uwzględnieniem indywidualnego poziomu wiedzy eksperckiej w poszczególnych obszarach



Źródło: opracowanie własne.

Analizując oceny poziomu trudności badań uzyskane dla kierunków badań podstawowych (rys. 7.5) można zauważyć, że mieszczą się one w granicach 2,15 (PKB-11: *nanomateriały wprowadzające hydroizolacyjność materiałów budowlanych*) – 3,25 (PKB-13: *grafen*). Oznacza to, że kluczowe kierunki badań podstawowych charakteryzują się oczekiwanym umiarkowanym bądź też wysokim poziomem trudności w osiągnięciu założonych celów, wymagającym dodatkowej pracy ze strony badaczy. Nie mniej jednak cechuje je także wysokie prawdopodobieństwo sukcesu, na poziomie 80-90%.

Jeśli zaś przeanalizuje się przewidywaną perspektywę osiągnięcia zakładanych celów badawczych (rys. 7.6), można zauważyć, że zdaniem ekspertów będzie ona nie krótsza niż 2 lata, a w niektórych przypadkach może przekroczyć nawet 5 lat. Najszybciej zakładane cele badawcze będzie można osiągnąć realizując badania dotyczące *nanomateriałów wprowadzających hydroizolacyjność materiałów budowlanych* (PKB-11), a w największą cierpliwość trzeba będzie się uzbroić przy badaniach nad *opracowaniem metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej* (PKB-4) oraz *Zastosowaniem nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów* (PKB-3).

W wypadku oceny poziomu trudności kluczowych badań stosowanych (rys. 7.7) można zauważyć, że poszczególne oceny wahają się w granicach 2,09 (SKB-10: *opracowanie technologii wytwarzania nanostruktur specyficznych dla regionu, np. na bazie propolisu i srebra do leczenia ran i oparzeń*) – 3,63 (SKB-5: *nanomodyfikacje implantów*). Oznacza to, że kluczowe kierunki badań stosowanych charakteryzują się, podobnie jak kluczowe kierunki badań podstawowych, oczekiwanym umiarkowanym bądź też wysokim poziomem trudności w osiągnięciu założonych celów, wymagającym dodatkowej pracy ze strony badaczy. Cechuje je również wysokie prawdopodobieństwo sukcesu, na poziomie 80-90%, chociaż w niektórych wypadkach może ono zmaleć nawet do 50%.

Przewidywana perspektywa osiągnięcia zakładanych celów badawczych (rys. 7.8) pokazuje, że będzie ona oscylować w okresie 2-5 lat. Najszybciej zakładane cele badawcze będzie można osiągnąć realizując badania nad *opracowaniem technologii wytwarzania nanostruktur specyficznych dla regionu, np. na bazie propolisu i srebra do leczenia ran i oparzeń* (SKB-10), a największą cierpliwością trzeba będzie się wykazać przy badaniach nad *nanomateriałami i nanotechnologiami dla regeneracji tkanek i kości* (SKB-9).

7.3. Ranking kierunków badań z uwzględnieniem poziomu trudności badań

Analiza ocen eksperckich dotyczących poziomu trudności poszczególnych kierunków badań zidentyfikowanych w toku prac panelu jako kluczowe, pozwoliła na sporządzenie rankingu kierunków badań kluczowych w aspekcie ich rozwoju na terenie województwa podlaskiego w perspektywie 2020 roku. Wyniki zaprezentowano w tab. 7.4 (badania podstawowe) i tab. 7.5 (badania stosowane).

Tab. 7.4. Ranking kluczowych kierunków badań podstawowych uwzględniający deklarowany poziom wiedzy ekspertów

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań podstawowych	Symbol	Poziom trudności badań
Nanomateriały	Nanomateriały dla elektroniki	Grafen	PKB-13	3,25
Nanomedycyna	Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów	PKB-3	3,24
Nanomedycyna	Nanomateriały do medycyny regeneracyjnej	Opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej	PKB-4	3,18
Biotechnologia	Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	Badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko	PKB-6	3,17
Nanomedycyna	Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych	PKB-2	3,11
Biotechnologia	Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	Nanotechnologie antybakteryjne	PKB-7	3,07
Nanomateriały	Nanomateriały dla medycyny	Środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów	PKB-10	3,02
Nanomedycyna	Systemy diagnostyki oparte na nanocząstkach	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek na potrzeby diagnostyki medycznej	PKB-1	2,98
Nanomateriały	Nanomateriały dla elektroniki	Nanocząstki i nanodruty metalowe	PKB-15	2,85
Nanomateriały	Nanomateriały magnetyczne	Ultracienkie warstwy magnetyczne	PKB-16	2,83
Nanomateriały	Nanomateriały dla elektroniki	Nanorurki węgla	PKB-14	2,82
Nanomateriały	Nanomateriały dla medycyny	Nanoustrukturyzowane biomateriały	PKB-9	2,79
Biotechnologia	Biologia	Monitorowanie i ochrona biosystemów z wykorzystaniem nanotechnologii	PKB-5	2,72
Nanomateriały	Modelowanie procesów otrzymywania nanomateriałów	Nanopowłoki	PKB-8	2,57
Nanomateriały	Nanomateriały dla budownictwa	Nanomateriały wzmacniające konstrukcje budowlane	PKB-12	2,21
Nanomateriały	Nanomateriały dla budownictwa	Nanomateriały wprowadzające hydroizolacyjność materiałów budowlanych	PKB-11	2,15

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 7.5. Ranking kluczowych kierunków badań stosowanych uwzględniający deklarowany poziom wiedzy ekspertów

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań stosowanych	Symbol	Poziom trudności badań
Nanomedycyna	Implanty	Nanomodyfikacje implantów	SKB-5	3,63
Nanomedycyna	Implanty	Resorbowalne implanty	SKB-4	3,46
Nanomedycyna	Medycyna regeneracyjna	Nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości	SKB-9	3,46
Nanomedycyna	Implanty	Biomateriały dla inżynierii tkankowej (scaffolds)	SKB-7	3,33
Nanomedycyna	Implanty	Trwałe implanty	SKB-3	3,24
Nanomedycyna	Medycyna regeneracyjna	Nanoustrukturyzowane biomateriały (opatrunki, implanty, rusztowania dla inżynierii tkankowej)	SKB-8	2,98
Nanomedycyna	Implanty	Materiały kompozytowe dla chirurgii kostnej i stomatologii	SKB-6	2,95
Nanomedycyna	Diagnostyka	Badania nad mikrosensorami i systemami detekcyjnymi wykorzystywanymi w diagnostyce medycznej	SKB-2	2,82
Nanomedycyna	Inżynieria powierzchni	Wpływ na biokompatybilność materiałów wprowadzanych do organizmu człowieka	SKB-12	2,82
Technologie informatyczne, ICT	Elektronika i optyka	Czujniki optoelektroniczne	SKB-16	2,56
Technologie informatyczne, ICT	Elektronika i optyka	Nanomateriały dla elektroniki drukowanej	SKB-15	2,22
Przemysł drzewny	Nanotechnologie wykorzystujące drewno jako surowiec	Badania właściwości nanokompozytów lignocelulozowych oraz nanocząstek celulozowych pod kątem zastosowań w przemyśle drzewnym i budownictwie	SKB-1	2,21
Nanomedycyna	Inżynieria powierzchni	Badanie właściwości antyseptycznych	SKB-13	2,17
Nanomedycyna	Inżynieria powierzchni	Nanowarstwy i nanopowłoki w technologiach medycznych	SKB-11	2,13
Nanomedycyna	Inżynieria powierzchni	Zastosowanie nanotechnologii w wytwarzaniu różnych powłok, np. biobójczych, biostatycznych, antyelektrostatycznych, hydrofobowych, ochronnych przed promieniowaniem elektromagnetycznym	SKB-14	2,10
Nanomedycyna	Technika medyczna	Opracowanie technologii wytwarzania nanostruktur specyficznych dla regionu, na przykład na bazie propolisu i srebra do leczenia ran i oparzeń	SKB-10	2,09

Źródło: opracowanie własne.

7.4. Wykaz priorytetowych kierunków badań

Po wnikliwej analizie przeprowadzonej przez Kluczowy Zespół Badawczy ustalono, że jako priorytetowe, spośród kluczowych kierunków badań, należy uznać te, w których poddawany ocenie poziom trudności badań gwarantuje relatywnie wysokie prawdopodobieństwo sukcesu osiągnięcia zakładanych celów badawczych. Docelowo takie cechy charakteryzuje poziom 3, w którym poziom trudności badań naukowych oceniany jest jako wysoki, ale związany jest z prawdopodobieństwem sukcesu na poziomie 80%. W związku z tym założeniem wybrano siedem priorytetowych podstawowych kierunków badań (tab. 7.6) oraz pięć priorytetowych stosowanych kierunków badań (tab. 7.7).

Tab. 7.6. Wykaz priorytetowych podstawowych kierunków badań (PPKB)

Lp	Symbol	Kierunek badań	Kategoria	Obszar badań
1.	PPKB-1	*Grafen* (PKB-13)	Nanomateriały dla elektroniki	Nanomateriały
2.	PPKB-2	*Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów* (PKB-3)	Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	Nanomedycyna
3.	PPKB-3	*Opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej* (PKB-4)	Nanomateriały do medycyny regeneracyjnej	Nanomedycyna
4.	PPKB-4	*Badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko* (PKB-6)	Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	Biotechnologia
5.	PPKB-5	*Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych* (PKB-2)	Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	Nanomedycyna
6.	PPKB-6	*Nanotechnologie antybakteryjne* (PKB-7)	Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	Biotechnologia
7.	PPKB-7	*Środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów* (PKB-10)	Nanomateriały dla medycyny	Nanomateriały

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 7.7. Wykaz priorytetowych stosowanych kierunków badań (PSKB)

Lp	Symbol	Kierunek badań	Kategoria	Obszar badań
1.	PSKB-1	*Nanomodyfikacje implantów* (SKB-5)	Implanty	Nanomedycyna
2.	PSKB-2	*Resorbowalne implanty* (SKB-4)	Implanty	Nanomedycyna
3.	PSKB-3	*Nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości* (SKB-9)	Medycyna regeneracyjna	Nanomedycyna
4.	PSKB-4	*Biomateriały dla inżynierii tkankowej (scaffolds)* (SKB-7)	Implanty	Nanomedycyna
5.	PSKB-5	*Trwałe implanty* (SKB-3)	Implanty	Nanomedycyna

Źródło: opracowanie własne.

8. Charakterystyka priorytetowych kierunków badań

8.1. Karta charakterystyki priorytetowych kierunków badań

W wyniku przeprowadzonych studiów literaturowych Kluczowy Zespół Badawczy wyodrębnił elementy istotne dla opisu zarówno aktualnego stanu wiedzy w zakresie danego kierunku badawczego, jak i perspektyw jego rozwoju. Postanowiono wesprzeć dotychczasowy proces badawczy konsultacją z ekspertami z danej dziedziny. W tym celu opracowano formularz określony mianem karty opisu kierunku badań.

Stwierdzono, że zagadnieniami, które pozwolą na wyczerpujący opis obecnego poziomu wiedzy o kierunkach badań podstawowych i stosowanych są:

- krótka charakterystyka kierunku badań;
- wskazanie głównego oraz szczegółowych celów badań;
- identyfikacja fazy zaawansowania badań (uwzględniając fazy: opracowań teoretycznych, prowadzenia badań doświadczalnych, opracowywania prototypów);
- klasyfikacja kierunku badań;
- słowa kluczowe związane z kierunkiem badań;
- wskazanie możliwości wykorzystania wyników badań na skalę jednostkową lub na skalę masową, bądź obecnego wykorzystania na skalę jednostkową lub na skalę masową;
- identyfikacja krytycznej aparatury niezbędnej do prowadzenia tego typu badań;
- wskazanie niezbędnych wymagań finansowych na realizację tego typu badań;
- ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w województwie podlaskim, w Polsce i na świecie;
- eksperci z zakresu danego kierunku badań w województwie podlaskim, w Polsce i na świecie;
- badania z obszarów pokrewnych, jakie determinują rozwój opisywanego kierunku badań;
- badania z obszarów pokrewnych, na jakie wpływa opisywany kierunek badań;
- potencjalne obszary zastosowań wyników badań naukowych (obszary zastosowań w rozumieniu branż przemysłu);
- korzyści z wdrożenia wyników badań, między innymi takie jak: wzrost znaczenia jednostki naukowej, zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu, wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw, stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych;
- bariery rozwoju kierunku badań, między innymi takie jak: brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu, brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań, brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/możliwości komercjalizacji badań, brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań, brak odpowiednio wyposażonego laboratorium, konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań, brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja;
- stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań;
- identyfikacja specjalnych krajowych oraz unijnych regulacji dotyczących opisywanego kierunku badań;
- wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań;
- najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań.

Z kolei w analizie perspektyw rozwoju kierunków badań wyodrębniono następujące istotne aspekty:

- niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania;
- niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań;
- obszary potencjalnych zastosowań wyników badań;
- kwalifikacje niezbędne do rozwoju danego kierunku badań;
- prace laboratoryjne oraz wdrożeniowe niezbędne do rozwoju danego kierunku badań;
- podmioty, które będą realizowały dane badania.

Eksperci zostali poproszeni o opinię w kwestii każdego z wymienionych aspektów w trzech zadanych perspektywach czasowych.

Z uwagi na fakt, że zebrane dane miały finalnie posłużyć do budowy warstwy badań w tworzonych w projekcie marszrutach rozwoju technologii, ocena dokonana została w perspektywie przyjętej w marszrutach, a więc do 2020 roku. Równocześnie wypełnione karty miały dostarczyć informacji przydatnych w konstruowaniu scenariuszy, czemu poświęcono ostatnią sekcję kwestionariusza.

Finalną kartę opisu kierunku badań przygotowano bazując na każdym z wymienionych aspektów metodycznych. Karta składała się z dwóch części.

CZĘŚĆ I dotyczy opisu aktualnego stanu danego kierunku badań podstawowych lub stosowanych. Zawiera dwadzieścia pięć pytań, spośród których siedem zostało ograniczonych do wyboru jednej opcji z kilku dostępnych, jednak z możliwością podania własnych propozycji. Pozostałe pytania miały charakter otwarty i wymagały od eksperta podania odpowiedzi w formie tekstu.

CZĘŚĆ II składa się z siedmiu pytań związanych z rozwojem danego kierunku badań podstawowych lub stosowanych w trzech wyszczególnionych perspektywach. W odpowiedziach pierwszej sekcji, związanych z perspektywami danego kierunku badawczego uwzględniono trzy przedziały czasowe. Były to lata 2012-2014, 2015-2017 oraz 2018-2020. Eksperci poza udzieleniem odpowiedzi – w podanych przedziałach czasowych – w kwestii rozwoju kierunku badań mogli także zawrzeć swoje uwagi. Jedno z pytań – dotyczące nakładów finansowych – miało charakter zamknięty, pozostałe to pytania otwarte. Sekcja ta dostarcza informacji niezbędnych podczas realizacji metody tworzenia marszrut rozwoju technologii. W części tej zawarto także sekcję składającą się z czterech pytań związanych z szansami na rozwój danego kierunku badań w województwie podlaskim w perspektywie roku 2020, w kontekście stanu czynników wybranych podczas dotychczasowych prac projektowych jako osie scenariuszy. Sformułowane tu pytania związane są z określeniem szans rozwoju wskazanej technologii w warunkach zaistnienia efektywnych lub nieefektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz wysokiego lub niskiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii. Dane pozyskane w tej sekcji wspomogą prace związane z konstrukcją scenariuszy rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim.

Do każdej z kart opisu kierunku badań dołączono w części nagłówkowej tabelę z: (i) wyszczególnionym oznaczeniem kierunku badawczego; (ii) obszarem, w jakim został sklasyfikowany; (iii) wyróżnieniem kategorii kierunku badawczego; (iv) nazwą kierunku oraz (v) wskazaniem kluczowego w danej dziedzinie eksperta.

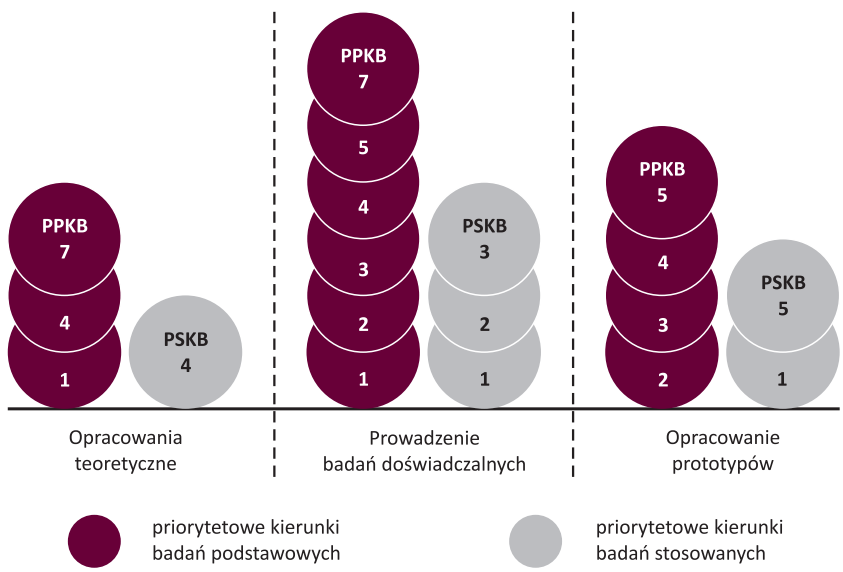
Za kluczowego spośród ekspertów w obrębie kierunku badań uznano tego, który wskazał dany kierunek w toku prac panelu jako kierunek kandydujący. Jeśli ostateczne brzmienie nazwy kierunku badań uległo zmianie, wyboru dokonano spośród ekspertów, których propozycje były zbliżone do finalnie wyłonionego priorytetowego kierunku badawczego i w poszczególnych etapach prac panelu deklarowali co najmniej średni poziom wiedzy w danym obszarze.

Przesłaną do wybranych ekspertów w formie elektronicznej kartę opisu kierunku badań umieszczono w załączniku 7. Szczegółowa analiza wypełnionych przez ekspertów kart opisu pozwoliła na scharakteryzowanie priorytetowych kierunków badań.

Analizując karty opisu priorytetowych kierunków badań zauważono, że zdaniem ekspertów wszystkie priorytetowe kierunki badań podstawowych oraz zdecydowana większość priorytetowych kierunków badań stosowanych jest w fazie doświadczalnej (rys. 8.1).

Zaledwie 3 spośród 7 kierunków badań podstawowych oraz 1 spośród 5 kierunków badań stosowanych są w fazie opracowania teoretycznego. Przykładowo, w fazie opracowań teoretycznych są badania dotyczące między innymi: *grafenu* (PPKB-1), *opracowania skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko* (PPKB-4), *środków antyseptycznych*, *implantów z inteligentnych materiałów* (PPKB-7) oraz *biomateriałów dla inżynierii tkankowej (scaffolds)*, (PSKB-4).

Rys. 8.1. Zbiorcza wizualizacja fazy zaawansowania badań



PPKB-1 – Grafen
PPKB-2 – Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów
PPKB-3 – Opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej
PPKB-4 – Badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko
PPKB-5 – Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych
PPKB-6 – Nanotechnologie antybakteryjne
PPKB-7 – Środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów
PSKB-1 – Nanomodyfikacje implantów
PSKB-2 – Resorbowalne implanty
PSKB-3 – Nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości
PSKB-4 – Biomateriały dla inżynierii tkankowej (scaffolds)
PSKB-5 – Trwałe implanty

Źródło: opracowanie własne.

Z kolei w fazie opracowań prototypów są badania podstawowe związane między innymi z: *nanocząstkami magnetycznymi w separacji makromolekuł i drobnoustrojów* (PPKB-2), *opracowaniem metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej* (PPKB-3), *opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko* (PPKB-4), *opracowaniem metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych* (PPKB-5). Natomiast w przypadku badań stosowanych w fazie prototypów są badania dotyczące: *nanomodyfikacji implantów* (PSKB-1) oraz *trwałych implantów* (PSKB-5).

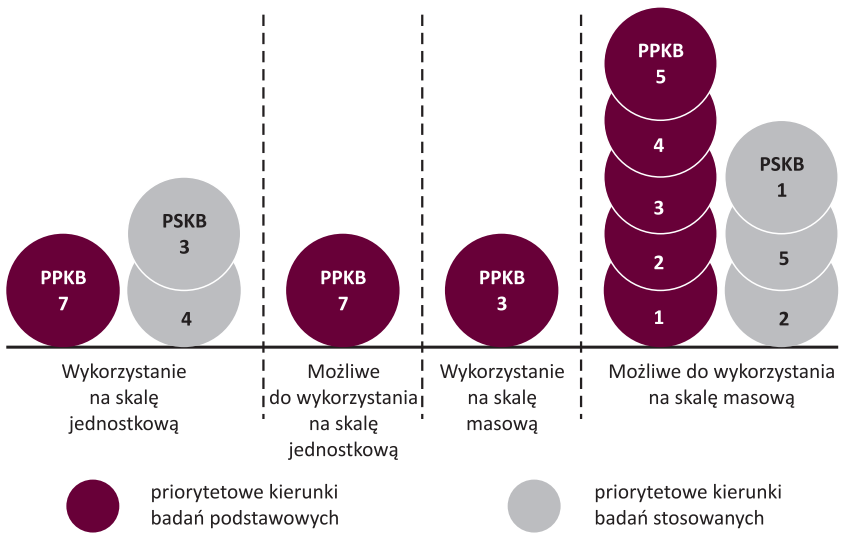
Zauważono również, że w przypadku prowadzenia prac w ramach priorytetowych kierunków badań, otrzymane wyniki w większości mogą być wykorzystywane na skalę masową (rys. 8.2).

Na skalę jednostkową mogą być wykorzystane wyniki badań zrealizowanych w ramach takich kierunków jak: *nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości* (PSKB-3) oraz *biomateriały dla inżynierii tkankowej (scaffolds),*(PSKB-4) a także *środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów* (PPKB-7).

Analizując karty charakterystyki priorytetowych kierunków badań zauważono, że realizacja zdecydowanej większości badań podstawowych i stosowanych prowadzonych w ramach priorytetowych kierunków wymaga wysokich nakładów finansowych – powyżej 10 mln PLN (rys. 8.3).

Z kolei do prowadzenia badań w ramach priorytetowych kierunków związanych mię-

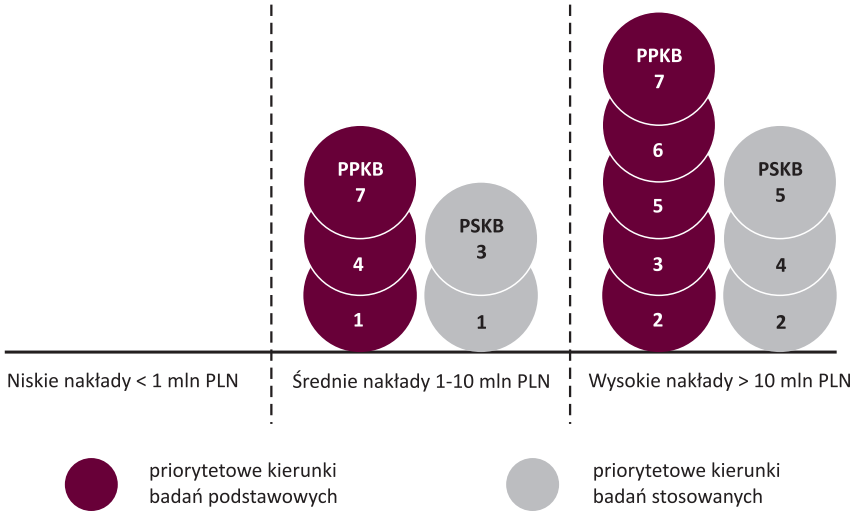
Rys. 8.2. Zbiorcza wizualizacja możliwości wykorzystania wyników badań



PPKB-1 – Grafen
PPKB-2 – Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów
PPKB-3 – Opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej
PPKB-4 – Badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko
PPKB-5 – Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych
PPKB-6 – Nanotechnologie antybakteryjne
PPKB-7 – Środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów
PSKB-1 – Nanomodyfikacje implantów
PSKB-2 – Resorbowalne implanty
PSKB-3 – Nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości
PSKB-4 – Biomateriały dla inżynierii tkankowej (scaffolds)
PSKB-5 – Trwałe implanty

Źródło: opracowanie własne.

Rys. 8.3. Zbiorcza wizualizacja niezbędnych wymagań finansowych na realizację badań



PPKB-1 – Grafen
PPKB-2 – Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów
PPKB-3 – Opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej
PPKB-4 – Badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko
PPKB-5 – Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych
PPKB-6 – Nanotechnologie antybakteryjne
PPKB-7 – Środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów
PSKB-1 – Nanomodyfikacje implantów
PSKB-2 – Resorbowalne implanty
PSKB-3 – Nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości
PSKB-4 – Biomateriały dla inżynierii tkankowej (scaffolds)
PSKB-5 – Trwałe implanty

Źródło: opracowanie własne.

dzy innymi z: *grafenem* (PPKB-1), *opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko* (PPKB-4), *nanomodyfikacjami implantów* (PSKB-1) oraz *nanomateriałami i nanotechnologiami dla regeneracji tkanek i kości* (PSKB-3) niezbędne są nakłady finansowe w granicach od 1 do 10 mln PLN.

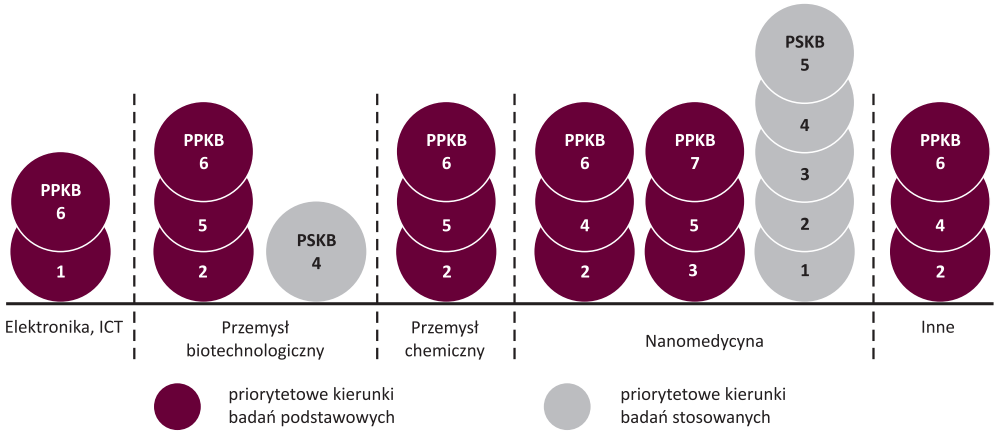
Zdaniem ekspertów potencjalnym obszarem zastosowań wszystkich, z wyjątkiem PPKB-1, wyłonionych priorytetowych kierunki badań podstawowych oraz stosowanych jest szeroko rozumiana medycyna (rys. 8.4).

Z kolei wyniki badań związanych z *grafenem* (PPKB-1) mogą być wykorzystywane w takich obszarach, jak elektronika i ICT.

Natomiast przemysł chemiczny oraz biotechnologiczny może być potencjalnym obszarem zastosowań priorytetowych kierunków badań związanych między innymi z: *nanocząstkami magnetycznymi w separacji makromolekuł i drobnoustrojów* (PPKB-2), *metodami wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych* (PPKB-5), *nanotechnologiami antybakteryjnymi* (PPKB-6), *biomateriałami dla inżynierii tkankowej (scaffolds),* (PSKB-4).

Wyniki badań prowadzonych w ramach priorytetowych kierunków badań związanych z *nanocząstkami magnetycznymi w separacji makromolekuł i drobnoustrojów* (PPKB-2), *opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko* (PPKB-4), *nanotechnologiami antybakteryjnymi* (PPKB-6) mogą być wykorzystywane między innymi w przemyśle: (i) opakowań

Rys. 8.4. Zbiorcza wizualizacja potencjalnych obszarów zastosowań priorytetowych kierunków badań podstawowych i stosowanych



PPKB-1 – Grafen
PPKB-2 – Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów
PPKB-3 – Opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej
PPKB-4 – Badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko
PPKB-5 – Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych
PPKB-6 – Nanotechnologie antybakteryjne
PPKB-7 – Środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów
PSKB-1 – Nanomodyfikacje implantów
PSKB-2 – Resorbowalne implanty
PSKB-3 – Nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości
PSKB-4 – Biomateriały dla inżynierii tkankowej (scaffolds)
PSKB-5 – Trwałe implanty

Źródło: opracowanie własne.

spożywczych; (ii) odzieżowym (taśmy i powłoki materiałowe o własnościach bakteriobójczych i grzybobójczych w celu zastosowań w odzieży osobistej); (iii) urządzeń wyposażenia mieszkań i obiektów użyteczności publicznej (wyrobów sanitarnych i kuchennych); (iv) spożywczym (dodatki do produkcji trwałej żywności, artykułów kosmetycznych).

Analizując karty charakterystyki priorytetowych kierunków badań zauważono, że stopień akceptacji społecznej dla rozwoju wszystkich priorytetowych kierunków badań jest wysoki bądź bardzo wysoki.

Zdaniem ekspertów najistotniejszymi korzyściami wynikającymi z wdrożenia wyników badań przeprowadzonych w ramach priorytetowych kierunków jest wzrost znaczenia jednostki naukowej oraz zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu. Z kolei najczęściej wymienianymi przez ekspertów barierami rozwoju priorytetowych kierunków badań jest brak odpowiedniego wyposażenia laboratorium brak lub mała liczba specjalistów czy też niewystarczające kwalifikacje personelu oraz konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań.

W ramach przeprowadzonego badania eksperci ocenili również szanse na rozwój danego priorytetowego kierunku badań w województwie podlaskim w perspektywie roku 2020, w kontekście stanu czynników wybranych podczas dotychczasowych prac projektowych jako osie scenariuszy. Według ekspertów, w województwie podlaskim w perspektywie 2020 roku, w warunkach zaistnienia ***efektywnych*** *regionalnych sieci współpracy podmiotów*

biznes, nauka, administracja oraz ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii* bardzo wysokie szanse rozwoju mają kierunki badań związane z: *środkami antyseptycznymi, implantami z inteligentnych materiałów* (PPKB-7) oraz *nanomodyfikacjami implantów* (PSKB-1). Do rozwoju wyżej wymienionych kierunków badań niezbędna jest wysoko wykwalifikowana kadra w zakresie: fizyki półprzewodników, fizyki węgla, biochemii i biologii molekularnej. Przydatną kwalifikacją jest również umiejętność charakteryzowania struktury materiałów implantów i interpretacji wyników badań oraz umiejętność modyfikacji procesu technologicznego w kontekście poprawy właściwości. Konieczna też będzie współpraca z wiodącymi laboratoriami w celu uzyskania dostępu do aparatury stosowanej do nanotechnologii (*lab on chip*, „microroboty") a także niezbędne będą urządzenia do charakterystyki struktury i topografii warstw – mikroskopy świetlne i elektronowe skaningowe, mikroskopy AFM, profilometry.

Z kolei przy założeniu ***efektywnych*** *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii* wysokie szanse rozwoju w województwie podlaskim w perspektywie 2020 roku ma priorytetowy kierunek badań związany z *nanomodyfikacjami implantów* (PSKB-1) oraz *resorbowalnymi implantami* (PSKB-2). Rozwój wyżej wymienionych kierunków badań warunkują takie kwalifikacje, jak: umiejętność charakteryzowania struktury materiałów implantów i interpretacji wyników badań, wiedza w zakresie modyfikacji procesu technologicznego w kontekście poprawy właściwości a także umiejętności marketingowe, znajomość rynku i regulacji prawnych. Wyposażenie laboratorium realizującego badania powinny stanowić urządzenia do charakterystyki struktury i topografii warstw – mikroskopy świetlne i elektronowe skaningowe, mikroskopy AFM, profilometry, a także maszyny wytrzymałościowe.

Natomiast w sytuacji zaistnienia ***nieefektywnych*** *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes-nauka-administracja oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii* wysokie szanse rozwoju ma tylko jeden kierunek badań – związany z *środkami antyseptycznymi, implantami z inteligentnych materiałów* (PPKB-7).

Według ekspertów przy założeniu ***nieefektywnych*** *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes-nauka-administracja oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii* wszystkie priorytetowe kierunki badań nie mają szans rozwoju.

Wypełnione przez ekspertów karty opisu kierunków badań umieszczono w załączniku 8.

Zaprezentowane w opracowaniu wyniki badań, pozwoliły na wyłonienie katalogu kierunków badań w obszarze nanotechnologii, które w najwyższym stopniu przyczynią się do zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego województwa podlaskiego. Efektem końcowym prac realizowanych przez panel badań naukowych w zakresie nanotechnologii na rzecz rozwoju Podlasia jest wykaz priorytetowych kierunków badań, czyli takich, których poziom trudności gwarantuje relatywnie wysokie prawdopodobieństwo sukcesu rynkowego, polegającego na wdrożeniu rozwiązań do praktyki gospodarczej.

Proces badawczy uwzględniał realizację następujących zadań badawczych:

Zadanie 1. Opracowanie wstępnego katalogu kierunków badań.

Zadanie 2. Opracowanie kryteriów oceny kierunków badań

Zadanie 3. Wyłonienie kluczowych kierunków badań

Zadanie 4. Opracowanie założeń priorytetyzacji kierunków badań

Zadanie 5. Priorytetyzacja kierunków badań

Zadanie 6. Sporządzenie katalogu priorytetowych kierunków badań

Podstawową techniką badawczą wykorzystywaną na potrzeby prac panelu były badania ankietowe realizowane wśród 27 członków panelu ekspertów. W tym celu wykorzystanych zostało 6 kwestionariuszy badawczych, które po wypełnieniu eksperci przesyłali drogą elektroniczną. Uzyskiwane w trakcie poszczególnych etapów wyniki uporządkował Kluczowy Zespół Badawczy.

Ostatecznie na wykazie kandydujących kierunków badań w obszarze nauk podstawowych znalazło się 90 kierunków badań a w zakresie stosowanych 93 kierunki badań, z następujących obszarów:

a) nauki podstawowe:
- nanonametriały,
- biotechnologia,
- nanomedycyna,
- przemysł maszynowy,
- przemysł drzewny,
- nauki społeczne;

b) nauki stosowane:
- przemysł drzewny,
- budownictwo,
- drogownictwo,
- przemysł włókienniczy,
- nanomedycyna,
- bionanotechnologia,
- rolnictwo i przemysł spożywczy,
- technologie informatyczne, ICT,
- energia.

Do obszarów o potencjalnie najszerszych badaniach naukowych w obszarze nauk podstawowych eksperci zaliczyli nanomateriały.

Do obszarów o potencjalnie najszerszych badaniach naukowych w obszarze nauk stosowanych eksperci zaliczyli:
- nanomedycynę;
- technologie informatyczne;
- budownictwo;
- bionanotechnologie.

Na podstawie studiów literaturowych zidnetyfikowano dwie grupy kryteriów wykorzystywanych na potrzeby oceny kierunków badań, analogiczne do kryteriów oceny technologii:

1) kryteria odnoszące się do wykonalności;
2) kryteria odnoszące się do atrakcyjności.

W grupie kryteriów odnoszących się do atrakcyjności określono:
- innowacyjność realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu;
- prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej naukowej współpracy (rozszerzenie międzynarodowej współpracy obejmującej wzajemną wymianę naukowców, studentów i kadry zarządzającej w dziedzinach kluczowych dla rozwoju regionu);
- możliwości komercjalizacji wyników badań;
- wpływ kierunków badań na dalszy rozwój infrastruktury B+R w regionie;

- potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie;
- potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie.

W grupie kryteriów odnoszących się do wykonalności określono:
- możliwości finansowania kierunków badań ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych;
- ambitność i unikalność kierunku badań na skalę Polski, która pozwoli na uzyskanie odpowiednio dużych pieniędzy na rozwój regionu;
- istniejące zasoby kadrowe niezbędne do prowadzenia badań w regionie;
- istniejący i przewidywany rozwój infrastruktury badawczej (w tym Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego, uczelni) na rozwój przyszłych badań;
- istniejący stopień zaawansowania prowadzonych badań naukowych.

Wyniki przeprowadzonej oceny kandydujących kierunków badań oparte na zestawie kryteriów odnoszących się do atrakcyjności oraz wykonalności, pozwoliły na zawężenie zestawu do 16 kierunków w grupie nauk podstawowych oraz 16 kierunków w grupie nauk stosowanych.

Realizowana w dalszej kolejności przez panel POB2 priorytetyzacja kierunków badań została przeprowadzona z wykorzystaniem metody opartej na wskaźniku poziomu trudności badań. Za priorytetowe kierunki badań uznano te kierunki, w których poddawany ocenie poziom trudności badań gwarantuje relatywnie wysokie prawdopodobieństwo osiągnięcia zakładanych celów badawczych. Docelowo takie cechy charakteryzuje poziom 3, w którym poziom trudności badań naukowych oceniany jest jako wysoki, ale związany z prawdopodobieństwem sukcesu na poziomie 80%.

W wyniku przeprowadzonej eksperckiej oceny wyłoniono siedem priorytetowych podstawowych kierunków badań oraz pięć priorytetowych stosowanych kierunków badań:

a) nauki podstawowe:
- *zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów,*
- *opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej,*
- *badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko,*
- *opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych,*
- *nanotechnologie antybakteryjne,*
- *środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów;*

b) nauki stosowane:
- *nanomodyfikacje implantów,*
- *resorbowalne implanty,*
- *nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości,*
- *biomateriały dla inżynierii tkankowej (scaffolds),*
- *trwałe implanty.*

W celu uzupełninia poziomu wiedzy o kierunkach badań podstawowych i stosowanych dalszy proces badawczy skonsultowano z ekspertami z danej dziedziny, których poproszono o przedstawienie aktualnego stanu wiedzy w zakresie danego kierunku badawczego i perspektyw jego rozwoju.

Eksperci, wśród istotnych korzyści wynikających z wdrożenia wyników badań przeprowadzonych w ramach wyżej wymienionych priorytetowych kierunków, wymienili wzrost znaczenia jednostki naukowej oraz zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu. Jako bariery rozwoju priorytetowych kierunków badań wskazano brak odpowiedniego wyposażenia laboratorium brak lub też małą liczbę specjalistów czy też niewystarczające kwalifikacje personelu oraz konieczność wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań.

Istotnym etapem badania była również ekspercka ocena szans na rozwój danego priorytetowego kierunku badań w województwie podlaskim w perspektywie roku 2020, w kontekście stanu czynników wybranych podczas dotychczasowych prac projektowych jako osie scenariuszy. Wyniki przeprowadzonego badania wskazują, że w województwie podlaskim w perspektywie 2020 roku, w warunkach zaistnienia *efektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii* bardzo wysokie szanse rozwoju mają kierunki badań związane z *środkami antyseptycznymi, implantami z inteligentnych materiałów* oraz *nanomodyfikacjami implantów*.

Niezbędne do rozwoju tych kierunków jest prowadzenia prac między innymi związanych z wdrożeniem implantów w medycynie oraz zidentyfikowaniem zależności pomiędzy mikrostrukturą a właściwościami implantów. Rozwój wyżej wymiennych kierunków w perspektywie 2020 roku jest warunkowany także współpracą z wiodącymi laboratoriami posiadającymi aparaturę stosowaną do nanotechnologii (*lab on chip*, „microroboty") oraz posiadaniem urządzeń do charakterystyki struktury i topografii warstw.

Zdaniem ekspertów przy założeniu *efektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz niskiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii* wysokie szanse rozwoju w województwie podlaskim w perspektywie 2020 roku mają jedynie dwa priorytetowe kierunki badań związanych z *nanomodyfikacjami implantów* (PSKB-1) oraz *resorbowalnymi implantami* (PSKB-2).

W województwie podlaskim, w perspektywie 2020 roku, przy założeniu *nieefektywnych regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz wysokiego potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii,* wysokie szanse rozwoju ma tylko jeden kierunek badań – związany z *środkami antyseptycznymi, implantami z inteligentnych materiałów* (PPKB-7).

Rozwój wyżej wymienionych kierunków badań warunkują takie kwalifikacje jak: (i) wiedza w zakresie fizyki, biochemii i biologii molekularnej; (ii) wiedza w zakresie modyfikacji procesu technologicznego w kontekście poprawy właściwości; (iii) umiejętność charakteryzowania struktury materiałów implantów i interpretacji wyników badań; (iv) umiejętności marketingowe; (v) znajomość rynku i regulacji prawnych.

Uzyskane wyniki prac panelu badawczego POB2 Badania naukowe w zakresie nanotechnologii na rzecz rozwoju Podlasia zostały wykorzystane na potrzeby dalszych prac projektu „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii", w szczególności do budowy strategii rozwoju nanotechnologii na terenie województwa podlaskiego.

Załącznik 1. Wzór formularza identyfikacji obszarów badań i kierunków badań naukowych w zakresie nanotechnologii

BADANIA PODSTAWOWE	
Obszar badań 1	.....
Kierunki badań w ramach obszaru badań 1:	
1.	
2.	
3.	
Obszar badań 2	.....
Kierunki badań w ramach obszaru badań 2:	
1.	
2.	
3.	
BADANIA STOSOWANE	
Obszar badań 1	.....
Kierunki badań w ramach obszaru badań 1:	
1.	
2.	
3.	
4.	
Obszar badań 2	.....
Kierunki badań w ramach obszaru badań 2:	
1.	
2.	
3.	

Załącznik 2. Wzór formularza propozycji listy kryteriów

Proszę o uzupełnienie poniższej listy kryteriów

KRYTERIA PIERWOTNE (ATRAKCYJNOŚĆ BADAŃ):

- wpływ kierunków badań na dalszy rozwój kadry naukowej w regionie;
- wpływ kierunków badań na rozwój nowych obszarów badawczych (nauk stosowanych w przypadku nauk podstawowych);
- możliwości komercjalizacji wyników badań;
- potencjalne obszary, dziedziny, branże komercjalizacji wyników badań;
- potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie;
- potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie;
- potencjalny wpływ kierunków badań na rozwój innych kierunków badań;
- wpływ realizowanych badań na rozwój współpracy w triadzie nauka-biznes-administracja;
- wpływ kierunków badań na zrównoważony rozwój regionu;
- wpływ badań na pozycję regionu jako znaczącego ośrodka naukowego i technologicznego w konkretnej niszy;
- prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej naukowej współpracy;
- prawdopodobieństwo pojawienia się przełomowych odkryć naukowych;
- potencjalne zainteresowanie podmiotów spoza regionu wynikami badań w danym obszarze;
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

KRYTERIA WTÓRNE (WYKONALNOŚĆ):

- istniejące zasoby kadrowe niezbędne do prowadzenia badań w regionie;
- istniejąca infrastruktura B+R w regionie;
- możliwości finansowania kierunków badawczych;
- istniejące sieci powiązań w triadzie nauka-biznes-administracja;
- zainteresowanie sektora biznesu regionu kierunkami badawczymi;
- zgodność kierunków badań z priorytetami polityki naukowo-badawczej Polski;
- zgodność kierunków badań z dokumentami rozwojowymi regionu;
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

Załącznik 3. Wzór formularza na potrzeby oceny kryteriów

Proszę przy każdym kryterium w odpowiednie pole wstawić znak „X”

KRYTERIA PIERWOTNE (atrakcyjność badań)	W wykluczenie kryterium	1 niska przydatność	2 przeciętna przydatność	3 wysoka przydatność
Interdyscyplinarny charakter badań				
Potencjalny wpływ kierunków badań na rozwój innych kierunków badań				
Wpływ kierunków badań na dalszy rozwój infrastruktury B+R w regionie				
Innowacyjność realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu				
Prawdopodobieństwo pojawienia się przełomowych odkryć naukowych (przełomowych technologii, patentów)				
Wpływ badań na pozycję regionu jako znaczącego ośrodka naukowego i technologicznego w konkretnej niszy				
Wpływ nowych kierunków badań na rozwój infrastruktury badawczej (w tym Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego)				
Wpływ na wzrost inwestycji prywatnych w B+R				
Wpływ kierunków badań na dalszy rozwój kadry naukowej w regionie				
Wpływ kierunków badań na napływ nowej kadry naukowej				
Wpływ na zwiększenie liczby osób z wyższym wykształceniem				
Stworzenie warunków do prowadzenia prac magisterskich i doktorskich z obrzeża i środka badawczego				
Możliwości komercjalizacji wyników badań				
Zgodność kierunków badań naukowych z potrzebami regionu				
Występujące w regionie potencjalne obszary, dziedziny, branże komercjalizacji wyników badań				
Potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie				
Potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie				
Potencjalne zainteresowanie podmiotów spoza regionu wynikami badań w danym obszarze				
Wpływ realizowanych badań na rozwój współpracy w triadzie nauka-biznes-administracja				
Prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej naukowej współpracy (rozszerzenie międzynarodowej współpracy obejmującej wzajemną wymianę naukowców, studentów i kadry zarządzającej w dziedzinach kluczowych dla rozwoju regionu)				
Wzrost powiązań z sąsiednimi regionami (reguła 1-2 godziny lotu/podróży: Ryga, Wilno, Kaliningrad, Gdynia, Kowno, Warszawa)				
Wpływ kierunków badań na dynamiczniejszy rozwój regionu				
Wpływ kierunków badań na zrównoważony rozwój regionu				
Wpływ realizowanych badań na zmniejszenie szkodliwego wpływu na środowisko naturalne				
Wpływ realizowanych badań na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych				

KRYTERIA PIERWOTNE (atrakcyjność badań)	W wykluczenie kryterium	1 niska przydatność	2 przeciętna przydatność	3 wysoka przydatność
Wpływ realizowanych badań na stosowanie nowych źródeł energii				
Wpływ realizowanych badań na atrakcyjność regionu				
Potencjalny wpływ na rozwój eksportu				
Potencjalny wpływ na wzrost inwestycji poważnego kapitału				
Istniejące zasoby kadrowe niezbędne do prowadzenia badań w regionie				
Istniejąca infrastruktura B+R w regionie				
Możliwości finansowania kierunków badań ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych				
Ambitność i unikalność kierunku badań na skalę Polski, która pozwoli na uzyskanie odpowiednio dużych pieniędzy na rozwój regionu				
Zgodność kierunków badań z priorytetami polityki naukowo-badawczej UE				
Zgodność kierunków badań z priorytetami polityki naukowo-badawczej Polski				
Potencjalne możliwości budowy centrów kompetencji w dziedzinach wytypowanych jako specyficzne dla regionu				
Dystans, jaki dzieli poziom zaawansowania badań w danym kierunku w regionie/Polsce od poziomu światowego				
Zgodność kierunków badań z dokumentami rozwojowymi regionu				
Istniejąca współpraca z jednostkami naukowymi spoza regionu (krajowymi i zagranicznymi)				
Istniejące sieci współpracy naukowej niezbędne do prowadzenia badań w regionie				
Aktualny stopień zaangażowania ekspertów spoza regionu				
Istniejący stopień zaawansowania prowadzonych badań naukowych				
Migracje kadry naukowej (napływ kadry)				
Migracje kadry naukowej (odpływ kadry)				
Możliwość wykorzystania potencjału badawczego ośrodków naukowych z innych regionów Polski i ośrodków zagranicznych, w ramach współpracy nawiązanej przez ośrodki naukowe z Podlasia				
Wpływ przewidywanego rozwoju infrastruktury badawczej (w tym Białostockiego Parku Naukowo-Technologicznego – BPNT, Uczelni) na rozwój przyszłych badań				
Istniejące sieci powiązań, w triadzie nauka-biznes-administracja				
Potencjał komercjalizacji wyników badań naukowych w oparciu o regionalny potencjał przemysłowy				
Zainteresowanie sektora biznesu w Polsce nowymi kierunkami badawczymi				
Istniejące zasoby naturalne niezbędne do prowadzenia badań i komercjalizacji ich wyników				
Zgodność kierunków badań z projektem Natura 2000				
KRYTERIA WTÓRNE (WYKONALNOŚĆ)	**W wykluczenie kryterium**	**1 niska przydatność**	**2 przeciętna przydatność**	**3 wysoka przydatność**
Istniejąca sieć drogowa i kolejowa w regionie				
Istniejąca sieć energetyczna w regionie				
Istniejąca sieć teleinformatyczna w regionie				
Atrakcyjność regionu				
Potencjał społeczny (nawyki wspólnego działania, przewaga wspólnego dobra nad patrzeniem przez opcje polityczne, kultura pracy i działania w stowarzyszeniach				
Zaangażowanie władz lokalnych				
Poparcie wszystkich sił politycznych				

Załącznik 4. Wzór formularza oceny kierunków badań podstawowych

Proszę ocenić kierunki badań w obrębie każdego z wymienionych kryteriów w skali od 1 do 5, gdzie poszczególne wartości oznaczają stopień atrakcyjności badań: 1 – bardzo niski, 2 – niski, 3 – przeciętny, 4 – wysoki, 5 – bardzo wysoki.

A – Innowacyjność realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu
B – Prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej (rozszerzenie międzynarodowej współpracy obejmującej wzajemną wymianę naukowców, studentów i kadry zarządzającej w dziedzinach kluczowych dla rozwoju regionu)
C – Możliwości komercjalizacji wyników badań
D – Wpływ kierunków badań na dalszy rozwój infrastruktury B+R w regionie
E – Potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie
F – Potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań	Kryteria oceny atrakcyjności badań					
			A	B	C	D	E	F
Przemysł drzewny	Nanotechnologie dla przemysłu drzewnego	Nanoceluloza jako nanomateriał						
		Drewno jako nanomateriał						
		Mechanizmy cięcia, tarcia i erozji						
Nano-medycyna	Systemy diagnostyki oparte na nanocząstkach	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek na potrzeby diagnostyki medycznej						
	Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych						
		Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów						
	Nanomateriały do medycyny regeneracyjnej	Opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej						
Biotechnologia	Chemia	Synteza funkcjonalnych elektronicznie cząstek chemicznych						
		Synteza nanomateriałów						
		Elektrochemia powierzchni						
	Biologia	Monitorowanie i ochrona biosystemów z wykorzystaniem nanotechnologii						
		Analiza struktur procesów oraz funkcji systemów biologicznych w nanoskali						
	Fizyka	Elektroluminescencja cząsteczek organicznych						
		Przewodnictwo granic międzyfazowych i granic ziarn						
		Fizyczne cechy powierzchni						
	Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	Badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko						
		Badania nad toksycznością nanomateriałów i nanocząstek						
		Nanotechnologie antybakteryjne						
		Analiza struktur organicznych pod kątem realizacji nanobiomateriaów, nanobiosensorów, biochipów (systemów diagnostycznych)						
		Badania nad mechanizmami wnikania i przemieszczania się nanocząstek w żywych organizmach						
		Nanomechanizmy alergii						
		RNA i DNA jako narzędzia nanotechnologii						

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań	Kryteria oceny atrakcyjności badań					
			A	B	C	D	E	F
Nano-materiały	Modelowanie procesów otrzymywania nanomate-riałów	Analiza zjawisk samogromadzenia i samoorga-nizacji, fizykochemiczne podstawy powstawania układów samoorganizujących się						
		Tworzenie i charakteryzacja strukturalna nano-materiałów (nanocząstek, nanodrutów, nano-obiektów, materiałów hybrydowych, nanokom-pozytów)						
		Tworzenie materiałów z wykorzystaniem metod ultrawysokiej próżni						
		Tworzenie materiałów z wykorzystaniem metod elektrochemicznych						
		Tworzenie materiałów z wykorzystaniem mo-krych syntez chemicznych						
		Tworzenie materiałów metodami mieszanymi						
		Tworzenie materiałów hybrydowych i nanokompozytów						
		Otrzymywanie nanoproszków						
		Metody wysokoenergetyczne i impulsowe						
		Nanopowłoki						
	Nanomateriały dla medycyny	Nanoustrukturyzowane biomateriały						
		Zastosowania nanoproszków w medycynie						
		Środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów						
	Nanomateriały dla budownictwa	Nanocząstki ulepszające parametry farb (przyczepność, tiksotropowość, paroprze-puszczalność vs. hydroizolacyjność)						
		Nanomateriały wprowadzające hydroizolacyj-ność materiałów budowlanych						
		Nanomateriały wzmacniające konstrukcje budowlane						
	Nanomateriały dla elektroniki	Grafen						
		Nanorurki węgla						
		Nanostruktury półprzewodnikowe						
		Nanocząstki i nanodruty metalowe						
	Nanomateriały sensorowe dla optoelektroniki	Czujniki optoelektroniczne						
		Nanomateriały fotowoltaiczne						
		Kompozytowe nanomateriały do detekcji skażenia środowiska, wykrywania materiałów niebezpiecznych itp.						
	Nanomateriały dla techniki światłowodowej	Optycznie aktywne materiały szklanoceramiczne						
		Specjalne konstrukcje światłowodów aktywnych						
	Nanomateriały magnetyczne	Ultracienkie warstwy magnetyczne						
		Inżynieria spinowa						
		Nanomagnesy						
	Nanomateriały funkcjonalne	Nanomateriały tekstylne						
		Nanoustrukturyzowane polimery i nanokompo-zyty polimerowe						
		Nanocząstki i inteligentne materiały stosowane do produkcji nowych komponentów						
		Organiczne ogniwa słoneczne						
		Połączenia nanoelektrod z makroświatem						

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań	Kryteria oceny atrakcyjności badań					
			A	B	C	D	E	F
Nano-materiały c.d.	Badania nanomateriałów	Interakcje z organizmem człowieka						
		Właściwości fizykochemiczne i mechaniczne						
		Charakterystyki tribologiczne						
		Badanie właściwości nanocząstek o różnej budowie chemicznej i fizycznej						
		Badanie wpływu obecności i stężenia nanocząstek o różnej budowie chemicznej na właściwości (mechaniczne, powierzchniowe, optyczne liniowe i nieliniowe, termodynamiczne, elektryczne) nanokompozytu						
		Badania syntezy nanorurek, nanowłókien, nanodrutów						
		Badania dyspersji nanoczastek w nanokompozytach						
		Badanie oddziaływań nanocząstek – w szczególności nanorurek – z liniowymi makrocząsteczkami (w tym biologicznymi)						
		Otrzymywanie i badanie właściwości materiałów zawierających „małe" nanocebulki węglowe						
	Badania struktury nanomateriałów	Charakterystyka budowy wewnętrznej nanomateriałów, materiałów hybrydowych i nanokompozytów						
		Badanie wpływu obecności i stężenia nanocząstek o różnej budowie chemicznej na strukturę osnowy nanokompozytu						
		Badanie wpływu obecności i stężenia nanocząstek o różnej budowie chemicznej na procesy kształtowania struktury matrycy nanokompozytu						
		Badania struktury nanoczastek i ich agregatów metodami dyfrakcji elektronów, dyfrakcji i rozproszenia promieniowania rentgenowskiego oraz światła widzialnego						
	Badania powierzchni nanomateriałów	Charakterystyka powierzchni nanomateriałów						
		Charakterystyka powierzchni materiałów hybrydowych i nanokompozytów wytwarzanych różnymi metodami						
		Nanostruktury powierzchniowe, trójwymiarowe (powierzchnie porowate)						
		Nanomodyfikacje powierzchni						
		Badania efektów modyfikacji powierzchni w zależności od sposobu wytwarzania nanostruktur						
		Badania efektów modyfikacji powierzchni w zależności od składu chemicznego nanostruktur						
		Badania efektów modyfikacji powierzchni w zależności od rodzaju materiału modyfikującego						
		Badania efektów modyfikacji powierzchni w zależności od jakości powierzchni nanomateriału						
	Badania właściwości magnetycznych	Badania magnetycznych właściwości nanostruktur metalicznych						
		Badania magnetycznych właściwości ultracienkich warstw metalicznych pojedynczych i wielokrotnych						
		Badania magnetycznych właściwości ultracienkich warstw pod działaniem wzbudzenia zewnętrznego						
		Badania właściwości nanocząstek magnetycznych jako potencjalnych komponentów bio- i nanokompozytów						

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań	Kryteria oceny atrakcyjności badań					
			A	B	C	D	E	F
Nano-materiały c.d.	Badania innych właściwości nanomateriałów	Badania właściwości elektrycznych nanostruktur						
		Badania właściwości nanomateriałów jedno-, dwu- i trójwymiarowych						
		Badania innych właściwości nanostruktur						
Przemysł maszynowy	Rozwój technologii urządzeń do wytwarzania nanomateriałów i nanostruktur	Badania nad nanorobotami i ich zastosowaniem dla medycyny						
		Metody nanoenkapsulacji						
		Urządzenia do wytwarzania nanomateriałów						
		Urządzenia i technologie wytwarzania nanostruktur						
Nauki społeczne	Zmiana nastawienia społeczeństwa do nanotechnologii jako dźwigni rozwoju	Przyczyny małego uznania zaawansowanych technologii jako dźwigni rozwoju						
		Przyczyny małego zainteresowania naukami ścisłymi i metody przeciwdziałania						
		Przyczyny niedostatecznej współpracy biznesu i naukowców						

Załącznik 5. Wzór formularza oceny kierunków badań stosowanych

Proszę ocenić kierunki badań w obrębie każdego z wymienionych kryteriów w skali od 1 do 5, gdzie poszczególne wartości oznaczają stopień atrakcyjności badań: 1 – bardzo niski, 2 – niski, 3 – przeciętny, 4 – wysoki, 5 – bardzo wysoki.

A – Innowacyjność realizowanych kierunków badań, których brakuje w Polsce lub ich poziom jest słaby, a są potrzebne ze względu na własne i sąsiednie rynki zbytu
B – Prawdopodobieństwo nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej (rozszerzenie międzynarodowej współpracy obejmującej wzajemną wymianę naukowców, studentów i kadry zarządzającej w dziedzinach kluczowych dla rozwoju regionu)
C – Możliwości komercjalizacji wyników badań
D – Wpływ kierunków badań na dalszy rozwój infrastruktury B+R w regionie
E – Potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój nowych branż przemysłu w regionie
F – Potencjalny wpływ prowadzonych badań na rozwój branż przemysłu występujących w regionie

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań	Kryteria oceny atrakcyjności badań					
			A	B	C	D	E	F
Przemysł drzewny	Nanotechnologie wykorzystujące drewno jako surowiec	Badania właściwości nanokompozytów lignocelulozowych oraz nanocząstek celulozowych pod kątem zastosowań w przemyśle drzewnym i budownictwie						
		Opracowanie wydajnych technologii produkcji wytrzymałych plastycznych kompozytów syntezowanych na bazie drewna						
	Nanotechnologie w przetwórstwie drewna	Wytwarzanie materiałów do zastosowań jako składniki materiałów tekstylnych i papierniczych						
		Produkcja nanocząstek celulozowych dla szeregu zastosowań (na przykład do produkcji włókien tekstylnych)						
		Nanotechnologie w narzędziach tnących						
	Nanotechnologie w ochronie drewna	Nanokompozytowe farby, lakiery i powłoki zabezpieczające						
Budownictwo	Materiały o zwiększonej wytrzymałości właściwej	Technologia zbrojenia materiałów polimerowych nanowłóknami						
		Materiały cementowe i beton						
		Materiały ceramiczne						
		Technologia zbrojenia ceramiki budowlanej nanowłóknami o różnym składzie chemicznym						
	Materiały o zwiększonej odporności na czynniki atmosferyczne	Materiały antygrzybicze						
		Materiały samoczyszczące						
	Materiały aktywne	Integracja fotowoltaiki w elementy elewacji						
		Inteligentne materiały zintegorowane z czujnikami						
	Materiały oszczędzające energię	Okna odbijające promieniowanie podczerwone						
		Materiały z kontrolowaną absorbcją i oddawaniem ciepła						
		Materiały o zwiększonej izolacyjności cieplnej						
Drogownictwo	Bezpieczeństwo	Lepiej widoczne znaki drogowe						
		Czujniki sygnalizujące obecność ludzi lub zwierząt						
		Sygnalizacja gołoledzi						

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań	Kryteria oceny atrakcyjności badań					
			A	B	C	D	E	F
	Tańsza eksploatacja	Doskonalsze materiały na drogi						
		LEDy w oświetleniu dróg						
		Tanie ogniwa słoneczne „malowane” na elementach konstrukcyjnych						
Przemysł włókienniczy	Nanotechnologicznie zmodyfikowane włókna	Polimery i tworzywa						
		Materiały antybakteryjne i antygrzybicze						
		Materiały łatwe do czyszczenia						
		Nanomateriały kompozytowe i włókniste z surowców odnawialnych						
		Materiały regulujące klimat i wilgotność						
	Inteligentna odzież	Materiały zintegrowane z sensorami						
		Odzież monitorująca funkcje życiowe						
Nano-medycyna	Teranostyka – terapia i diagnostyka w jednym	Precyzyjne dozowanie leków w nanokapsułkach						
		Celowana terapia lekowa						
		Teranostyka: nanocząstki diagnostyczne i nośniki leków						
		Terapia genowa nanomateriałami						
	Diagnostyka	Badania nad mikrosensorami i systemami detekcyjnymi wykorzystywanymi w diagnostyce medycznej						
		Budowa doskonalszych mobilnych urządzeń do rejestracji stanu pacjenta (między innymi w jego środowisku domowym)						
		Szybka diagnostyka niektórych chorób i uzależnień – chipy diagnostyczne						
	Implanty	Trwałe implanty						
		Resorbowalne implanty						
		Nanomodyfikacje implantów						
		Materiały kompozytowe dla chirurgii kostnej i stomatologii						
		Biomateriały dla inżynierii tkankowej (*scaffolds*)						
	Medycyna regeneracyjna	Nanoustrukturyzowane biomateriały (opatrunki, implanty, rusztowania dla inżynierii tkankowej, itp.)						
		Nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości						
		Nanotechnologie dla estetyki						
	Technika medyczna	Urządzenia dla mikrochirurgii (zwłaszcza w neurologii, ale nie tylko)						
		Sprzęt medyczny (nanoroboty, mikropompy, itp.)						
		Opracowanie technologii wytwarzania nano-struktur specyficznych dla regionu, np. na bazie propolisu i srebra do leczenia ran i oparzeń						

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań	Kryteria oceny atrakcyjności badań					
			A	B	C	D	E	F
Nano-medycyna c.d.	Inżynieria powierzchni	Nanowarstwy i nanopowłoki w technologiach medycznych						
		Wpływ na biokompatybilność materiałów wprowadzanych do organizmu człowieka						
		Wpływ na trwałość, zużycie i zniszczenie w środowisku żywego organizmu						
		Badanie właściwości antyseptycznych						
		Zastosowanie nanotechnologii w wytwarzaniu różnych powłok, na przykład biobójczych, biostatycznych, antyelektrostatycznych, hydrofobowych, ochronnych przed promieniowaniem elektromagnetycznym						
Bionano-technologia	Kataliza procesów biochemicznych	Nanocząstki i ich agregaty jako katalizatory reakcji chemicznych i biochemicznych						
		Nanocząstki jako katalizatory dla fotosyntezy						
		Nanocząstki jako katalizatory fotodysocjacji wody dla otrzymywania wodoru						
		Nanocząstki jako katalizatory fotodysocjacji biogazu						
		Biosensory budowane na bazie nanotechnologii (koncepcja, projektowanie, realizacja)						
		Zastosowanie magnetokatalityczne nanocząstek i nanopowłok w procesach chemicznych						
	Ochrona środowiska	Biosensory i nanoelektronika do monitorowania parametrów środowiska						
		Metody regeneracji i utylizacji odpadów						
		Nanopowłoki dla fotokatalitycznego usuwania zanieczyszczeń						
		Nanopowłoki dla ograniczenia osiadania zanieczyszczeń						
		Ekologiczne nawozy						
Rolnictwo i przemysł spożywczy	Nanotechnologie dla rolnictwa i przemysłu spożywczego	Nanotechnologie w procesach konserwacji						
		Nanotechnologie zwiększające wartość żywności (zdrowa żywność)						
		Nanowarstwowe powłoki antybakteryjne dla aparatury produkcyjnej przemysłu spożywczego						
		Antybakteryjne nanowarstwowe powłoki folii opakowaniowych dla produktów spożywczych						

Obszar badań/ zastosowań	Kategoria	Kierunek badań	Kryteria oceny atrakcyjności badań					
			A	B	C	D	E	F
Technologie informatyczne, ICT	Spintronika	Nanostruktury magnetyczne						
		Metody wytwarzania nanomagnesów						
		Magnetometria magnetooptyczna						
	Elektronika i optyka	Elektronika molekularna						
		Grafen						
		Nanomateriały dla elektroniki drukowanej						
		Planarne układy sensorowe						
		Czujniki luminescencyjne						
		Czujniki optoelektroniczne						
		Ogniwa fotoelektryczne						
		Wyświetlacze OLED						
	Układy światłowodowe	Lasery włóknowe						
		Wzmacniacze światłowodowe						
	Mikro- i nanoelektronika	Specjalizowane klastry obliczeniowe do analizy i symulacji struktur biochemicznych (na przykład realizujące programy do modelowania białek oraz procesów oddziaływań międzycząsteczkowych)						
		Mikrosystemy wspomagające nanobiotechnologie: systemy eksploracji (nanoroboty), sensory, minilaboratoria diagnostyczne (*lab on a chip*)						
		Stworzenie sieci „*design house*" dla potrzeb mikroelektroniki						
		Złożone mikrosystemy sterowania bazujące na nanotechnologii						
		Budowa nowych typów pamięci o czasie dostępu i pojemności wielokrotnie przewyższających obecnie stosowane						
		Rozwój nanotechnologii w projektowaniu i realizacji układów scalonych VLSI z precyzją znacznie poniżej 10 nm						
		Badania w zakresie budowy i konstrukcji nowych elementów na potrzeby mikroelektroniki						
Energia	Zdecentralizowane źródła taniej energii	Wysokowydajne baterie						
		Rozproszone źródła energii						
		Ogniwa paliwowe						
	Energia odnawialna	Materiały do zastosowań w nowoczesnych źródłach energii odnawialnej (baterie słoneczne, nowoczesne materiały w bateriach stałych, żelowych, akumulatorach, itp.)						
		Nanocząstki i nanokompozyty jako materiały o właściwościach fotowoltaicznych						

A – Ocena poziomu trudności badań (1 – bardzo niski, 2 – umiarkowany 3 – wysoki, 4 – bardzo wysoki, 5 – niezwykle wysoki)
B – Przewidywana perspektywa osiągnięcia zakładanych celów badawczych (1 gdy perspektywa wynosi 1-2 lata; 2 perspektywa 3-5 lat, 3 powyżej 5 lat)
C – Proszę ocenić poziom wiedzy indywidualnej w danym obszarze według skali od 1 do 5, gdzie za poszczególne wartości należy przyjąć:
1 – bardzo niski, 2 – niski, 3 – przeciętny, 4 – wysoki, 5 – bardzo wysoki

Obszar badań / zastosowań	Kategoria	Kierunek badań	A (skala 1-5)	B (skala 1-3)	C (skala 1-5)
Podstawowe kierunki badań					
Nanomedycyna	Systemy diagnostyki oparte na nanocząstkach	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek do potrzeb diagnostyki medycznej			
	Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych			
	Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów			
	Nanomateriały do medycyny regeneracyjnej	Opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej			
Biotechnologia	Biologia	Monitorowanie i ochrona biosystemów z wykorzystaniem nanotechnologii			
	Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	Badania nad opracowaniem skutecznych środków bakteriobójczych i grzybobójczych nieoddziałujących negatywnie na środowisko			
	Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	Nanotechnologie antybakteryjne			
Nanomateriały	Modelowanie procesów otrzymywania nanomateriałów	Nanopowłoki			
	Nanomateriały dla medycyny	Nanoustrukturyzowane biomateriały			
	Nanomateriały dla medycyny	Środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów			
	Nanomateriały dla budownictwa	Nanomateriały wprowadzające hydroizolacyjność materiałów budowlanych			
	Nanomateriały dla budownictwa	Nanomateriały wzmacniające konstrukcje budowlane			
	Nanomateriały dla elektroniki	Grafen			
	Nanomateriały dla elektroniki	Nanorurki węgla			
	Nanomateriały dla elektroniki	Nanocząstki i nanodruty metalowe			
	Nanomateriały magnetyczne	Ultracienkie warstwy magnetyczne			

Obszar badań / zastosowań	Kategoria	Kierunek badań	A (skala 1-5)	B (skala 1-3)	C (skala 1-5)
Stosowane kierunki badań					
Przemysł drzewny	Nanotechnologie wykorzystujące drewno jako surowiec	Badania właściwości nanokompozytów lignocelulozowych oraz nanocząstek celulozowych pod kątem zastosowań w przemyśle drzewnym i budownictwie			
Nanomedycyna	Diagnostyka	Badania nad mikrosensorami i systemami detekcyjnymi wykorzystywanymi w diagnostyce medycznej			
	Implanty	Trwałe implanty			
	Implanty	Resorbowalne implanty			
	Implanty	Nanomodyfikacje implantów			
	Implanty	Materiały kompozytowe dla chirurgii kostnej i stomatologii			
	Implanty	Biomateriały dla inżynierii tkankowej (*scaffolds*)			
	Medycyna regeneracyjna	Nanoustrukturyzowane biomateriały (opatrunki, implanty, rusztowania dla inżynierii tkankowej)			
	Medycyna regeneracyjna	Nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości			
	Technika medyczna	Opracowanie technologii wytwarzania nanostruktur specyficznych dla regionu, na przykład na bazie propolisu i srebra do leczenia ran i oparzeń			
	Inżynieria powierzchni	Nanowarstwy i nanopowłoki w technologiach medycznych			
	Inżynieria powierzchni	Wpływ na biokompatybilność materiałów wprowadzanych do organizmu człowieka			
	Inżynieria powierzchni	Badanie właściwości antyseptycznych			
	Inżynieria powierzchni	Zastosowanie nanotechnologii w wytwarzaniu różnych powłok, np. biobójczych, biostatycznych, antyelektrostatycznych, hydrofobowych, ochronnych przed promieniowaniem elektromagnetycznym			
Technologie informatyczne, ICT	Elektronika i optyka	Nanomateriały dla elektroniki drukowanej			
	Elektronika i optyka	Czujniki optoelektroniczne			

NR	OBSZAR	KATEGORIA	**KIERUNEK BADAŃ**
KLUCZOWY EKSPERT			

CZĘŚĆ I – aktualny stan wiedzy

1. Krótka charakterystyka kierunku badań
2. Główny cel badań
3. Szczegółowe cele badań
4. Faza zaawansowania badań
   - ☐ w fazie opracowań teoretycznych
   - ☐ w fazie prowadzenia badań doświadczalnych
   - ☐ w fazie opracowywania prototypów
5. Klasyfikacja kierunku badań
   - ☐ badania podstawowe
   - ☐ badania stosowane
   - ☐ badania wdrożeniowe
6. Słowa kluczowe związane z kierunkiem badań
7. Możliwości wykorzystania wyników badań
   - ☐ wykorzystanie na skalę jednostkową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę jednostkową
   - ☐ wykorzystanie na skalę masową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę masową
8. Jaka jest krytyczna aparatura niezbędna do prowadzenia tego typu badań?
9. Jakie są niezbędne wymagania finansowe na realizację tego typu badań?
   - ☐ niskie nakłady <1 mln PLN
   - ☐ średnie nakłady 1-10 mln PLN
   - ☐ wysokie nakłady >10 mln PLN
10. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w woj. podlaskim
11. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w Polsce
12. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań na świecie (przykłady)
13. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w woj. podlaskim
14. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w Polsce
15. Eksperci z zakresu danego kierunku badań na świecie
16. Badania w jakich obszarach pokrewnych determinują rozwój opisywanego kierunku badań?
17. Na rozwój badań/technologii w jakich obszarach będzie miał wpływ opisywany kierunek badań?
18. Potencjalne obszary zastosowań (branże przemysłu) wyników badań naukowych
19. Korzyści z wdrożenia wyników badań
    - ☐ wzrost znaczenia jednostki naukowej
    - ☐ zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu
    - ☐ wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw
    - ☐ stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych
    - ☐ inne (jakie?)

20. Bariery rozwoju kierunku badań
- ☐ brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu
- ☐ brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań
- ☐ brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/możliwości komercjalizacji badań
- ☐ brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań
- ☐ brak odpowiednio wyposażonego laboratorium
- ☐ konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań
- ☐ brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja
- ☐ inne (jakie?)

21. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań
☐ bardzo niski ☐ niski ☐ średni ☐ wysoki ☐ bardzo wysoki ☐ trudno oszacować

22. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)

23. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)

24. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań (przykłady)

25. Najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań (przykłady)

CZĘŚĆ II – perspektywy rozwoju kierunku badań

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania?			
Uwagi:			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań?	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN
Uwagi:			
Obszary potencjalnych zastosowań wyników badań			
Uwagi:			
Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace laboratoryjne są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie podmioty będą realizowały dane badania?			
Uwagi:			

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU KIERUNKU BADAŃ W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:	
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie

PPKB-1	NANOMATERIAŁY	Nanomateriały dla elektroniki	**Grafen**
KLUCZOWY EKSPERT			

CZĘŚĆ I – aktualny stan wiedzy

1. Krótka charakterystyka kierunku badań
2. Główny cel badań
3. Szczegółowe cele badań
4. Faza zaawansowania badań
   - ☒ w fazie opracowań teoretycznych
   - ☒ w fazie prowadzenia badań doświadczalnych
   - ☐ w fazie opracowywania prototypów
5. Klasyfikacja kierunku badań
   - ☒ badania podstawowe
   - ☒ badania stosowane
   - ☒ badania wdrożeniowe
6. Słowa kluczowe związane z kierunkiem badań
7. Możliwościwykorzystania wyników badań
   - ☐ wykorzystanie na skalę jednostkową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę jednostkową
   - ☐ wykorzystanie na skalę masową
   - ☒ możliwe do wykorzystania na skalę masową
8. Jaka jest krytyczna aparatura niezbędna do prowadzenia tego typu badań?
9. Jakie są niezbędne wymagania finansowe na realizację tego typu badań?
   - ☐ niskie nakłady <1 mln PLN
   - ☒ średnie nakłady 1-10 mln PLN
   - ☐ wysokie nakłady >10 mln PLN
10. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w woj. podlaskim
11. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w Polsce
12. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań na świecie (przykłady)
13. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w woj. podlaskim
14. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w Polsce
15. Eksperci z zakresu danego kierunku badań na świecie
16. Badania w jakich obszarach pokrewnych determinują rozwój opisywanego kierunku badań?
17. Na rozwój badań/technologii w jakich obszarach będzie miał wpływ opisywany kierunek badań?
18. Potencjalne obszary zastosowań (branże przemysłu) wyników badań naukowych
19. Korzyści z wdrożenia wyników badań
    - ☒ wzrost znaczenia jednostki naukowej
    - ☒ zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu
    - ☒ wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw
    - ☒ stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych
    - ☐ inne (jakie?)

20. Bariery rozwoju kierunku badań
☒ brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu
☐ brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań
☒ brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/ możliwości komercjalizacji badań
☒ brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań
☒ brak odpowiednio wyposażonego laboratorium
☐ konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań
☒ brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja
☐ inne (jakie?)

21. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań
☐ bardzo n iski ☐ niski ☐ średni ☐ wysoki ☐ bardzo wysoki ☒ trudno oszacować

22. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)

23. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)

24. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań (przykłady)

25. Najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań (przykłady)

CZĘŚĆ II – perspektywy rozwoju kierunku badań

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania?			
Uwagi:			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań?	☒ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN
Uwagi:			
Obszary potencjalnych zastosowań wyników badań			
Uwagi:			
Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace laboratoryjne są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie podmioty będą realizowały dane badania?			
Uwagi:			

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU KIERUNKU BADAŃ W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:	
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☒ wysokie ☐ bardzo wysokie
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☒ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie

PPKB-2	NANOMEDYCYNA	Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	**Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów**
KLUCZOWY EKSPERT			

CZĘŚĆ I – aktualny stan wiedzy

1. Krótka charakterystyka kierunku badań
2. Główny cel badań
3. Szczegółowe cele badań
4. Faza zaawansowania badań
   - ☐ w fazie opracowań teoretycznych
   - ☒ w fazie prowadzenia badań doświadczalnych
   - ☒ w fazie opracowywania prototypów
5. Klasyfikacja kierunku badań
   - ☒ badania podstawowe
   - ☒ badania stosowane
   - ☐ badania wdrożeniowe
6. Słowa kluczowe związane z kierunkiem badań
7. Możliwościwykorzystania wyników badań
   - ☐ wykorzystanie na skalę jednostkową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę jednostkową
   - ☐ wykorzystanie na skalę masową
   - ☒ możliwe do wykorzystania na skalę masową
8. Jaka jest krytyczna aparatura niezbędna do prowadzenia tego typu badań?
9. Jakie są niezbędne wymagania finansowe na realizację tego typu badań?
   - ☐ niskie nakłady <1 mln PLN
   - ☐ średnie nakłady 1-10 mln PLN
   - ☒ wysokie nakłady >10 mln PLN

10. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w woj. podlaskim
11. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w Polsce
12. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań na świecie (przykłady)
13. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w woj. podlaskim
14. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w Polsce
15. Eksperci z zakresu danego kierunku badań na świecie
16. Badania w jakich obszarach pokrewnych determinują rozwój opisywanego kierunku badań?
17. Na rozwój badań/technologii w jakich obszarach będzie miał wpływ opisywany kierunek badań?
18. Potencjalne obszary zastosowań (branże przemysłu) wyników badań naukowych
19. Korzyści z wdrożenia wyników badań
    - ☒ wzrost znaczenia jednostki naukowej
    - ☒ zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu
    - ☐ wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw
    - ☒ stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych
    - ☒ inne (jakie?)
20. Bariery rozwoju kierunku badań
    - ☒ brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu
    - ☐ brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań
    - ☐ brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/ możliwości komercjalizacji badań
    - ☒ brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań
    - ☐ brak odpowiednio wyposażonego laboratorium
    - ☐ konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań
    - ☒ brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja
    - ☐ inne (jakie?)
21. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań
    ☐ bardzo niski ☐ niski ☒ średni ☐ wysoki ☐ bardzo wysoki ☐ trudno oszacować
22. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
23. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
24. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań (przykłady)
25. Najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań (przykłady)

CZĘŚĆ II – perspektywy rozwoju kierunku badań

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania?			
Uwagi:			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań?	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN
Uwagi:			
Obszary potencjalnych zastosowań wyników badań			
Uwagi:			

Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace laboratoryjne są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie podmioty będą realizowały dane badania?			
Uwagi:			

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU KIERUNKU BADAŃ W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:	
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☒ wysokie ☐ bardzo wysokie
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie

PPKB-3	NANOMEDYCYNA	Nanomateriały dla medycyny regeneracyjnej	**Opracowanie metod wytworzenia nanostrukturalnych materiałów dla medycyny regeneracyjnej**
KLUCZOWY EKSPERT			

CZĘŚĆ I – aktualny stan wiedzy

1. Krótka charakterystyka kierunku badań
2. Główny cel badań
3. Szczegółowe cele badań

4. Faza zaawansowania badań
   - ☐ w fazie opracowań teoretycznych
   - ☒ w fazie prowadzenia badań doświadczalnych
   - ☒ w fazie opracowywania prototypów
5. Klasyfikacja kierunku badań
   - ☒ badania podstawowe
   - ☒ badania stosowane
   - ☒ badania wdrożeniowe
6. Słowa kluczowe związane z kierunkiem badań
7. Możliwościwykorzystania wyników badań
   - ☐ wykorzystanie na skalę jednostkową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę jednostkową
   - ☒ wykorzystanie na skalę masową
   - ☒ możliwe do wykorzystania na skalę masową
8. Jaka jest krytyczna aparatura niezbędna do prowadzenia tego typu badań?
9. Jakie są niezbędne wymagania finansowe na realizację tego typu badań?
   - ☐ niskie nakłady <1 mln PLN
   - ☐ średnie nakłady 1-10 mln PLN
   - ☒ wysokie nakłady >10 mln PLN
10. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w woj. podlaskim
11. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w Polsce
12. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań na świecie (przykłady)
13. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w woj. podlaskim
14. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w Polsce
15. Eksperci z zakresu danego kierunku badań na świecie
16. Badania w jakich obszarach pokrewnych determinują rozwój opisywanego kierunku badań?
17. Na rozwój badań/technologii w jakich obszarach będzie miał wpływ opisywany kierunek badań?
18. Potencjalne obszary zastosowań (branże przemysłu) wyników badań naukowych
19. Korzyści z wdrożenia wyników badań
   - ☒ wzrost znaczenia jednostki naukowej
   - ☒ zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu
   - ☒ wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw
   - ☒ stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych
   - ☒ inne (jakie?)
20. Bariery rozwoju kierunku badań
   - ☒ brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu
   - ☒ brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań
   - ☐ brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/ możliwości komercjalizacji badań
   - ☐ brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań
   - ☒ brak odpowiednio wyposażonego laboratorium
   - ☒ konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań
   - ☒ brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja
   - ☐ inne (jakie?)
21. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań
   ☐ bardzo niski ☐ niski ☐ średni ☒ wysoki ☐ bardzo wysoki ☐ trudno oszacować
22. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
23. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
24. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań (przykłady)
25. Najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań (przykłady)

CZĘŚĆ II – perspektywy rozwoju kierunku badań

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania?			
Uwagi:			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań?	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN
Uwagi:			
Obszary potencjalnych zastosowań wyników badań			
Uwagi:			
Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace laboratoryjne są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie podmioty będą realizowały dane badania?			
Uwagi:			

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU KIERUNKU BADAŃ W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:	
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☒ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☒ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie

PPKB-4	BIOTECHNOLOGIA	Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	**Badania nad opracowaniem skutecznych środków bakterio-bójczych i grzybobójczych nie oddziałujących negatywnie na środowisko**
KLUCZOWY EKSPERT			

CZĘŚĆ I – aktualny stan wiedzy

1. Krótka charakterystyka kierunku badań
2. Główny cel badań
3. Szczegółowe cele badań
4. Faza zaawansowania badań
   - ☒ w fazie opracowań teoretycznych
   - ☒ w fazie prowadzenia badań doświadczalnych
   - ☒ w fazie opracowywania prototypów
5. Klasyfikacja kierunku badań
   - ☒ badania podstawowe
   - ☒ badania stosowane
   - ☐ badania wdrożeniowe
6. Słowa kluczowe związane z kierunkiem badań
7. Możliwościwykorzystania wyników badań
   - ☐ wykorzystanie na skalę jednostkową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę jednostkową
   - ☐ wykorzystanie na skalę masową
   - ☒ możliwe do wykorzystania na skalę masową
8. Jaka jest krytyczna aparatura niezbędna do prowadzenia tego typu badań?
9. Jakie są niezbędne wymagania finansowe na realizację tego typu badań?
   - ☐ niskie nakłady <1 mln PLN
   - ☒ średnie nakłady 1-10 mln PLN
   - ☐ wysokie nakłady >10 mln PLN
10. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w woj. podlaskim
11. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w Polsce
12. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań na świecie (przykłady)
13. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w woj. podlaskim
14. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w Polsce
15. Eksperci z zakresu danego kierunku badań na świecie
16. Badania w jakich obszarach pokrewnych determinują rozwój opisywanego kierunku badań?
17. Na rozwój badań/technologii w jakich obszarach będzie miał wpływ opisywany kierunek badań?
18. Potencjalne obszary zastosowań (branże przemysłu) wyników badań naukowych
19. Korzyści z wdrożenia wyników badań
    - ☒ wzrost znaczenia jednostki naukowej
    - ☒ zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu
    - ☒ wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw
    - ☒ stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych
    - ☐ inne (jakie?)

20. Bariery rozwoju kierunku badań
☒ brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu
☐ brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań
☐ brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/ możliwości komercjalizacji badań
☐ brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań
☒ brak odpowiednio wyposażonego laboratorium
☒ konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań
☐ brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja
☐ inne (jakie?)

21. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań
☐ bardzo niski ☐ niski ☐ średni ☒ wysoki ☐ bardzo wysoki ☒ trudno oszacować

22. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)

23. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)

24. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań (przykłady)

25. Najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań (przykłady)

CZĘŚĆ II – perspektywy rozwoju kierunku badań

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania?			
Uwagi:			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań?	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN
Uwagi:			
Obszary potencjalnych zastosowań wyników badań			
Uwagi:			
Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace laboratoryjne są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie podmioty będą realizowały dane badania?			
Uwagi:			

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU KIERUNKU BADAŃ W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:	
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☒ wysokie ☐ bardzo wysokie
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☒ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☒ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie

PPKB-5	NANOMEDYCYNA	Dozowanie leków za pomocą nanocząstek	**Opracowanie metod wytwarzania nanocząstek o zadanych właściwościach funkcjonalnych do aplikacji biomedycznych**
KLUCZOWY EKSPERT			

CZĘŚĆ I – aktualny stan wiedzy

1. Krótka charakterystyka kierunku badań
2. Główny cel badań
3. Szczegółowe cele badań
4. Faza zaawansowania badań
   - ☐ w fazie opracowań teoretycznych
   - ☒ w fazie prowadzenia badań doświadczalnych
   - ☒ w fazie opracowywania prototypów
5. Klasyfikacja kierunku badań
   - ☐ badania podstawowe
   - ☒ badania stosowane
   - ☒ badania wdrożeniowe
6. Słowa kluczowe związane z kierunkiem badań
7. Możliwościwykorzystania wyników badań
   - ☐ wykorzystanie na skalę jednostkową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę jednostkową
   - ☐ wykorzystanie na skalę masową
   - ☒ możliwe do wykorzystania na skalę masową
8. Jaka jest krytyczna aparatura niezbędna do prowadzenia tego typu badań?
9. Jakie są niezbędne wymagania finansowe na realizację tego typu badań?
   - ☐ niskie nakłady <1 mln PLN
   - ☐ średnie nakłady 1-10 mln PLN
   - ☒ wysokie nakłady >10 mln PLN

10. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w woj. podlaskim
11. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w Polsce
12. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań na świecie (przykłady)
13. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w woj. podlaskim
14. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w Polsce
15. Eksperci z zakresu danego kierunku badań na świecie
16. Badania w jakich obszarach pokrewnych determinują rozwój opisywanego kierunku badań?
17. Na rozwój badań/technologii w jakich obszarach będzie miał wpływ opisywany kierunek badań?
18. Potencjalne obszary zastosowań (branże przemysłu) wyników badań naukowych
19. Korzyści z wdrożenia wyników badań
    - ☒ wzrost znaczenia jednostki naukowej
    - ☒ zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu
    - ☒ wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw
    - ☒ stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych
    - ☐ inne (jakie?)
20. Bariery rozwoju kierunku badań
    - ☐ brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu
    - ☐ brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań
    - ☐ brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/ możliwości komercjalizacji badań
    - ☒ brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań
    - ☒ brak odpowiednio wyposażonego laboratorium
    - ☐ konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań
    - ☒ brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja
    - ☐ inne (jakie?)
21. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań
    ☐ bardzo niski ☐ niski ☐ średni ☐ wysoki ☒ bardzo wysoki ☐ trudno oszacować
22. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
23. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
24. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań (przykłady)
25. Najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań (przykłady)

CZĘŚĆ II – perspektywy rozwoju kierunku badań

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania?			
Uwagi:			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań?	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN
Uwagi:			
Obszary potencjalnych zastosowań wyników badań			
Uwagi:			

Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace laboratoryjne są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie podmioty będą realizowały dane badania?			
Uwagi:			

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU KIERUNKU BADAŃ W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:	
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☒ wysokie ☐ bardzo wysokie
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☒ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☒ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie

PPKB-6	BIOTECHNOLOGIA	Badania wpływu obecności nanocząstek w środowisku (powietrze, woda) na przyrodę, klimat i zdrowie człowieka	**Nanotechnologie antybakteryjne**
KLUCZOWY EKSPERT			

CZĘŚĆ I – aktualny stan wiedzy

1. Krótka charakterystyka kierunku badań
   Jest to ważny kierunek badań rozwijany przez Komisję Europejską, USA I inne kraje
2. Główny cel badań
   Stwierdzenie, jaki wpływ na środowisko może mieć rozwój nanotechnologii wykorzystujących nanocząstki

3. Szczegółowe cele badań
Określenie koncentracji nanocząstek, źródła ich pochodzenia, oraz wpływu na zdrowie człowieka I środowisko naturalne. Określenie wpływu stosowania nanomateriałów na środowisko naturalne i zdrowie. Opracowanie rekomendacji i norm w zakresie nanomateriałów, zapewniających ochronę zdrowia i środowiska

4. Faza zaawansowania badań
☐ w fazie opracowań teoretycznych
☒ w fazie prowadzenia badań doświadczalnych
☐ w fazie opracowywania prototypów

5. Klasyfikacja kierunku badań
☒ badania podstawowe
☐ badania stosowane
☐ badania wdrożeniowe

6. Słowa kluczowe związane z kierunkiem badań
Ochrona środowiska, bezpieczeństwo pracy, komórki,

7. Możliwości wykorzystania wyników badań – jedynie w aspekcie aparatury do badania zawartości nanocząstek !!!
☐ wykorzystanie na skalę jednostkową ☐ wykorzystanie na skalę masową
☐ możliwe do wykorzystania na skalę jednostkową ☐ możliwe do wykorzystania na skalę masową

8. Jaka jest krytyczna aparatura niezbędna do prowadzenia tego typu badań?
Bioreaktory, analizy chemiczne, aparatura do badań toksykologicznych. Aparatura do badania zawartości nanocząstek w wodzie i powietrzu

9. Jakie są niezbędne wymagania finansowe na realizację tego typu badań?
☐ niskie nakłady <1 mln PLN
☐ średnie nakłady 1-10 mln PLN
☒ wysokie nakłady >10 mln PLN

10. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w woj. podlaskim
Brak

11. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w Polsce
Collegium Medicum UJ, SGGW, Instytut Ochrony Środowiska, Instytut Medycyny Pracy, IWC PAN, inne

12. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań na świecie (przykłady)
NERC Wielka Brytania, Uniwersytet w Aveiro, Uniwersytet w Oxfordzie, praktycznie ponad 100 laboratoriów w Europie i na świecie

13. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w woj. podlaskim
brak

14. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w Polsce
Dr Ewa Stępień, Collegium Medicum UJ, Prof. Ewa Sawosz, SGGW, dr Małgorzata Mazur, IOŚ

15. Eksperci z zakresu danego kierunku badań na świecie
Allison Crosley, Uniwersytet w Oxfordzie,

16. Badania w jakich obszarach pokrewnych determinują rozwój opisywanego kierunku badań?
Metody oznaczania nanocząstek w środowisku i w organizmach

17. Na rozwój badań/technologii w jakich obszarach będzie miał wpływ opisywany kierunek badań?
Zastosowanie nanomateriałów w przemyśle, wszystkie branże

18. Potencjalne obszary zastosowań (branże przemysłu) wyników badań naukowych
Wszystkie branże przemysłu: transport, budownictwo, medycyna, kosmetyki i przemysł chemiczny, żywność. Od wyników badań zależy uzyskanie zezwoleń na stosowanie nanotechnolgii i nanomateriałów

19. Korzyści z wdrożenia wyników badań
☐ wzrost znaczenia jednostki naukowej
☐ zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu
☒ wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw
☐ stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych
☐ inne (jakie?)
Poznanie skutków nanocząstek dla środowiska pozwoli wprowadzić regulacje które zwiększą zaufanie społeczeństwa dla nanotechnologii oraz ułatwią rozwój firmom je stosującym

20. Bariery rozwoju kierunku badań
☒ brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu
☒ brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań
☐ brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/ możliwości komercjalizacji badań
☐ brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań
☒ brak odpowiednio wyposażonego laboratorium
☒ konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań
☐ brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja
☐ inne (jakie?)

21. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań
☐ bardzo niski ☐ niski ☐ średni ☐ wysoki ☒ bardzo wysoki ☐ trudno oszacować

22. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
Nie

23. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
Tak. Konieczność uzyskania zgody na każdy produkt zawierający nanomateriały i przeznaczony do kontaktu z żywnością. Następne regulacje w przygotowaniu.

24. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań (przykłady)

25. Najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań (przykłady)
Health and Environmental Impact of Nanotechnology: Toxicological Assessment of Manufactured Nanoparticles, Kevin L. Dreher, Toxicological Science, 2004, Nr 77, THOMAS K. DARLINGTON, et al, Potential environmental impact of nanoparticles studied through aluminum in soil, Environmental Toxicology and Chemistry, 2009; Volume 28(6): 1191-1199, Visualisation of morphological interaction of diamond and silver nanoparticles with Salmonella Enteritidis and Listeria monocytogenes, Sawosz, Ewa I wsp. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, Volume 11, 2011, Pages 7635-7641

CZĘŚĆ II – perspektywy rozwoju kierunku badań

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania?	Mikroskopia skaningowa i transmisyjna, badania składu chemicznego gleby wody i powietrza, laboratorium toksykologiczne, aparatura do badania koncentracji nanocząstek w wodzie i powietrzu	Mikroskopia skaningowa i transmisyjna, badania składu chemicznego gleby wody i powietrza, laboratorium toksykologiczne, aparatura do badania koncentracji nanocząstek w wodzie i powietrzu	Mikroskopia skaningowa i transmisyjna, badania składu chemicznego gleby wody i powietrza, laboratorium toksykologiczne, aparatura do badania koncentracji nanocząstek w wodzie i powietrzu
Uwagi:			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań?	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN
Uwagi:			
Obszary potencjalnych zastosowań wyników badań	Przemysł spożywczy, transport, opakowania, materiały konstrukcyjne, przemysł chemiczny	Przemysł spożywczy, transport, opakowania, materiały konstrukcyjne, przemysł chemiczny	Przemysł spożywczy, transport, opakowania, materiały konstrukcyjne, przemysł chemiczny
Uwagi:			
Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?	Toksykologia, ochrona środowiska, nanometrologia, towaroznawstwo, znajomość mechanizmów tworzenia przepisów, nanomedycyna	Toksykologia, ochrona środowiska, nanometrologia, towaroznawstwo, znajomość mechanizmów tworzenia przepisów, nanomedycyna	Toksykologia, ochrona środowiska, nanometrologia, towaroznawstwo, znajomość mechanizmów tworzenia przepisów, nanomedycyna
Uwagi:			

Jakie prace laboratoryjne są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?	Oddziaływanie komórek i nanocząstek. Oddziaływanie organizmów i nanocząstek, mechanizmy aglomeracji i sedymentacji nanocząstek. Procesy rozpuszczania nanocząstek	Oddziaływanie komórek i nanocząstek. Oddziaływanie organizmów i nanocząstek, mechanizmy aglomeracji i sedymentacji nanocząstek. Procesy rozpuszczania nanocząstek	Oddziaływanie komórek i nanocząstek. Oddziaływanie organizmów i nanocząstek, mechanizmy aglomeracji i sedymentacji nanocząstek. Procesy rozpuszczania nanocząstek
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?	Opracowanie metod oznaczania nanocząstek. Opracowanie przemysłowych aparatów do oznaczania nanocząstek w materiałach	Opracowanie aparatury do monitorowania nanocząstek	Opracowanie aparatury do monitorowania nanocząstek w warunkach realnego środowiska
Uwagi:			
Jakie podmioty będą realizowały dane badania?	Uniwersytety i Instytuty Badawcze	Uniwersytety i Instytuty Badawcze	Uniwersytety i Instytuty Badawcze oraz wyspecjalizowane firmy
Uwagi:			

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU KIERUNKU BADAŃ W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:	
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☒ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☒ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie

PPKB-7	NANOMATERIAŁY	Nanomateriały dla medycyny	**Środki antyseptyczne, implanty z inteligentnych materiałów**
KLUCZOWY EKSPERT			

CZĘŚĆ I – aktualny stan wiedzy

1. Krótka charakterystyka kierunku badań
2. Główny cel badań
3. Szczegółowe cele badań

4. Faza zaawansowania badań
   - ☒ w fazie opracowań teoretycznych
   - ☒ w fazie prowadzenia badań doświadczalnych
   - ☐ w fazie opracowywania prototypów
5. Klasyfikacja kierunku badań
   - ☒ badania podstawowe
   - ☐ badania stosowane
   - ☐ badania wdrożeniowe
6. Słowa kluczowe związane z kierunkiem badań
7. Możliwościwykorzystania wyników badań
   - ☒ wykorzystanie na skalę jednostkową
   - ☒ możliwe do wykorzystania na skalę jednostkową
   - ☐ wykorzystanie na skalę masową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę masową
8. Jaka jest krytyczna aparatura niezbędna do prowadzenia tego typu badań?
9. Jakie są niezbędne wymagania finansowe na realizację tego typu badań?
   - ☐ niskie nakłady <1 mln PLN
   - ☒ średnie nakłady 1-10 mln PLN
   - ☒ wysokie nakłady >10 mln PLN
10. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w woj. podlaskim
11. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w Polsce
12. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań na świecie (przykłady)
13. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w woj. podlaskim
14. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w Polsce
15. Eksperci z zakresu danego kierunku badań na świecie
16. Badania w jakich obszarach pokrewnych determinują rozwój opisywanego kierunku badań?
17. Na rozwój badań/technologii w jakich obszarach będzie miał wpływ opisywany kierunek badań?
18. Potencjalne obszary zastosowań (branże przemysłu) wyników badań naukowych
19. Korzyści z wdrożenia wyników badań
   - ☒ wzrost znaczenia jednostki naukowej
   - ☐ zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu
   - ☐ wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw
   - ☒ stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych
   - ☐ inne (jakie?)
20. Bariery rozwoju kierunku badań
   - ☒ brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu
   - ☒ brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań
   - ☐ brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/ możliwości komercjalizacji badań
   - ☐ brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań
   - ☒ brak odpowiednio wyposażonego laboratorium
   - ☒ konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań
   - ☐ brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja
   - ☐ inne (jakie?)
21. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań
   ☐ bardzo niski ☐ niski ☒ średni ☐ wysoki ☐ bardzo wysoki ☐ trudno oszacować
22. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
23. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
24. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań (przykłady)
25. Najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań (przykłady)

CZĘŚĆ II – perspektywy rozwoju kierunku badań

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania?			
Uwagi:			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań?	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN
Uwagi:			
Obszary potencjalnych zastosowań wyników badań			
Uwagi:			
Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace laboratoryjne są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie podmioty będą realizowały dane badania?			
Uwagi:			

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU KIERUNKU BADAŃ W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:	
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☒ wysokie ☒ bardzo wysokie
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☒ średnie ☒ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie

PSKB-1	NANOMEDYCYNA	Implanty	**Nanomodyfikacje implantów**
KLUCZOWY EKSPERT			

CZĘŚĆ I – aktualny stan wiedzy

1. Krótka charakterystyka kierunku badań
2. Główny cel badań
3. Szczegółowe cele badań
4. Faza zaawansowania badań
   - ☐ w fazie opracowań teoretycznych
   - ☒ w fazie prowadzenia badań doświadczalnych
   - ☒ w fazie opracowywania prototypów
5. Klasyfikacja kierunku badań
   - ☐ badania podstawowe
   - ☒ badania stosowane
   - ☒ badania wdrożeniowe
6. Słowa kluczowe związane z kierunkiem badań
7. Możliwościwykorzystania wyników badań
   - ☐ wykorzystanie na skalę jednostkową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę jednostkową
   - ☐ wykorzystanie na skalę masową
   - ☒ możliwe do wykorzystania na skalę masową
8. Jaka jest krytyczna aparatura niezbędna do prowadzenia tego typu badań?
9. Jakie są niezbędne wymagania finansowe na realizację tego typu badań?
   - ☐ niskie nakłady <1 mln PLN
   - ☒ średnie nakłady 1-10 mln PLN
   - ☐ wysokie nakłady >10 mln PLN
10. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w woj. podlaskim
11. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w Polsce
12. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań na świecie (przykłady)
13. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w woj. podlaskim
14. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w Polsce
15. Eksperci z zakresu danego kierunku badań na świecie
16. Badania w jakich obszarach pokrewnych determinują rozwój opisywanego kierunku badań?
17. Na rozwój badań/technologii w jakich obszarach będzie miał wpływ opisywany kierunek badań?
18. Potencjalne obszary zastosowań (branże przemysłu) wyników badań naukowych
19. Korzyści z wdrożenia wyników badań
   - ☒ wzrost znaczenia jednostki naukowej
   - ☒ zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu
   - ☒ wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw
   - ☐ stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych
   - ☐ inne (jakie?)
20. Bariery rozwoju kierunku badań
   - ☐ brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu
   - ☐ brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań
   - ☐ brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/możliwości komercjalizacji badań
   - ☐ brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań
   - ☐ brak odpowiednio wyposażonego laboratorium
   - ☐ konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań
   - ☒ brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja
   - ☐ inne (jakie?)

21. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań
☐ bardzo niski ☐ niski ☐ średni ☐ wysoki ☒ bardzo wysoki ☐ trudno oszacować
22. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
23. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
24. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań (przykłady)
25. Najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań (przykłady)

CZĘŚĆ II – perspektywy rozwoju kierunku badań

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania?			
Uwagi:			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań?	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN
Uwagi:			
Obszary potencjalnych zastosowań wyników badań			
Uwagi:			
Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace laboratoryjne są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie podmioty będą realizowały dane badania?			
Uwagi:			

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU KIERUNKU BADAŃ W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:	
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☒ bardzo wysokie
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☒ wysokie ☐ bardzo wysokie

nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☒ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☒ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie

PSKB-2	NANOMEDYCYNA	Implanty	**Resorbowalne implanty**
KLUCZOWY EKSPERT			

CZĘŚĆ I – aktualny stan wiedzy

1. Krótka charakterystyka kierunku badań
2. Główny cel badań
3. Szczegółowe cele badań
4. Faza zaawansowania badań
   - ☐ w fazie opracowań teoretycznych
   - ☒ w fazie prowadzenia badań doświadczalnych
   - ☐ w fazie opracowywania prototypów
5. Klasyfikacja kierunku badań
   - ☐ badania podstawowe
   - ☒ badania stosowane
   - ☐ badania wdrożeniowe
6. Słowa kluczowe związane z kierunkiem badań
7. Możliwościwykorzystania wyników badań
   - ☐ wykorzystanie na skalę jednostkową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę jednostkową
   - ☐ wykorzystanie na skalę masową
   - ☒ możliwe do wykorzystania na skalę masową
8. Jaka jest krytyczna aparatura niezbędna do prowadzenia tego typu badań?
9. Jakie są niezbędne wymagania finansowe na realizację tego typu badań?
   - ☐ niskie nakłady <1 mln PLN
   - ☐ średnie nakłady 1-10 mln PLN
   - ☒ wysokie nakłady >10 mln PLN
10. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w woj. podlaskim
11. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w Polsce
12. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań na świecie (przykłady)
13. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w woj. podlaskim
14. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w Polsce
15. Eksperci z zakresu danego kierunku badań na świecie
16. Badania w jakich obszarach pokrewnych determinują rozwój opisywanego kierunku badań?
17. Na rozwój badań/technologii w jakich obszarach będzie miał wpływ opisywany kierunek badań?
18. Potencjalne obszary zastosowań (branże przemysłu) wyników badań naukowych

19. Korzyści z wdrożenia wyników badań
☒ wzrost znaczenia jednostki naukowej
☒ zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu
☒ wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw
☒ stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych
☐ inne (jakie?)

20. Bariery rozwoju kierunku badań
☒ brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu
☐ brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań
☐ brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/możliwości komercjalizacji badań
☒ brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań
☒ brak odpowiednio wyposażonego laboratorium
☒ konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań
☒ brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja
☐ inne (jakie?)

21. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań
☐ bardzo niski ☐ niski ☐ średni ☒ wysoki ☐ bardzo wysoki ☐ trudno oszacować

22. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)

23. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)

24. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań (przykłady)

25. Najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań (przykłady)

CZĘŚĆ II – perspektywy rozwoju kierunku badań

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania?			
Uwagi:			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań?	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN	☒ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN
Uwagi:			
Obszary potencjalnych zastosowań wyników badań			
Uwagi:			
Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace laboratoryjne są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			

Jakie podmioty będą realizowały dane badania?			

Uwagi:

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU KIERUNKU BADAŃ W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:	
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☒ wysokie ☐ bardzo wysokie
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☒ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☒ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie

PSKB-3	NANOMEDYCYNA	Medycyna regeneracyjna	**Nanomateriały i nanotechnologie dla regeneracji tkanek i kości**
KLUCZOWY EKSPERT			

CZĘŚĆ I – aktualny stan wiedzy

1. Krótka charakterystyka kierunku badań
2. Główny cel badań
3. Szczegółowe cele badań
4. Faza zaawansowania badań
   - ☐ w fazie opracowań teoretycznych
   - ☒ w fazie prowadzenia badań doświadczalnych
   - ☐ w fazie opracowywania prototypów
5. Klasyfikacja kierunku badań
   - ☒ badania podstawowe
   - ☒ badania stosowane
   - ☐ badania wdrożeniowe
6. Słowa kluczowe związane z kierunkiem badań
7. Możliwościwykorzystania wyników badań
   - ☒ wykorzystanie na skalę jednostkową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę jednostkową
   - ☐ wykorzystanie na skalę masową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę masową
8. Jaka jest krytyczna aparatura niezbędna do prowadzenia tego typu badań?
9. Jakie są niezbędne wymagania finansowe na realizację tego typu badań?
   - ☐ niskie nakłady <1 mln PLN
   - ☒ średnie nakłady 1-10 mln PLN
   - ☐ wysokie nakłady >10 mln PLN

10. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w woj. podlaskim
11. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w Polsce
12. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań na świecie (przykłady)
13. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w woj. podlaskim
14. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w Polsce
15. Eksperci z zakresu danego kierunku badań na świecie
16. Badania w jakich obszarach pokrewnych determinują rozwój opisywanego kierunku badań?
17. Na rozwój badań/technologii w jakich obszarach będzie miał wpływ opisywany kierunek badań?
18. Potencjalne obszary zastosowań (branże przemysłu) wyników badań naukowych
19. Korzyści z wdrożenia wyników badań
    - ☒ wzrost znaczenia jednostki naukowej
    - ☐ zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu
    - ☐ wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw
    - ☐ stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych
    - ☐ inne (jakie?)
20. Bariery rozwoju kierunku badań
    - ☐ brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu
    - ☐ brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań
    - ☐ brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/możliwości komercjalizacji badań
    - ☐ brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań
    - ☒ brak odpowiednio wyposażonego laboratorium
    - ☒ konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań
    - ☐ brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja
    - ☐ inne (jakie?)
21. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań
    ☐ bardzo niski ☐ niski ☐ średni ☐ wysoki ☒ bardzo wysoki ☐ trudno oszacować
22. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
23. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
24. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań (przykłady)
25. Najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań (przykłady)

CZĘŚĆ II – perspektywy rozwoju kierunku badań

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania?			
Uwagi:			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań?	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN
Uwagi:			
Obszary potencjalnych zastosowań wyników badań			
Uwagi:			

Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace laboratoryjne są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie podmioty będą realizowały dane badania?			
Uwagi:			

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU KIERUNKU BADAŃ W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:	
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☒ wysokie ☐ bardzo wysokie
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☒ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☒ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie

PSKB-4	NANOMEDYCYNA	Implanty	**Biomateriały dla inżynierii tkankowej (scaffolds)**
KLUCZOWY EKSPERT			

CZĘŚĆ I – aktualny stan wiedzy

1. Krótka charakterystyka kierunku badań
2. Główny cel badań
3. Szczegółowe cele badań
4. Faza zaawansowania badań
   ☒ w fazie opracowań teoretycznych
   ☐ w fazie prowadzenia badań doświadczalnych
   ☐ w fazie opracowywania prototypów

5. Klasyfikacja kierunku badań
   - ☒ badania podstawowe
   - ☐ badania stosowane
   - ☐ badania wdrożeniowe
6. Słowa kluczowe związane z kierunkiem badań
7. Możliwościwykorzystania wyników badań
   - ☒ wykorzystanie na skalę jednostkową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę jednostkową
   - ☐ wykorzystanie na skalę masową
   - ☐ możliwe do wykorzystania na skalę masową
8. Jaka jest krytyczna aparatura niezbędna do prowadzenia tego typu badań?
9. Jakie są niezbędne wymagania finansowe na realizację tego typu badań?
   - ☐ niskie nakłady <1 mln PLN
   - ☐ średnie nakłady 1-10 mln PLN
   - ☒ wysokie nakłady >10 mln PLN
10. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w woj. podlaskim
11. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w Polsce
12. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań na świecie (przykłady)
13. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w woj. podlaskim
14. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w Polsce
15. Eksperci z zakresu danego kierunku badań na świecie
16. Badania w jakich obszarach pokrewnych determinują rozwój opisywanego kierunku badań?
17. Na rozwój badań/technologii w jakich obszarach będzie miał wpływ opisywany kierunek badań?
18. Potencjalne obszary zastosowań (branże przemysłu) wyników badań naukowych
19. Korzyści z wdrożenia wyników badań
   - ☒ wzrost znaczenia jednostki naukowej
   - ☒ zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu
   - ☒ wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw
   - ☒ stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych
   - ☐ inne (jakie?)
20. Bariery rozwoju kierunku badań
   - ☒ brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu
   - ☒ brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań
   - ☐ brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/ możliwości komercjalizacji badań
   - ☒ brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań
   - ☒ brak odpowiednio wyposażonego laboratorium
   - ☒ konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań
   - ☐ brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja
   - ☐ inne (jakie?)
21. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań
   ☐ bardzo niski ☐ niski ☐ średni ☒ wysoki ☐ bardzo wysoki ☐ trudno oszacować
22. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
23. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
24. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań (przykłady)
25. Najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań (przykłady)

CZĘŚĆ II – perspektywy rozwoju kierunku badań

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania?			
Uwagi:			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań?	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☒ średni przyrost 1-10 mln PLN ☐ wysoki przyrost >10 mln PLN
Uwagi:			
Obszary potencjalnych zastosowań wyników badań			
Uwagi:			
Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace laboratoryjne są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?			
Uwagi:			
Jakie podmioty będą realizowały dane badania?			
Uwagi:			

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU KIERUNKU BADAŃ W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:	
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☒ wysokie ☐ bardzo wysokie
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☒ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☒ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja* *oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie

PSKB-5	NANOMEDYCYNA	Implanty	**Trwałe implanty**
KLUCZOWY EKSPERT			

CZĘŚĆ I – aktualny stan wiedzy

1. Krótka charakterystyka kierunku badań
   Minimalizacja skutków ubocznych implantów medycznych. Zapewnienie ich trwałości przez czas życia pacjenta
2. Główny cel badań
   Zapewnienie ich trwałości przez czas życia pacjent
3. Szczegółowe cele badań
   Zapewnienie biozgodności implantu i tkanki ludzkiej. Zmniejszenie zużycia i korozji. Zwiększenie wytrzymałości mechanicznej. Nadanie dodatkowych funkcji
4. Faza zaawansowania badań
   ☐ w fazie opracowań teoretycznych
   ☐ w fazie prowadzenia badań doświadczalnych
   ☒ w fazie opracowywania prototypów
5. Klasyfikacja kierunku badań
   ☐ badania podstawowe
   ☐ badania stosowane
   ☒ badania wdrożeniowe
6. Słowa kluczowe związane z kierunkiem badań
   Trybologia, wytrzymałość, biozgodność
7. Możliwości wykorzystania wyników badań
   ☐ wykorzystanie na skalę jednostkową
   ☐ możliwe do wykorzystania na skalę jednostkową
   ☐ wykorzystanie na skalę masową
   ☒ możliwe do wykorzystania na skalę masową
8. Jaka jest krytyczna aparatura niezbędna do prowadzenia tego typu badań?
   Aparatura trybologiczna, aparatura do badań wytrzymałościowych, laboratorium biochemiczne, aparatura do symulacji komputerowych.
9. Jakie są niezbędne wymagania finansowe na realizację tego typu badań?
   ☐ niskie nakłady <1 mln PLN
   ☐ średnie nakłady 1-10 mln PLN
   ☒ wysokie nakłady >10 mln PLN
10. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w woj. podlaskim
    Firma Medgal
11. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań w Polsce
    Zakład Bioceramiki, Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej i Wydział Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, Akademia Górniczo Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Wydział Mechaniczny PB.
12. Ośrodki naukowe/badawcze zajmujące się danym kierunkiem badań na świecie (przykłady)
    Rutgers University, MIT, Institute of Bio_nanotechnology. National University of Singapore
13. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w woj. podlaskim
    Brak
14. Eksperci z zakresu danego kierunku badań w Polsce
    Prof. Bogusław Major, IMIM PAN, Prof. Tadeusz Wierzchoń, WIM PW, Prof. Stanisław Mitura Politechnika Koszalińska, Dr Halina Garbacz, WIM PW, Mieczysław Jurczyk, Politechnika Poznańska
15. Eksperci z zakresu danego kierunku badań na świecie
    Eward S.Ahn, MIT USA, Rusłan Valiev, Ufa State Aviation Technical University,
    Thomas J. Webster, Brown University, USA
16. Badania w jakich obszarach pokrewnych determinują rozwój opisywanego kierunku badań?
    Modelowanie komputerowe, rozwój nanomateriałów, oddziaływania komórek z materiałem. Zachowanie komórek na powierzchni materiałów zakończonych nanostrukturą

17. Na rozwój badań/technologii w jakich obszarach będzie miał wpływ opisywany kierunek badań?
Zjawiska na styku komórek i materiałów

18. Potencjalne obszary zastosowań (branże przemysłu) wyników badań naukowych
Przemysł medyczny – produkcja implantów

19. Korzyści z wdrożenia wyników badań
☒ wzrost znaczenia jednostki naukowej
☒ zacieśnienie współpracy pomiędzy sferą nauki i biznesu
☒ wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw
☒ stymulujący wpływ na rozwój innych kierunków badań naukowych
☐ inne (jakie?)

20. Bariery rozwoju kierunku badań
☐ brak lub mała liczba specjalistów/niewystarczające kwalifikacje personelu
☒ brak lub niski poziom wiedzy na temat kierunku badań
☐ brak wiedzy na temat potencjalnych zastosowań wyników badań/ możliwości komercjalizacji badań
☐ brak analizy rynku na temat zapotrzebowania na wyniki badań
☒ brak odpowiednio wyposażonego laboratorium
☒ konieczność poniesienia wysokich nakładów finansowych na prowadzenie badań
☒ brak współpracy na płaszczyźnie nauka-biznes-administracja
☐ inne (jakie?)

21. Stopień akceptacji społecznej dla rozwoju danego kierunku badań
☐ bardzo niski ☐ niski ☐ średni ☐ wysoki ☒ bardzo wysoki ☐ trudno oszacować

22. Czy istnieją specjalne krajowe regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
Normy

23. Czy istnieją specjalne unijne regulacje dotyczące opisywanego kierunku badań? (jeśli tak, to jakie?)
ISO10993-14, ISO 16428:2005, ISO 17853:2011, ISO 6475:1989

24. Wykaz podstawowej literatury (polskiej i światowej) dotyczącej opisywanego kierunku badań (przykłady)
Nanostructured Biomaterials for Tissue Engineering Bone, T.J. Webster, E.S Ahn. Bionanomateriały, Mieczysław Jurczyk

25. Najważniejsze, ewentualnie istniejące patenty związane z danym kierunkiem badań (przykłady)
AU002010232417A1, Medical implant with bioactive material and method of making the medical implant, WARSAW ORTHOPEDIC INC, AU002009204411A1, Surface alloyed medical implant, U002008261676A1 Ceramic layered medical implant

CZĘŚĆ II – perspektywy rozwoju kierunku badań

	W LATACH		
	2012-2014	2015-2017	2018-2020
Jakie jest niezbędne wyposażenie laboratorium realizującego badania?	Aparatura do badania odporności na ścieranie, badania mechaniczne, badania korozji, modelowanie komputerowe, technologie obróbki plastycznej, technologie ceramiczne, technologie warstw	Aparatura do badania odporności na ścieranie, badania mechaniczne, badania korozji, modelowanie komputerowe, technologie obróbki plastycznej, technologie ceramiczne, technologie warstw, technologie tworzenia nanostruktur powierzchniowych	Aparatura do badania odporności na ścieranie, badania mechaniczne, badania korozji, modelowanie komputerowe, technologie obróbki plastycznej, technologie ceramiczne, technologie warstw, nanostruktur powierzchniowych, technologie samonaprawiania
Uwagi: Temat jest bardzo obszerny: metale, ceramiki, kompozyty, warstwy			
Jaki jest niezbędny przyrost nakładów finansowych na rozwój badań?	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN	☐ niski przyrost <1 mln PLN ☐ średni przyrost 1-10 mln PLN ☒ wysoki przyrost >10 mln PLN
Uwagi:			

Obszary potencjalnych zastosowań wyników badań	Implanty ortopedyczne	Implanty ortopedyczne	Implanty ortopedyczne
Uwagi:			
Jakie kwalifikacje są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?	Inżynieria materiałowa, chemia, medycyna, mechanika,	Inżynieria materiałowa, chemia, medycyna, mechanika, bionanotechnologie	Inżynieria materiałowa, chemia, medycyna, mechanika, bionanotechnologie
Uwagi:			
Jakie prace laboratoryjne są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?	Testy in vivo, Oddziaływanie komórek i implantu.	Testy in vivo, Oddziaływanie komórek i implantu.	Testy in vivo, Oddziaływanie komórek i implantu.
Uwagi:			
Jakie prace wdrożeniowe są niezbędne do rozwoju danego kierunku badań?	Testy kliniczne I, II i III stopień	Testy kliniczne I, II i III stopień	Testy kliniczne I, II i III stopień
Uwagi:			
Jakie podmioty będą realizowały dane badania?	Konsorcja firmy, uczelnie, instytuty	Konsorcja firmy, uczelnie, instytuty	Konsorcja firmy, uczelnie, instytuty
Uwagi:			

JAKIE SĄ SZANSE ROZWOJU KIERUNKU BADAŃ W WOJ. PODLASKIM W PERSPEKTYWIE 2020 ROKU W WARUNKACH:	
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☒ wysokie ☐ bardzo wysokie
efektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☐ bardzo niskie ☒ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***wysokiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie
nieefektywnych *regionalnych sieci współpracy podmiotów biznes, nauka, administracja oraz* ***niskiego*** *potencjału badawczo-rozwojowego dla nanotechnologii*	☒ bardzo niskie ☐ niskie ☐ średnie ☐ wysokie ☐ bardzo wysokie

[1] Ansari S.A., Husain Q., Qayyum S., Azam A., *Designing and surface modification of zinc oxide nanoparticles for biomedical applications*, „Food and Chemical Toxicology" 2011 t. 49(9)

[2] Babbie E., *Podstawy badań społecznych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010

[3] *Badanie ewaluacyjne realizowanych w Polsce projektów foresight,* Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2010 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: www.mnisw.gov.pl [Data wejścia 26-08-2011]

[4] Bainbridge W.S., *Springer Handbook of Nanotechnology*, Bhushan B. (red.), Springer-Verlag, 2004

[5] Balzani V., Scandola F., *Supramolekular photochemistry*, Ellis Horwood, Chichester 1991

[6] Bargiel S., Dziuban J., Walczak R., Knapkiewicz P., Górecka-Drzazga A., *Corrosion resistant integrated optical microsensor for NIR spectroscopy and its application in microreactors, Micro total analysis systems*, 10th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences, Tokyo, Japan 2006

[7] Braun T., et al., *Growth and Trends of Fullerene Research As Reflected In Its Journal Literature*, 100 „Chemical Review" 2000 t. 23

[8] Byrappa K., Ohara S., Adschiri T., *Nanoparticles synthesis using supercritical fluid technology – towards biomedical applications*, „Advanced Drug Delivery Reviews" 2008 t. 60

[9] Byron D., *Biomaterials: Novel materials from biological sources*, Stockton Press, New York 1991

[10] Cai J., Ruffieux P., Jaafar R., Bieri M., Braun T., Blankenburg S., Muoth M., Seitsonen A. P., Saleh M., Feng X., Mullen K., Fasel R., *Atomically precise bottom-up fabrication of graphene nanoribbons*, „Nature" 2010 t. 466

[11] Caldwell J.D., Anderson T.J., Culbertson J.C., Jernigan G.G., Hobart K.D., Kub F.J., Tadjer M.J., Tedesco J.L., Hite J.K., Mastro M.A., Myers-Ward R.L., Eddy C.R. Jr., Campbell P.M., Gaskill D.K., *Technique for the Dry Transfer of Epitaxial Graphene onto Arbitrary Substrates*, „ACS Nano" 2010 t. 4 (2)

[12] Canceill J., i in., *Supramolecular Chemistry I – Directed Synthesis and Molecular Recognition*, Weber E. (red.) Springer, Berlin 1993

[13] Dobrodziej P., *Słownik badań marketingowych, rynkowych i społecznych*, [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://dobrebadania.pl/slownik-badawczy.html [Data wejścia 26-08-2011]

[14] Drexler K.E., *Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology*, Doubleday 1990

[15] Durand T., *Twelve Lessons from 'Key Technologies 2005': the French Technology Foresight Exercise,* „Journal of Forecasting" 2003 t. 22

[16] *Działalność badawcza i rozwojowa w Polsce w 2011 roku,* GUS, Warszawa 2012

[17] Edwards S.A., *Nanomedical Technology: Financial, Legal, Clinical, Political, Ethical, and Social Challenges to Implementation*, w: *Nanofabrication Towards Biomedical Applications: Techniques, Tools, Applications, and Impact*, Published Online: 12.04.2005, DOI: 10.1002/3527603476.index

[18] Einhorn T., *Biomechanics of bone*, Academic Press, San Diego 1996

[19] Franks A., *Nanotechnology*, „Journal of Physics, E.: Scientific Instruments" 1987 t. 20

[20] Geim A.K., *Graphene: Status and Prospects*, „Science" 2009 t. 324, nr 5934

[21] Gerhardt Ph., Löffler S., Homann K.H., *Polyhedral Carbon Ions In Hydrocarbon Flames*, „Chemical Physics Letters" 1987 t. 137

[22] Gorokhovsky V., *Characterization of Cascade Arc Assisted CVD Diamond Coating Technology*, „Surface and Coatings Technology" 2005 t. 194

[23] Górak K., *Strategie komercjalizacji technologii*, Grupa tematyczna: Innowacyjność, PARP, Warszawa 2008, Krajowy System Usług [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu http://ksu.parp.gov.pl/pl [Data wejścia 29.10.2011]
[24] Güneş F., i in., *Layer-by-Layer Doping of Few-Layer Graphene Film*,"ACS Nano" 2010 t. 4, nr 8
[25] Gupta A.K., Gupta M., *Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedicalapplications*, „Biomaterials" 2005 t. 26(18)
[26] Hollinger J.O., *Biomedical applications of synthetic biodegradable polymers*, CRC Press, Boca Raton 1995
[27] Jurczyk M., Jakubowicz J., *Bionanomateriały*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2008
[28] Klusaczek K., *Technology Foresight in the Czech Republic*, „International Journal of Foresight and Innovation Policy" 2004 t. 2, nr 1
[29] Komunikat Komisji Wspólnot Europejskich, *Ku europejskiej strategii dla nanotechnologii,* COM(2004) 338 końcowy, Bruksela 2004
[30] Krätschmer W., et al., *Solid C_{60}: A New Form of Carbon*, „Nature" 1990 t. 347
[31] Kroto H.W., Heath J.R., O'Brein S.C., Curl R.F., Smalley R.E., *C_{60}: Buckminsterfullerene*, „Nature" 1985 t. 318
[32] Kumar C.S.S.R., Hormes J., Leuschner C. (red.), *Nanofabrication Towards Biomedical Applications: Techniques, Tools, Applications, and Impact,* Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2005
[33] Lackner J.M., Waldhauser W., *Inorganic PVD and CVD Coatings in Medicine A Review of Protein and Cell Adhesion on Coated Surfaces*, „Journal of Adhesion Science and Technology" 2010 t. 24
[34] Lanza R.P., Langer R., Vacanti J., *Principles of tissue engineering*, Academic Press, San Diego 2000
[35] Ma P.X., Elisseeff J., *Scaffolding in tissue engineering*, CRC Taylor & Francis Group, Boca Raton–London–New York 2006
[36] Ma Z., Liu H., *Synthesis and surface modification of magnetic particles for application in biotechnology and biomedicine*, „China Particuology" 2007 t. 5(1-2)
[37] Malard L.M., Pimenta M.A., Dresselhaus G., Dresselhaus M.S., *Raman spectroscopy in graphene*, „Physics Reports" 2009 t. 473, nr 5-6
[38] Mankins J.C., *Research and development degree of difficulty*, A White paper, NASA Office of Space Flight, USA, March 1998
[39] Matusiak K.B. (red.), *Innowacje i transfer technologii. Słownik pojęć*, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa 2005
[40] Marszałł M.P., *Application of Magnetic Nanoparticles in Pharmaceutical Sciences*, „Pharmaceutical Research" 2011 t. 28(3)
[41] Maziewski A., Dobrogowski W., Gieniusz R., Kisielewski J., Kisielewski M., Kurant Z., Mazalski P., Stupakiewicz A., Tekielak M., *Twenty years of magnetic nanostructures Studies in Białystok*, „Acta Physicae Superficierum" 2012 t. XII
[42] Miller J.C. and Harris D.L., *The Carbon Nanotube Patent Landscape*, „Nanotechnology Law&Business" 2006 t. 427
[43] Mohanty A., Misra M., Drzal L.T., *Natural fibres, biopolymers and biocomposites*, CRC Taylor & Francis Group, Boca Raton-London-New York-Singapore 2005
[44] Nałęcz M. (red.) *Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna. t. 4. Biomateriały*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2003
[45] *Nanonauka i nanotechnologia. Narodowa strategia dla Polski. Raport*, MNiSW, Warszawa 2006
[46] *National Nanotechnology Initiatives*. [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu www.nano.gov [Data wejścia 29.10.2011]
[47] Nazarko J. (red.), Ejdys J. (red.), *Metody i procedury badawcze w projekcie „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii"*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2011
[48] Nazarko J. (red.), Kędzior Z. (red.), *Uwarunkowania rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Wyniki analiz STEEPVL i SWOT*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2010
[49] Nazarko J., *Kształtowanie polityki proinnowacyjnej regionu np. foresightu technologicznego <<NT FOR Podlaskie 2020>>*, „Optimum. Studia Ekonomiczne" 2011 nr 2
[50] Niemirowicz K., *Zastosowanie nanocząstek magnetycznych w separacji makromolekuł i drobnoustrojów*, Nanotechnologia PL, 2011

[51] Novoselov K.S., Geim A.K., Morozov S.V., Jiang D., Zhang Y., Dubonos S.V., Grigorieva I.V., Firsov A.A., *Electric field effect in atomically thin carbon films*, „Science" 2004 t. 306
[52] Okulski T., *Metody badań foresightowych na przykładzie projektu foresight w górnictwie i hutnictwie Republiki Południowej Afryki*, „Gospodarka Surowcami Mineralnymi" 2008 t. 24 z. 3/3
[53] Pumera M., *Graphene-based nanomaterials and their electrochemistry*, „Chemistry Society Reviews" 2010 t. 39, nr 11
[54] Rao J.P., Geckeler K.E., *Polymer nanoparticles: Preparation techniques and size-control parameters*, „Progress in Polymer Science" 2001 t. 36(7)
[55] Ratner B., *Biomaterials science, introduction to materials in medicine*, Academic Press, San Diego 2001
[56] *Rocznik statystyczny województw*, GUS, Warszawa 2012
[57] *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2010*, GUS, Warszawa 2010.
[58] Roy P., Berger S., Schmuki P., *TiO_2 nanotubes: Synthesis and applications*, „Angew. Chem. Int. Ed." 2011 t. 50
[59] Scott G., *Degradable polymers: principles and application*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1995
[60] Stoiber M., et al., *Low-friction TiN coatings deposited by PACVD,* „Surface and Coatings Technology" 2003 t. 163-164
[61] Strona internetowa: ARTMAG, tryb dostępu: www.artmag.agh.edu.pl
[62] Strona internetowa:www.etp-nanomedicine.eu/public/press-documents/publications/etpn-publications
[63] Strona internetowa: http://www.nano.org.uk
[64] Strona internetowa: http://www.nano-israel.org
[65] Strona internetowa: http://ncn.gov.pl
[66] Strona internetowa: http://physics.uwb.edu.pl
[67] Strona internetowa projektu:nt. Utworzenie Centrum Syntezy i Analizy BioNano-Techno Uniwersytetu w Białymstoku, tryb dostępu http://biol-chem.uwb.edu.pl/nano/
[68] Strona internetowa: https://osf.opi.org.pl
[69] Strona internetowa projektu: SPINLAB, http://spinlab.uwb.edu.pl
[70] Strona internetowa UwB:http://uwb.edu.pl
[71] Strona internetowa Zakładu Fizyki Magnetyków UwB: http://physics.uwb.edu.pl/zfmag
[72] Strona internetowa 7 PR: http://www.kpk.gov.pl/7pr
[73] Strupinski W., Grodecki K., Wysmolek A., Stepniewski R., Szkopek T., Gaskell P. E., Grüneis A., Haberer D., Bozek R., Krupka J., Baranowski J. M., *Graphene Epitaxy by Chemical Vapor Deposition on SiC*, „Nano Letters" 2011 t. 11(4)
[74] Studium Wykonalności projektu *Foresight technologiczny* <<NT FOR Podlaskie 2020>>. *Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii*, Politechnika Białostocka, Białystok 2008.
[75] Swager T.M., *Functional Graphene: Top--Down Chemistry of the π-Surface*, „ACS Macro Letter" 2012 t. 1, nr 1
[76] Taniguchi N., *On the basic concept of nanotechnology*, Proc. Int. Conf. Prod., Eng. Tokyo 1974
[77] Taniguchi N., *Nanotechnology. Materials processing with an atomic or molecular size working unit*, „Kinzoku Hyomen Gijutsu" 1978 t. 29 (5)
[78] Taniguchi N., *Fundamentals and Applications of Nanotechnology. Ultraprecision and Ultrafine Machining and Energy beam Processing*, Kogyo Chosokai Publishing Co., Ltd.: Tokyo, Japan 1988
[79] Taniguchi N., *Construction and idea of nanotechnology*, Journal of the Japan, „Society of Precision Engineering" 1990 t. 56
[80] Uchwała nr 164/2011 Rady Ministrów z dnia 16 sierpnia 2011 r. w sprawie ustanowienia Krajowego Programu Badań, Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, Warszawa 2011
[81] Vogtle F., Alfter F., *Supramolecular chemistry: an introduction*, John Wiley & Sons, Australia 1991
[82] Walczak R., Dziuban J., Koszur J., Wolff A., Bang D.D., Bu M., *CCD camera-based optical readout system for RT-PCR DNA analyzer: toward rapid and cheapdetection of pathogens in food and clinical samples in nanograms per mililiter concentration of DNA, Micro Total Analysis Systems*, t. 1, 11th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences, Paris, France 2007

[83] Webster T.J., Ahn E.S., *Nanostructured Biomaterials for Tissue Engineering Bone*, Tissue Engineering II, „Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology" 2007 t. 103
[84] *Wikipedia,* [Dokument elektroniczny] tryb dostępu: http://pl.wikipedia.org/wiki/Operacjonalizacja_problemu_ badawczego [Data wejścia 26-08-2011]
[85] Yu-Ming Lin, i in., *Wafer-Scale Graphene Integrated Circuit*, „Science" 2011 t. 332
[86] 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.
[87] Zhong-Shuai Wu, i in., *Graphene/metal oxide composite electrode materials for energy storage*, „Nano Energy" 2012 t. 1

Wykaz rysunków

Rys. 1. Schemat współdziałania paneli eksperckich w projekcie „Foresight technologiczny <<NT FOR Podlaskie 2020>>. Regionalna strategia rozwoju nanotechnologii” 10
Rys. 1.1. Liczba projektów zgłoszonych do finansowania do MNiSW z obszaru nano 17
Rys. 1.2. Liczba zgłoszonych projektów do finansowania przez NCN z obszaru nano w podziale na typy projektów 17
Rys. 1.3. Rodzaje prac badawczych zarejestrowanych w systemie SYNABA w obszarze „nano” [%] 18
Rys. 1.4. Projekty z obszaru nano zatwierdzone do finansowania ze środków NCN w latach 2011-2012 19
Rys. 1.5. Zatrudnieni w B+R na 100 pracujących w 2011 roku 20
Rys. 1.6. Nakłady wewnętrzne na działalność B+R na 1 mieszkańca według województw w 2011 roku [PLN] 21
Rys. 1.7. Zatrudnieni w działalności B+R według poziomu wykształcenia w 2011 roku [%] 23
Rys. 1.8. Dyscypliny naukowe projektów „nano” z lat 2002-2011 24
Rys. 1.9. Dyscypliny naukowe projektów „nano” z lat 2011-2012 26
Rys. 1.10. Sieć współpracy projektu SYMPHONY 28

Rys. 2.1. Schemat ogólnej metodyki badawczej panelu POB2 w zakresie utworzenia priorytetowych kierunków badań 31
Rys. 2.2. Schemat operacjonalizacji metodyki badawczej Panelu POB2 w zakresie utworzenia priorytetowych kierunków badań 33

Rys. 3.1. Struktura panelu ekspertów według płci oraz tytułu/stopnia 35
Rys. 3.2. Wzór formularz do identyfikacji obszarów i kierunków badań 37
Rys. 3.3. Liczba wskazanych kierunków badań według obszarów zastosowań – obszar nauk podstawowych 44
Rys. 3.4. Liczba wskazanych kierunków badań według obszarów zastosowań – obszar nauk stosowanych 44

Rys. 4.1. Przebieg procesu wyboru kryteriów oceny kandydujących kierunków badań 45
Rys. 4.2. Ocena kryteriów odnoszących się do atrakcyjności 50
Rys. 4.3. Ocena kryteriów odnoszących się do wykonalności 50

Rys. 5.1. Średnia ważona ocena obszarów badań podstawowych 55
Rys. 5.2. Średnia ważona ocena obszarów badań podstawowych w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 57
Rys. 5.3. Średnia ważona ocena obszarów badań podstawowych w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 58
Rys. 5.4. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru przemysł drzewny w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 60
Rys. 5.5. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nanomedycyna w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 64

Rys. 5.6. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru biotechnologia w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 65
Rys. 5.7. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nanomateriały w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 66-68
Rys. 5.8. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru przemysłu maszynowego w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 69
Rys. 5.9. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nauk społecznych w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 70
Rys. 5.10. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru przemysłu drzewnego w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 72
Rys. 5.11. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nanomedycyny w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 73
Rys. 5.12. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru biotechnologie w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 74
Rys. 5.13. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nanomateriałów w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 76-78
Rys. 5.14. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru przemysł maszynowy w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 79
Rys. 5.15. Średnia ważona ocena kierunków badań podstawowych w obrębie obszaru nauki społeczne w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 80
Rys. 5.16. Płaszczyzna kierunków badań podstawowych w układzie współrzędnych atrakcyjność-wykonalność 81

Rys. 6.1. Średnia ważona ocena obszarów badań stosowanych 84
Rys. 6.2. Średnia ważona ocena obszarów badań stosowanych w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 85
Rys. 6.3. Średnia ważona ocena obszarów badań stosowanych w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 86
Rys. 6.4. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru przemysł drzewny w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 88
Rys. 6.5. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru budownictwo w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 91
Rys. 6.6. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru drogownictwo w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 92
Rys. 6.7. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru przemysł włókienniczy w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 93
Rys. 6.8. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru nanomedycyna w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 96
Rys. 6.9. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru bionaotechnologia w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 97
Rys. 6.10. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru rolnictwo i przemysł spożywczy w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 99
Rys. 6.11. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru technologie informatyczne, ICT w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 100
Rys. 6.12. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru energia w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny atrakcyjności 101
Rys. 6.13. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru przemysł drzewny w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 103
Rys. 6.14. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru budownictwo w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 104
Rys. 6.15. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru drogownictwo w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 105
Rys. 6.16. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru przemysł włókienniczy w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 106
Rys. 6.17. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru nanomedycyna w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 108
Rys. 6.18. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru bionanotechnologia w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 109

Rys. 6.19. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru rolnictwo i przemysł spożywczy w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 110
Rys. 6.20. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru technologie informatyczne, ICT w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 111
Rys. 6.21. Średnia ważona ocena kierunków badań stosowanych w obrębie obszaru energia w rozbiciu na poszczególne kryteria oceny wykonalności 112
Rys. 6.22. Płaszczyzna kierunków badań stosowanych w układzie współrzędnych atrakcyjność-wykonalność 114

Rys. 7.1. Ocena poziomu trudności badań 116
Rys. 7.2. Wzór przykładowego formularza oceny poziomu trudności badań 117
Rys. 7.3. Deklarowany poziom wiedzy indywidualnej ekspertów w zakresie badań podstawowych 118
Rys. 7.4. Deklarowany poziom wiedzy indywidualnej ekspertów w zakresie badań stosowanych 119
Rys. 7.5. Ocena ekspercka poziomu trudności badań podstawowych z uwzględnieniem indywidualnego poziomu wiedzy eksperckiej w poszczególnych obszarach 119
Rys. 7.6. Ocena ekspercka przewidywanej perspektywy osiągnięcia zakładanych celów badawczych badań podstawowych z uwzględnieniem indywidualnego poziomu wiedzy eksperckiej w poszczególnych obszarach 120
Rys. 7.7. Ocena ekspercka poziomu trudności badań stosowanych z uwzględnieniem indywidualnego poziomu wiedzy eksperckiej w poszczególnych obszarach 120
Rys. 7.8. Ocena ekspercka przewidywanej perspektywy osiągnięcia zakładanych celów badawczych badań stosowanych z uwzględnieniem indywidualnego poziomu wiedzy eksperckiej w poszczególnych obszarach 123

Rys. 8.1. Zbiorcza wizualizacja fazy zaawansowania badań 129
Rys. 8.2. Zbiorcza wizualizacja możliwości wykorzystania wyników badań 130
Rys. 8.3. Zbiorcza wizualizacja niezbędnych wymagań finansowych na realizację badań 131
Rys. 8.4. Zbiorcza wizualizacja potencjalnych obszarów zastosowań priorytetowych kierunków badań podstawowych i stosowanych 132

Wykaz tabel

Tabela 1.1. Typy konkursów finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki ... 18
Tabela 1.2. Zestawienie województw Polski, uszeregowanych według liczby projektów zakwalifikowanych do finansowania oraz wysokości kwot finansowania przyznanego w latach 2011-2012 ... 22
Tabela 1.3. Projekty z obszaru „nano" zarejestrowane w systemie OSF w latach 2002-2011 ... 24
Tabela 1.4. Projekty z obszaru „nano" zatwierdzone do finansowania przez NCN w latach 2011-2012 ... 25

Tabela 3.1. Wykaz członków Panelu POB2 Badania naukowe w zakresie nanotechnologii na rzecz rozwoju Podlasia ... 36
Tabela 3.2. Wykaz kandydujących kierunków badań według obszarów zastosowań i kategorii – nauki podstawowe ... 38-40
Tabela 3.3. Wykaz kandydujących kierunków badań według obszarów zastosowań i kategorii – nauki stosowane ... 41-43

Tabela 4.1. Wykaz projektów foresightu branżowego realizowanych w Polsce ... 46
Tabela 4.2. Wstępna lista kryteriów ... 47
Tabela 4.3. Wykaz kryteriów odnoszących się do wykonalności ... 48
Tabela 4.4. Wykaz kryteriów odnoszących się do atrakcyjności ... 49

Tabela 5.1. Zestawienie kierunków badań podstawowych z obszaru przemysł drzewny ... 59
Tabela 5.2. Zestawienie kierunków badań podstawowych z obszaru nanomedycyna ... 59
Tabela 5.3. Zestawienie kierunków badań podstawowych z obszaru biotechnologia ... 61
Tabela 5.4. Zestawienie kierunków badań podstawowych z obszaru nanomateriały ... 62-63
Tabela 5.5. Zestawienie kierunków badań podstawowych z obszaru przemysł maszynowy ... 64
Tabela 5.6. Zestawienie kierunków badań podstawowych z obszaru nauki społeczne ... 70
Tabela 5.7. Wykaz kluczowych kierunków badań podstawowych ... 82

Tabela 6.1. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru przemysł drzewny ... 87
Tabela 6.2. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru budownictwo ... 89
Tabela 6.3. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru drogownictwo ... 89
Tabela 6.4. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru przemysł włókienniczy ... 90
Tabela 6.5. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru nanomedycyna ... 90
Tabela 6.6. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru bionanotechnologia ... 95
Tabela 6.7. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru rolnictwo i przemysł spożywczy ... 95
Tabela 6.8. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru technologie informatyczne, ICT ... 98
Tabela 6.9. Zestawienie kierunków badań stosowanych z obszaru energia ... 98
Tabela 6.10. Wykaz kluczowych kierunków badań stosowanych ... 115

Tabela 7.1. Klasyfikacja poziomów trudności badań i rozwoju ... 117
Tabela 7.2. Uśrednione oceny poziomu trudności badań podstawowych i przewidywanej perspektywy osiągnięcia zakładanych celów badawczych uwzględniające indywidualny poziom wiedzy ekspertów ... 121
Tabela 7.3. Uśrednione oceny poziomu trudności badań stosowanych i przewidywanej perspektywy osiągnięcia zakładanych celów badawczych uwzględniające indywidualny poziom wiedzy ekspertów ... 122
Tabela 7.4. Ranking kluczowych kierunków badań podstawowych uwzględniający deklarowany poziom wiedzy ekspertów ... 124
Tabela 7.5. Ranking kluczowych kierunków badań stosowanych uwzględniający deklarowany poziom wiedzy ekspertów ... 125
Tabela 7.6. Wykaz priorytetowych podstawowych kierunków badań (PPKB) ... 126
Tabela 7.7. Wykaz priorytetowych stosowanych kierunków badań (PSKB) ... 126