



## **RAPORT**

### **Scenariusze rozwoju technologicznego w obszarze:**

### **Zaawansowane technologie materiałowe i nanotechnologie oraz systemy techniczne wspomagające ich projektowanie i aplikacje**

**opracowany w ramach projektu**

### **Zaawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne dla zrównoważonego rozwoju kraju**

prof. dr hab. inż. Adam Mazurkiewicz  
dr Beata Poteralska  
mgr Anna Sacio-Szymańska  
mgr Urszula Wnuk  
mgr Joanna Łabędzka  
doc. Jerzy Smolik



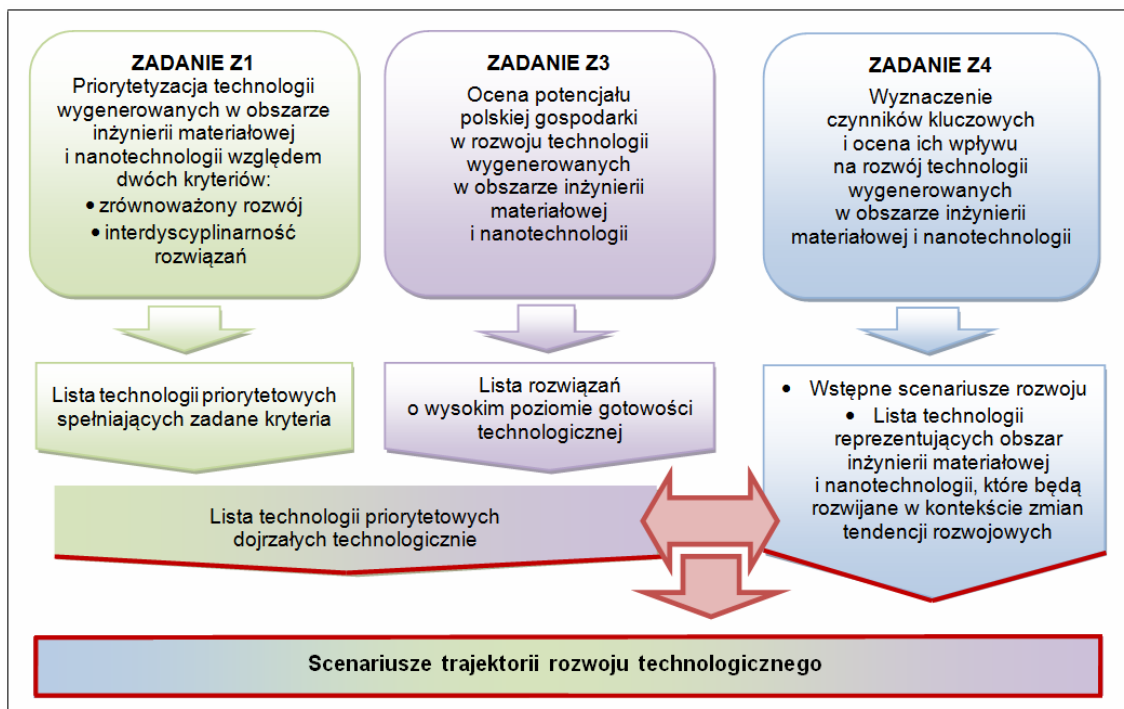
## Wprowadzenie

Cel realizacji zadania stanowiła budowa scenariuszy trajektorii rozwoju technologicznego i społecznego w obszarze zrównoważonego rozwoju. Scenariusze zostały opracowane dla pięciu obszarów tematycznych objętych projektem „Zaawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne dla zrównoważonego rozwoju kraju”:

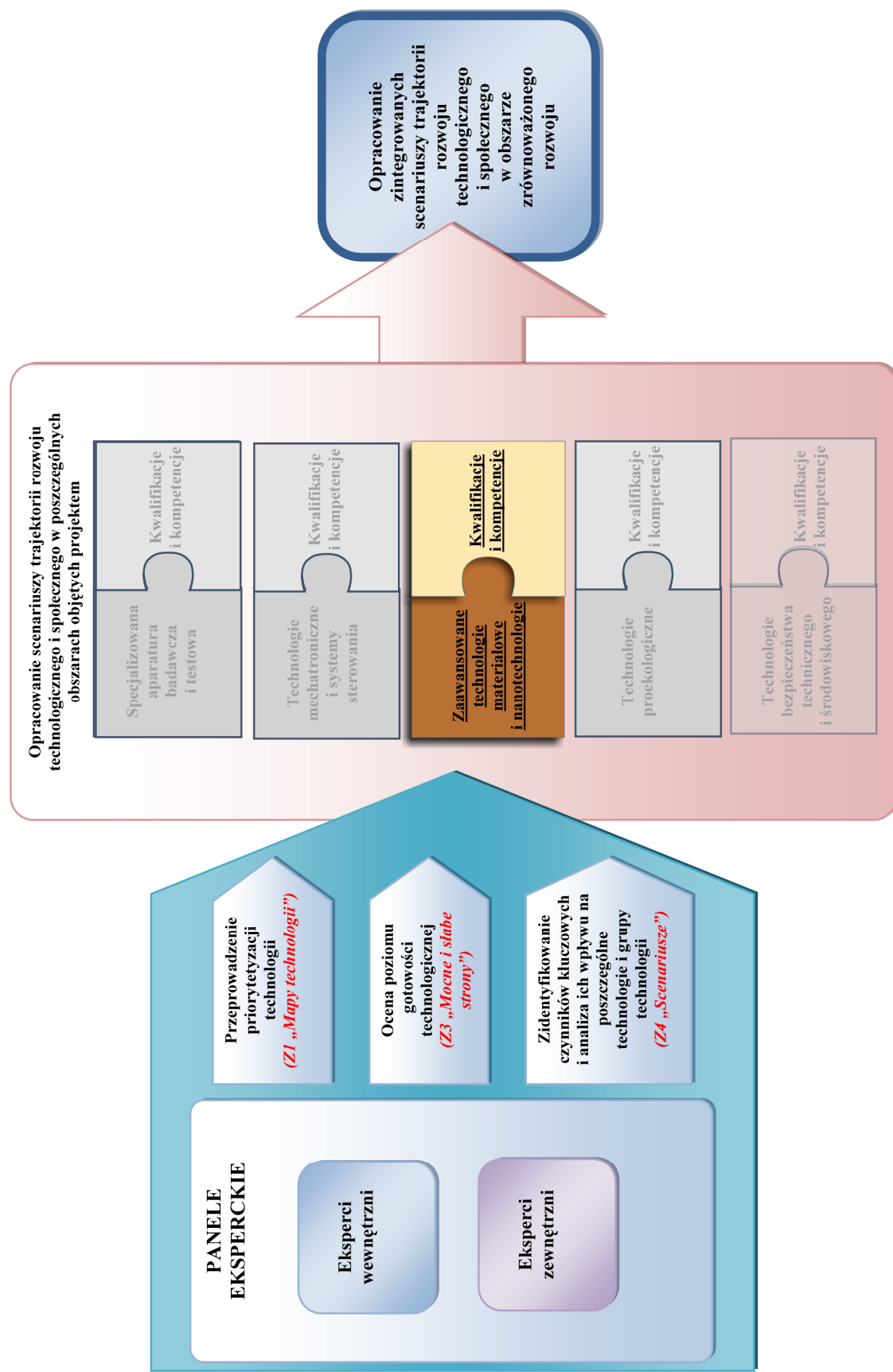
- Specjalizowana aparatura badawcza i testowa.
- Technologie mechatroniczne i systemy sterowania do wspomagania procesów wytwarzania i eksploatacji.
- Zaawansowane technologie materiałowe i nanotechnologie oraz systemy techniczne wspomagające ich projektowanie i aplikacje.
- Technologie proekologiczne, racjonalizacja zużycia surowców i zasobów oraz odnawialne źródła energii.
- Technologie bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego.

W ramach scenariuszy technologicznych wskazano kluczowe przyszłościowe obszary badań oraz w tych obszarach wybrane technologie przyrostowe i wyłaniające się, które powinny być rozwijane w Polsce.

W opracowanej autorskiej metodyce przyjęto, że pierwszy etap prac stanowi budowa scenariuszy w poszczególnych obszarach tematycznych z wykorzystaniem wyników dotyczących analiz wpływu czynników kluczowych, zidentyfikowanych dla danego obszaru tematycznego, na technologie i kierunki badawcze rozpoznane w tym obszarze. Przyjęto, że w trakcie budowy scenariuszy wykorzystane są wyniki uzyskane w ramach realizacji zadań Z1 „Mapy technologii” i Z3 „Mocne i słabe strony”. Ranking technologii priorytetowych (wynik zadania Z1) oraz wyniki oceny poziomu gotowości technologicznej (wynik zadania Z3) skonfrontowano ze wstępnymi scenariuszami w celu opracowania finalnych scenariuszy rozwoju technologicznego i wyłonienia technologii, dla których istnieją warunki rozwoju w kraju i jednocześnie których rozwój determinowany jest zmianami tendencji czynników kluczowych wpływających na stymulowanie rozwoju prac badawczo-rozwojowych w danym obszarze (rys. 1).



Rys. 1. Algorytm budowy scenariuszy rozwoju technologicznego  
Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Schemat realizacji prac prowadzących do opracowania zintegrowanych scenariuszy rozwoju technologicznego i społecznego w obszarze zrównoważonego rozwoju  
 Źródło: opracowanie własne

Poza scenariuszami technologicznymi opracowano scenariusze rozwoju społecznego dotyczące zapotrzebowania na nowe kwalifikacje i kompetencje niezbędne do opracowania i wdrożenia zaawansowanych technologii w poszczególnych obszarach tematycznych.

Finalny etap prac w ramach zadania stanowiło opracowanie scenariuszy zintegrowanych na bazie scenariuszy rozwoju przygotowanych dla poszczególnych obszarów tematycznych (rys. 2).

Prace nad opracowaniem scenariuszy realizowane były przez ekspertów wewnętrznych reprezentujących koordynatora projektu (Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy (ITeE – PIB)) oraz liczną grupę ponad 100 ekspertów reprezentujących sferę nauki i przemysł w kraju. Prace realizowane były w trakcie spotkań paneli ekspertów oraz warsztatów budowy scenariuszy, drogą internetową z wykorzystaniem opracowanych w tym celu kwestionariuszy, a także drogą telefoniczną.

Niniejszy raport prezentuje wyniki uzyskane dla obszaru specjalizowanej aparatury badawczej i testowej.

## Czynniki wpływające na rozwój prac B+R

Pierwszy etap budowy scenariuszy rozwoju przyszłościowych technologii wytypowanych w ramach poszczególnych obszarów tematycznych projektu „Zaawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne dla zrównoważonego rozwoju kraju” stanowiła identyfikacja czynników kluczowych dla rozwoju badanego obszaru badawczego. Prace zrealizowane celem dokonania identyfikacji czynników prowadzone były na czterech etapach:

- przygotowanie wstępnych list czynników istotnie wpływających na rozwój analizowanego obszaru tematycznego,
- priorytetyzacja czynników w każdym z badanych obszarów,
- identyfikacja relacji występujących pomiędzy poszczególnymi czynnikami w danym obszarze tematycznym,
- wyznaczenie czynników kluczowych w poszczególnych obszarach tematycznych realizowanego projektu.

Wstępne listy czynników charakteryzujących się silnym oddziaływaniem na dany obszar tematyczny realizowanego projektu zostały przygotowane z wykorzystaniem analizy STEEP, w ramach której czynniki wpływające na rozwój prac B+R kwalifikowane są do pięciu grup: czynników społecznych, technologicznych, ekonomicznych, środowiskowych i polityczno-prawnych. Następnie listy zostały rozszerzone i zmodyfikowane przez ekspertów wewnętrznych i zewnętrznych. W obszarze tematycznym dotyczącym technologii materiałowych i nanotechnologii ich wynik stanowi lista 22 czynników społeczno-organizacyjnych, 18 czynników naukowo-technologicznych, 25 czynników ekonomicznych, 14 czynników środowiskowych i 18 czynników polityczno-prawnych. Szczegółowe rezultaty tego etapu prac badawczych zaprezentowano w tab. 1.

Tab. 1. Wstępna lista czynników istotnych dla rozwoju technologii materiałowych i nanotechnologii

Grupa czynników	Nazwa czynnika
Społeczno-organizacyjne	- Akceptacja społeczna dla innowacyjnych technologii
	- Akceptacja społeczna państwa i regionów
	- Zainteresowanie państwa i regionów
	- Zasoby kadry naukowej
	- Struktura wieku kadry naukowej
	- Dynamika zatrudniania młodej kadry naukowej i inżynierskiej
	- Plan rozwoju kadry naukowej
	- Sposoby motywacji kadry do podejmowania badań ukierunkowanych na rozwój rozwiązań high-tech

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Udział kadry naukowej w wymianie wiedzy w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym</li> <li>- Poziom przygotowania kadry dydaktycznej na wszystkich poziomach kształcenia</li> <li>- Określenie priorytetowych oraz perspektywicznych kierunków rozwoju kadry</li> <li>- Poziom przygotowania systemów kształcenia (przygotowania) młodej kadry do pracy w jednostkach naukowych głównie poprzez współpracę z uniwersytetami: praktyki, prace dyplomowe, indywidualny tok nauczania</li> <li>- Edukacja społeczeństwa w zakresie wpływu gospodarki innowacyjnej na struktury ekonomiczne kraju</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poziom wykształcenia społeczeństwa</li> <li>- Promocja wiedzy przez internet</li> <li>- Rozwój społeczeństwa informacyjnego</li> <li>- Rozwój społeczeństwa innowacyjnego</li> <li>- Struktura środowiska przemysłowego (np. MŚP)</li> <li>- Swobodny przepływ wiedzy i doświadczeń</li> <li>- Udział ekspertów z zagranicy w realizowanych zadaniach</li> <li>- Dostępność i łatwość obsługi wyrobów high-tech</li> <li>- Zainteresowanie wyrobami high-tech</li> </ul>
<b>Naukowo-technologiczne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bazy danych i bazy wiedzy</li> <li>- Dostęp do aparatury i laboratoriów instytucji współpracujących (krajowych i zagranicznych)</li> <li>- Informatyzacja działań naukowych i wdrożeniowych</li> <li>- Infrastruktura edukacyjna</li> <li>- Struktura kadry badawczej (wiek, wykształcenie)</li> <li>- Konkurencyjność rynkowa krajowych rozwiązań technologicznych</li> <li>- Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe (ułatwią pozyskiwanie środków na badania)</li> <li>- Kształtowanie tematyki badawczej poprzez programy strategiczne i inne</li> <li>- Potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, aparatura badawcza, infrastruktura techniczna)</li> <li>- Potencjał edukacyjny, badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, aparatura badawcza, infrastruktura techniczna)</li> <li>- Poziom innowacyjności wyników prac rozwojowych</li> <li>- Poziom technologiczny opracowanych rozwiązań</li> <li>- Preferencje dla wybranych rozwiązań technologicznych</li> <li>- Stopień transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki</li> <li>- Stopień wdrożeń przemysłowych wyników badań</li> <li>- Stymulacja współpracy z przemysłem (wymiana doświadczeń, rozwiązywanie konkretnych problemów produkcyjnych oraz wdrażanie opracowanych nowych technologii)</li> <li>- Systematyczne wdrażanie innowacyjności w skali świata</li> <li>- Szybkie wdrożenie innowacyjności w skali kraju</li> </ul>
<b>Ekonomiczne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dedykacyjna produkcja wybranych wyrobów</li> <li>- Finansowe wspomaganie wybranych obszarów badawczych</li> <li>- Konkurencyjność cenowa wyrobów</li> <li>- Konkurencyjność opracowanych technologii</li> <li>- Korzyści dla państwa</li> <li>- Korzyści dla regionów</li> <li>- Rentowność wdrożeń</li> <li>- Koszty opracowania technologii</li> <li>- Koszty wdrożenia technologii</li> <li>- Koszty wdrożenia technologii high-tech</li> <li>- Korzyści ekonomiczne przedsiębiorstw przy wdrożeniu technologii high-tech</li> <li>- Organizacja promocji i przepływu wdrożeń dla przemysłu</li> <li>- Wdrażanie innowacyjnych rozwiązań do gospodarki</li> <li>- Poziom PKB</li> <li>- Polityka fiskalna państwa</li> <li>- Poziom płac w sektorze B+R</li> <li>- Poziom wydatków na sferę B+R</li> <li>- Nakłady finansowe państwa (regionów) na B+R</li> <li>- Poziom zamożności społeczeństwa</li> <li>- Preferencje dla zakładów i rozwiązań oraz konsumentów (np. źródła energii), zachęcające do stosowania wybranych technologii high-tech</li> <li>- Sytuacja gospodarcza państwa</li> <li>- Udział międzynarodowych projektów badawczych w finansowaniu badań</li> <li>- Udział projektów realizowanych na potrzeby przemysłu</li> <li>- Udział projektów realizowanych z funduszy krajowych w finansowaniu badań</li> <li>- Udział w projektach międzynarodowych</li> </ul>

<b>Środowiskowe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Krajowe i globalne problemy środowiskowe</li> <li>- Zagrożenia środowiska naturalnego</li> <li>- Oddziaływanie technologii na środowisko</li> <li>- Zmiany obowiązujących norm środowiskowych</li> <li>- Dopasowanie do obowiązujących norm środowiskowych</li> <li>- Spełnienie obowiązujących norm oraz dyrektyw UE</li> <li>- Korzyści środowiskowe i akceptacja środowiska wynikające z wdrożenia opracowanych technologii</li> <li>- Koszty środowiskowe opracowania technologii</li> <li>- Modele finansowania opracowania technologii i dofinansowania wdrożeń technologii oraz rozwiązań proekologicznych</li> <li>- Preferencje dla technologii chroniących środowisko</li> <li>- Promowanie rozwiązań proekologicznych</li> <li>- Lokalizacja zakładów przemysłowych</li> <li>- Wybór lokalizacji wdrożeń</li> <li>- Aktywizacja regionu</li> </ul>
<b>Polityczno-prawne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dostosowanie programów kształcenia i szkolenia do wymogów nowych technologii</li> <li>- Działalność lobbingowa korporacji międzynarodowych działających w danym obszarze tematycznym</li> <li>- Instytucjonalne preferencje dla wybranych rozwiązań technologicznych</li> <li>- Koordynacja prac w zakresie generowania popytu na B+R oraz wyrób seryjny pomiędzy ministerstwami MG, MOS, MON, MEIN, MF.</li> <li>- Plany strategiczne państwa i regionu</li> <li>- Polityka korporacyjna</li> <li>- Regulacje prawne dotyczące transferu wyników prac B+R do gospodarki: wspomaganie przedsiębiorstw zaangażowanych w działania innowacyjne we współpracy z jednostkami naukowymi (np. zwolnienia podatkowe)</li> <li>- Regulacje prawne jednostek badawczych</li> <li>- Stabilizacja polityczna i prawna</li> <li>- Status prawny instytutów naukowo-badawczych</li> <li>- Stopień dostosowania programów kształcenia i szkolenia do wymogów nowych technologii</li> <li>- Transfer technologii za granicę</li> <li>- Transformacja gospodarczo-technologiczna kraju</li> <li>- Umowy o współpracy z wiodącymi ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą</li> <li>- Wpływ decyzji polityczno-prawnych na strefę gospodarczą</li> <li>- Wspomaganie wybranych obszarów badawczych</li> <li>- Współpraca międzynarodowa</li> <li>- Zasady funkcjonowania instytucji sfery B+R w Polsce: jasność i stabilność finansowania, jasność i stabilność tematyczna prowadzonych prac badawczych, łatwiejszy dostęp do środków finansowych (zwiększenia składki wydatków na naukę)</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne na bazie przeprowadzonych w ramach projektu konsultacji z ekspertami

Przygotowana wstępna lista czynników znacząco wpływających na rozwój prac badawczo-rozwojowych w obszarze technologii materiałowych i nanotechnologii została następnie, na drugim etapie prac zrealizowanych w ramach zadania Z4 „Scenariusze”, poddana eksperckiej weryfikacji, której celem było wygenerowanie listy czynników priorytetowych w analizowanym obszarze tematycznym. Priorytetyzacja czynników dokonana została drogą badania kwestionariuszowego przeprowadzonego zarówno wśród ekspertów wewnętrznych (ITeE – PIB) i zewnętrznych (przedstawiciele krajowych instytucji współpracujących, tj. uczelni, instytutów badawczych i przedsiębiorstw). Dokonana priorytetyzacja czynników pozwoliła na ograniczenie przedstawionej w tab. 1 listy do 9 najistotniejszych zdaniem ekspertów czynników obejmujących:

1. Zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych.
2. Potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa).
3. Przepływ wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (open innovation).

4. Gotowość przemysłu do rozwijania innowacyjnych technologii i wyrobów.
5. Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe.
6. Polityka fiskalna państwa stymulująca badania i aplikacje zaawansowanych technologii.
7. Zasady funkcjonowania instytucji sfery B+R w Polsce.
8. Systemowe promowanie rozwiązań proekologicznych.
9. Regulacje prawne dotyczące realizacji prac badawczo-rozwojowych i aplikacyjnych do gospodarki, w tym spełnienie obowiązujących norm oraz dyrektyw międzynarodowych.

Trzeci etap prac zrealizowanych w ramach przedmiotowego zadania badawczego – Z4 „Scenariusze” dotyczył identyfikacji relacji pomiędzy wyselekcjonowanymi 9 czynnikami. Podobnie jak w przypadku priorytetyzacji czynników, identyfikacja relacji pomiędzy nimi przeprowadzona została przez ekspertów wewnętrznych i zewnętrznych. Ten etap prac uwzględniał wykorzystanie analiz strukturalnych. W tym celu dla każdego z analizowanych obszarów tematycznych zbudowano macierz wpływów bezpośrednich, w której wytypowane czynniki zostały umieszczone w kolumnie i wierszu w tej samej kolejności i którą eksperci wykorzystali do oceny wzajemnego oddziaływania poszczególnych czynników wg zaproponowanej przez M. Godeta<sup>1</sup> skali 0–3 (gdzie 0 = brak wpływu, 1 = mały wpływ, 2 = umiarkowane oddziaływanie, 3 = duży wpływ). Uśrednione wyniki oceny eksperckiej, uwzględnione w zintegrowanej macierzy wpływów (rys. 3) były podstawą do wskazania czynników kluczowych dla rozwoju analizowanego obszaru tematycznego.

	1. Zasoby kadry naukowej	2. Potencjał badawczy	3. Przepływ wiedzy	4. Gotowość przemysłu	5. Krajowe priorytety	6. Polityka fiskalna	7. Zasady funkcjonowania	8. Systemowe promowanie	9. Regulacje prawne
1. Zasoby kadry naukowej	x	2,75	2,5	1	1,75	0,75	1,63	1,25	0,75
2. Potencjał badawczy	2,38	x	2,13	1,5	2,13	1	1,88	0,88	0,75
3. Przepływ wiedzy	1,5	2,13	x	2,5	2,13	1	1,38	1,63	0,88
4. Gotowość przemysłu	1,75	1,75	1,63	x	1,88	1	1,88	2,25	1,25
5. Krajowe priorytety	2,5	2,63	1,88	2,38	x	2,25	2,25	2,25	2,25
6. Polityka fiskalna	1,5	2	1,5	2,13	1,63	x	1,63	2	2,13
7. Zasady funkcjonowania	2,38	2,25	2	1,13	1,5	1,13	x	1,38	0,75
8. Systemowe promowanie	1,25	1,63	1,63	2,5	2,13	1,38	1,5	x	1,38
9. Regulacje prawne	2,13	2,13	2	2	1,63	2,25	2,25	2,38	x

Rys. 3. Uśrednione wyniki eksperckiej oceny wpływów bezpośrednich dla technologii materiałowych i nanotechnologii

Źródło: opracowanie własne

Z uwzględnieniem wyników analizy strukturalnej danych zawartych w macierzach wpływów bezpośrednich dokonano następnie identyfikacji czynników kluczowych z wykorzystaniem programu komputerowego Mic-Mac. Wynik przeprowadzonej analizy stanowi wyłonienie trzech kluczowych czynników rozwoju w obszarze technologii materiałowych i nanotechnologii obejmującej:

<sup>1</sup> M. Godet: *From anticipation to action*, A handbook of strategic prospective, UNESCO Publishing, 1994.

- a – zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych;
- b – przepływ wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (open innovation);
- c – krajowe priorytety badawczo-rozwojowe.

## Scenariusze rozwoju

Zidentyfikowanie czynników kluczowych było podstawą do podjęcia prac prowadzących do opracowania scenariuszy trajektorii rozwoju technologicznego i społecznego w analizowanym obszarze tematycznym realizowanego projektu. Po zidentyfikowaniu czynników kluczowych eksperci dokonali analizy ich wpływu na poszczególne technologie – przyrostowe i wyłaniające<sup>2</sup> – wskazane jako wynik realizacji prac w zadaniu Z1 „Mapy technologii”. Analizy objęły<sup>3</sup>:

- ocenę wpływu jednej z trzech zidentyfikowanych tendencji rozwojowych czynnika (wzrost, stabilizacja, spadek) na rozwój poszczególnych technologii priorytetowych według skali od - 5 do +5 punktów,
- ocenę prawdopodobieństwa wystąpienia danej tendencji rozwojowej czynnika.

Wyniki tego etapu zaprezentowano w tabeli 2.

Opracowanie na tej bazie wstępnych scenariuszy rozwoju stanowiło przyczynek do dyskusji, czy poza analizą wpływu czynników kluczowych na poszczególne technologie wskazane byłoby przeprowadzenie dodatkowej analizy wpływu czynników na grupy technologii. Konsultacje w trakcie warsztatów budowy scenariuszy spowodowały, że dodatkowa runda analiz dotycząca wpływu czynników na grupy technologii została przeprowadzona. Uśrednione wyniki tych analiz przedstawiono w tabeli 3.

Wstępne scenariusze rozwoju zostały opracowane na bazie wyników analiz wpływu czynników kluczowych na technologie i grupy technologii. Pierwszy etap prac stanowiła analiza ocenionych tendencji rozwojowych czynników (tj. tendencji wzrostowej, tendencji stałej lub tendencji spadkowej) zależnie od siły negatywnego lub pozytywnego wpływu tych tendencji na rozwój technologii oraz poziomu prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych tendencji.

Wyniki analizy stanowiły ramy do opracowania wstępnych scenariuszy w formie opisowej<sup>4</sup>. Scenariusze wskazują, które technologie reprezentujące dany obszar badawczy projektu będą rozwijane w kontekście zidentyfikowanych zmian tendencji rozwojowych czynników kluczowych. W trakcie budowy scenariuszy uwzględniono zarówno wyniki analizy wpływu czynników kluczowych na poszczególne technologie, jak i grupy technologii. Zaproponowano dwa warianty budowy scenariuszy rozwoju bazujących na wynikach analizy wpływu czynników kluczowych zidentyfikowanych dla danego obszaru tematycznego na technologie i grupy technologii (szczegółowe kierunki badawcze) uwzględnione w tym obszarze. Założono, że technologie przyrostowe będą rozwijane w perspektywie 3–5 lat, a technologie wyłaniające się: 10–15 lat.

---

<sup>2</sup> Szczegółowe informacje o technologiach zamieszczono w opracowanym w ramach projektu raporcie „Charakterystyki technologii” (Zadanie Z1 „Mapy technologii”).

<sup>3</sup> G. Gierszewska, M. Romanowska, *Analiza strategiczna przedsiębiorstwa*, PWE, Warszawa 2002.

<sup>4</sup> T. Leney, M. Coles, P. Grollman, R. Vilu, *Scenarios Toolkit*, Cedefop Dossier series; Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 2004.

Tab. 2. Wyniki pierwszej rundy eksperckiej analizy wpływu czynników kluczowych na poszczególne technologie (w – siła wpływu czynnika na technologię, P – prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji rozwojowej czynnika (wzrostowa, stała, spadkowa))

	Hybrydowa technologia zwiększania trwałości wybranych elementów maszyn i konstrukcji wykonanych ze stopów magnezu			Wytwarzanie mikroogniwoltaicznych			Wytwarzanie powłok biocząsteczkowych i chemicznych			Wytwarzanie powłok mikro- i nanokompozytowych 3D			Hybrydowa technologia zwiększająca trwałość narzędzi odlewniczych			Hybrydowa technologia zwiększająca trwałość wybranych elementów silników spalinyowych		
	w	P		w	P		w	P		w	P		w	P		w	P	
Zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych	↑	3,80	0,34	4,00	0,40	4,00	0,44	4,00	0,37	4,00	0,37	4,00	0,35	4,00	0,40	4,00	0,35	4,00
	→	1,40	0,44	0,60	0,38	0,40	0,34	0,80	0,42	0,80	0,42	0,80	0,45	0,80	0,42	0,80	0,45	0,80
	↓	-2,20	0,22	-2,60	0,22	-3,00	0,22	-3,00	0,22	-2,00	0,21	-2,00	0,20	-2,00	0,20	-2,00	0,20	0,20
Przeptyw wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami ...	↑	4,60	0,40	4,60	0,48	4,80	0,45	4,80	0,46	4,40	0,46	4,40	0,38	4,00	0,42	4,00	0,38	4,00
	→	0,20	0,40	0,80	0,40	0,80	0,35	0,80	0,36	1,60	0,36	1,60	0,43	1,25	0,42	1,60	0,43	1,60
	↓	-2,00	0,20	-3,40	0,12	-3,20	0,20	-3,20	0,18	-2,40	0,18	-2,40	0,19	-2,25	0,19	-2,00	0,19	-2,00
Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe	↑	4,20	0,34	4,60	0,32	4,60	0,35	4,60	0,37	4,60	0,37	4,60	0,38	4,00	0,34	3,80	0,38	3,80
	→	0,40	0,44	0,80	0,46	1,00	0,42	1,00	0,42	2,00	0,42	2,00	0,44	1,00	0,42	1,60	0,44	1,60
	↓	-1,40	0,22	-1,80	0,22	-2,40	0,23	-2,40	0,21	-2,00	0,21	-2,00	0,18	-2,25	0,18	-1,40	0,18	-1,40
Zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych	↑	3,50	0,30	3,25	0,30	3,80	0,40	3,80	0,48	4,60	0,48	4,60	0,34	3,80	0,34	3,80	0,34	3,80
	→	0,75	0,45	0,75	0,45	1,40	0,42	1,40	0,36	1,00	0,36	1,00	0,46	1,20	0,46	1,20	0,46	1,20
	↓	-1,75	0,25	-1,50	0,25	-1,20	0,18	-1,20	0,16	-2,00	0,16	-2,00	0,20	-1,80	0,20	-1,80	0,20	-1,80
Przeptyw wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami ...	↑	4,00	0,30	4,00	0,36	4,40	0,44	4,40	0,48	4,60	0,48	4,60	0,36	4,00	0,36	4,00	0,36	4,00
	→	1,25	0,45	1,25	0,46	1,40	0,36	1,40	0,42	1,40	0,42	1,40	0,46	1,20	0,46	1,20	0,46	1,20
	↓	-2,00	0,25	-1,75	0,18	-1,80	0,20	-1,80	0,10	-1,80	0,10	-1,80	0,18	-2,20	0,18	-2,20	0,18	-2,20
Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe	↑	3,00	0,35	3,75	0,30	4,20	0,43	4,20	0,50	4,80	0,50	4,80	0,40	3,60	0,40	3,60	0,40	3,60
	→	1,00	0,45	0,75	0,45	2,00	0,41	2,00	0,36	0,80	0,36	0,80	0,38	0,80	0,38	0,80	0,38	0,80
	↓	-1,50	0,20	-1,75	0,25	-1,40	0,16	-1,40	0,14	-2,20	0,14	-2,20	0,22	-1,80	0,22	-1,80	0,22	-1,80

Tab. 3. Średnia wyników analizy wpływu czynników kluczowych na grupy technologii (w – siła wpływu czynnika na technologię, P – prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji rozwojowej czynnika (wzrostowa↑, stała→, spadkowa→))

		Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni		Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok		Urządzenia i systemy do realizacji zaawansowanych plazmowych technologii inżynierii powierzchni		Materiały do realizacji zaawansowanych technologii inżynierii powierzchni		Zaawansowane komputerowe metody projektowania, technologii obróbki powierzchniowej i optymalizacji właściwości warstw i powłok	
		w	P	w	P	w	P	w	P	w	P
Zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych	↑	4	0,5	4,1	0,5	4	0,4	4	0,5	4,6	0,5
	→	1,1	0,3	1,7	0,4	1	0,4	1	0,4	1,3	0,3
	↓	-1	0,2	-1	0,1	-1,6	0,2	-1,1	0,1	-1,7	0,2
Przepływ wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (open innovation)	↑	4,4	0,5	4	0,5	4,1	0,4	4,4	0,4	4,6	0,4
	→	1,8	0,4	1,6	0,3	1	0,3	1,7	0,4	1,6	0,4
	↓	-2,3	0,1	-1,7	0,2	-1,7	0,3	-2	0,2	-0,7	0,2
Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe	↑	4,7	0,4	4,7	0,4	4,5	0,4	4,7	0,5	3,8	0,3
	→	0,8	0,3	1,8	0,4	1,8	0,4	1,3	0,3	1,6	0,5
	↓	-0,7	0,3	-1,1	0,2	-0,1	0,2	-0,4	0,2	-0,8	0,2

Wariant I:

**Scenariusz optymistyczny najbardziej prawdopodobny**  
 – Tendencja wzrostowa i stała czynników  
 – Wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji

**Scenariusz optymistyczny mało prawdopodobny**  
 – Tendencja wzrostowa i stała czynników  
 – Niskie prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji

**Scenariusz pesymistyczny najbardziej prawdopodobny**  
 – Tendencja spadkowa czynników  
 – Wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji

**Scenariusz pesymistyczny mało prawdopodobny**  
 – Tendencja spadkowa czynników  
 – Niskie prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji

## Wariant II:

<b>Scenariusz dynamicznego rozwoju</b> – Tendencja wzrostowa czynników – Wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji	<b>Scenariusz stabilizacji</b> – Tendencja stała czynników przy wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tendencji oraz – Tendencje wzrostowa i spadkowa czynników przy niskim prawdopodobieństwie wystąpienia tych tendencji	<b>Scenariusz zapaści</b> – Tendencja spadkowa czynników – Wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji
---	---	---

W dalszej części raportu zaprezentowano wstępne scenariusze opracowane w dwóch wymienionych wariantach. Bazę do opracowania wstępnych scenariuszy stanowiła analiza wpływu zidentyfikowanych dla obszaru technologii materiałowych i nanotechnologii czynników kluczowych:

- a – zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych;*
- b – przepływ wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (open innovation);*
- c – krajowe priorytety badawczo-rozwojowe*

na poszczególne technologie (przyrostowe i wyłaniające się) oraz grupy technologii w analizowanym obszarze tematycznym.

### **Grupy technologii oraz przyporządkowane im technologie przyrostowe i wyłaniające się wytypowane w obszarze technologii materiałowych i nanotechnologii**

1. Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni

Technologie przyrostowe	Technologie wyłaniające się
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie inżynierii powierzchni wykorzystywane w zastosowaniach medycznych</li> <li>• Hybrydowa technologia zwiększania trwałości matryc do wyciskania cienkościennych profili aluminiowych</li> <li>• Hybrydowa technologia wytwarzania multifunkcyjnych warstw hybrydowych na łopatkach turbin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wytwarzanie mikroogniwoltaicznych</li> <li>• Wytwarzanie powłok mikro- i nanokompozytowych 3D</li> <li>• Wytwarzanie powłok bioczułych i chemoczułych</li> </ul>

2. Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok

Technologie przyrostowe	Technologie wyłaniające się
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hybrydowa technologia zwiększająca trwałość wybranych elementów silników spalinowych</li> <li>• Hybrydowa technologia zwiększania trwałości wybranych elementów dla przemysłu motoryzacyjnego wykonanych ze stopów aluminium</li> <li>• Hybrydowa technologia zwiększania trwałości matryc kuźniczych</li> <li>• Hybrydowa technologia zwiększająca trwałość narzędzi odlewniczych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hybrydowe technologie zwiększania trwałości elementów konstrukcyjnych wykonanych ze stopów magnezu</li> </ul>

3. Urządzenia i systemy do realizacji zaawansowanych plazmowych technologii inżynierii powierzchni

4. Materiały do realizacji zaawansowanych technologii inżynierii powierzchni

## Przesłanki budowy scenariuszy

### WARIANT 1

Pierwszy wariant obejmuje następujące rodzaje scenariuszy dla tego obszaru badawczego:

1. Scenariusz optymistyczny najbardziej prawdopodobny.
2. Scenariusz optymistyczny mało prawdopodobny.
3. Scenariusz pesymistyczny najbardziej prawdopodobny.
4. Scenariusz pesymistyczny mało prawdopodobny.

Największe znaczenie dla rozwoju technologii wyznaczonych w obszarze zaawansowanych technologii materiałowych i nanotechnologii ma czynnik kluczowy odnoszący się do kapitału ludzkiego:

*a – zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych)*

oraz transferu wiedzy i technologii:

*b – przepływ wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (open innovation), przy czym największy pozytywny wpływ na rozwój większości z analizowanych technologii ma drugi z wymienionych czynników. Natomiast trzeci z czynników kluczowych:*

*c – krajowe priorytety badawczo-rozwojowe w mniejszym (niż poprzednie czynniki) zakresie wpływa na rozwój priorytetowych technologii.*

Sformułowano następujące założenia do budowy SCENARIUSZA OPTYMISTYCZNEGO najbardziej prawdopodobnego oraz SCENARIUSZA OPTYMISTYCZNEGO mało prawdopodobnego:

- Założenie 1. Tendencja wzrostowa czynnika *zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii.
- Założenie 2. Tendencja wzrostowa czynnika *przepływ wiedzy i doświadczeń* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.
- Założenie 3. Tendencja wzrostowa czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii.
- Założenie 4. Tendencja stała czynnika *potencjał zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii.
- Założenie 5. Tendencja stała czynnika *przepływ wiedzy i doświadczeń* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.
- Założenie 6. Tendencja stała czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii.

### SCENARIUSZ OPTYMISTYCZNY najbardziej prawdopodobny

Scenariusz uwzględnia tendencję wzrostową i stałą czynników kluczowych przy jednoczesnym wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tych tendencji.

Najbardziej prawdopodobna jest tendencja wzrostowa *zasobów kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych* dla wszystkich grup technologii, przy czym tendencja ta będzie miała największy pozytywny wpływ na rozwój technologii:

- **Grupa 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni:**
  - Wytwarzanie mikroogniwoltaicznych,
  - Wytwarzanie powłok bioczułych i chemoczułych.

- **Grupa 2: Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok:**
  - Technologie inżynierii powierzchni wykorzystywane w zastosowaniach medycznych.
- **Grupa 5: Zaawansowane, komputerowe metody projektowania technologii obróbki powierzchniowej i optymalizacji właściwości warstw i powłok.**

Najbardziej prawdopodobne wystąpienie tendencji wzrostowej *przepływu wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (open innovation)* odnosi się do wszystkich grup technologii ze szczególnym uwzględnieniem pozytywnego wpływu tej tendencji czynnika na rozwój technologii:

- **Grupa 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni,** w tym technologii:
  - Wytwarzanie mikroogniwoltaicznych,
  - Wytwarzanie powłok bioczułych i chemoczułych,
  - Wytwarzanie powłok mikro- i nanokompozytowych 3D,
  - Technologie inżynierii powierzchni wykorzystywane w zastosowaniach medycznych.
- **Grupa 2: Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok:**
  - Hybrydowe technologie zwiększania trwałości elementów konstrukcyjnych wykonanych ze stopów magnezu.
- **Grupa 5: Zaawansowane, komputerowe metody projektowania technologii obróbki powierzchniowej i optymalizacji właściwości warstw i powłok.**

Prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji wzrostowej czynnika kluczowego *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* oceniono jako wysokie w odniesieniu do technologii:

- **Grupa 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni:**
  - Technologie inżynierii powierzchni wykorzystywane w zastosowaniach medycznych,
  - Hybrydowa technologia wytwarzania multifunkcyjnych warstw hybrydowych na łopatkach turbin.
- **Grupa 2: Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok**
  - Hybrydowa technologia zwiększania trwałości wybranych elementów dla przemysłu motoryzacyjnego wykonanych ze stopów aluminium.

Za bardzo prawdopodobne uznano wystąpienie tendencji stałej czynnika *zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych* w odniesieniu do technologii:

- **Grupa 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni,** w szczególności w odniesieniu do technologii przyrostowych:
  - Hybrydowa technologia zwiększania trwałości matryc do wyciskania cienkościennych profili aluminiowych,
  - Technologie inżynierii powierzchni wykorzystywane w zastosowaniach medycznych,
  - Wytwarzanie powłok mikro- i nanokompozytowych 3D.
- **Grupa 2: Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok,** w szczególności w odniesieniu do technologii:
  - Hybrydowa technologia zwiększająca trwałość narzędzi odlewniczych,
  - Hybrydowa technologia zwiększająca trwałość wybranych elementów silników spalinowych,
  - Hybrydowa technologia zwiększania trwałości matryc kuźniczych,

- Hybrydowa technologia zwiększania trwałości wybranych elementów dla przemysłu motoryzacyjnego wykonanych ze stopów aluminium,
- Hybrydowe technologie zwiększania trwałości elementów konstrukcyjnych wykonanych ze stopów magnezu.
- **Grupa 3: Urządzenia i systemy do realizacji zaawansowanych plazmowych technologii inżynierii powierzchni.**
- **Grupa 4: Materiały do realizacji zaawansowanych technologii inżynierii powierzchni.**

Za bardzo prawdopodobne uznano wystąpienie tendencji stałej czynnika – *przepływ wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (open innovation)* w odniesieniu do technologii:

- **Grupa 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni.**
- **Grupa 4: Materiały do realizacji zaawansowanych technologii inżynierii powierzchni,**
- **Grupa 5: Zaawansowane, komputerowe metody projektowania technologii obróbki powierzchniowej i optymalizacji właściwości warstw i powłok.**

W ramach scenariusza optymistycznego przy tendencji wzrostowej każdego z trzech analizowanych czynników kluczowych istnieją najbardziej korzystne warunki do rozwoju przede wszystkim technologii:

- **Grupa 2: Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok:**
  - Technologie inżynierii powierzchni wykorzystywane w zastosowaniach medycznych.

Z kolei przy tendencji wzrostowej *zasobów kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowania programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych oraz przepływu wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (open innovation)* istnieją najbardziej korzystne warunki dla rozwoju technologii:

- **Grupa 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni:**
  - Wytwarzanie mikroogniwoltaicznych,
  - Wytwarzanie powłok bioczułych i chemoczułych.

Utrzymanie *zasobów kadry naukowo-badawczej i technicznej* na dotychczasowym poziomie oraz brak zmian w zakresie dostosowania programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych (czynnik kluczowy *a*), podobnie jak brak intensyfikacji powiązań między instytucjami naukowymi i przedsiębiorstwami (czynnik kluczowy *b*), a także brak rozszerzania tematyki z zakresu technologii materiałowych w krajowych priorytetach badawczych (czynnik kluczowy *c*) nie zapewni rozwoju technologii stanowiących przedmiot analiz. Rozwój wskazanych technologii zapewni tylko tendencja wzrostowa czynników kluczowych.

## SCENARIUSZ OPTYMISTYCZNY mało prawdopodobny

Scenariusz uwzględnia tendencję wzrostową i stałą czynników kluczowych przy jednoczesnym małym prawdopodobieństwie wystąpienia tych tendencji.

Za mało prawdopodobne uznano wystąpienie tendencji wzrostowej czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* w odniesieniu do technologii uwzględnionych w **Grupie 5: Zaawansowane, komputerowe metody projektowania technologii obróbki powierzchniowej i optymalizacji właściwości warstw i powłok**.

Za mało prawdopodobną eksperci uznali także tendencję stałą czynnika *zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych* w odniesieniu do technologii:

- **Grupy 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni,**
- **Grupy 5: Zaawansowane, komputerowe metody projektowania technologii obróbki powierzchniowej i optymalizacji właściwości warstw i powłok,**

czynnika *b* w odniesieniu do technologii:

- **Grupy 2: Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok,**
- **Grupy 3: Urządzenia i systemy do realizacji zaawansowanych plazmowych technologii inżynierii powierzchni,**
- **Grupy 4: Materiały do realizacji zaawansowanych technologii inżynierii powierzchni** oraz
- **Grupy 5: Zaawansowane, komputerowe metody projektowania technologii obróbki powierzchniowej i optymalizacji właściwości warstw i powłok,**

czynnika *c* w odniesieniu do technologii:

- **Grupy 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni.**
- **Grupy 4: Materiały do realizacji zaawansowanych technologii inżynierii powierzchni.**

Wystąpienie tendencji wzrostowej jednocześnie dla czynników: *zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych, przepływ wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (open innovation), krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* uznano za mało prawdopodobne w odniesieniu do ocenianych technologii:

- **Grupa 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni,**
- **Grupa 2: Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok.**

Ekspert uznali, że utrzymanie się wszystkich trzech czynników kluczowych na dotychczasowym poziomie nie zapewni rozwoju wygenerowanych technologii przyrostowych i wyłaniających się technologii (rozwój wymienionych technologii zapewni tylko tendencja wzrostowa czynników).

Sformułowano następujące założenia do budowy SCENARIUSZA PESYMISTYCZNEGO najbardziej prawdopodobnego oraz SCENARIUSZA PESYMISTYCZNEGO mało prawdopodobnego:

- Założenie 1. Tendencja spadkowa czynnika *zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej* ma negatywny wpływ na rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii.
- Założenie 2. Tendencja spadkowa czynnika *przepływ wiedzy i doświadczeń* wpływ na rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii.
- Założenie 3. Tendencja spadkowa czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* ma negatywny wpływ na rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii.

## SCENARIUSZ PESYMISTYCZNY najbardziej prawdopodobny

W trakcie prac nad budową scenariuszy rozważano również możliwość zaistnienia scenariusza pesymistycznego najbardziej prawdopodobnego, który uwzględniałby tendencję spadkową czynników kluczowych przy jednoczesnym wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tej tendencji.

Jednak przeprowadzona konsultacja ekspercka wykazała, iż nie przedzielono dużego prawdopodobieństwa wystąpienia tendencji spadkowej żadnemu z czynników kluczowych dla obszaru technologii materiałowych i nanotechnologii. Skutkuje to brakiem scenariusza pesymistycznego najbardziej prawdopodobnego.

## SCENARIUSZ PESYMISTYCZNY mało prawdopodobny

Scenariusz uwzględnia tendencję spadkową czynników kluczowych przy jednoczesnym małym prawdopodobieństwie wystąpienia tej tendencji.

Zdaniem ekspertów żaden z czynników kluczowych nie zahamuje rozwoju wygenerowanych technologii przyrostowych i wyłaniających się. Mimo wystąpienia tendencji spadkowej wszystkich czynników możliwa będzie realizacja prac w ramach wszystkich grup technologii.

Wynikać to może np. z faktu, że pozycja tego obszaru jest na tyle ugruntowana w Polsce (istnieje zaplecze kadrowe, infrastruktura badawcza oraz możliwości finansowania z programów międzynarodowych), że nawet w przypadku nieuwzględnienia obszaru w krajowych priorytetach badawczych, zmniejszenia intensywności współpracy z przedsiębiorstwami w kraju oraz niedostosowania programów kształcenia w stosunku do potrzeb (i w konsekwencji zmniejszenia podaży wykwalifikowanej kadry w długim okresie) technologie materiałowe i nanotechnologie będą opracowywane.

## WARIANT 2

Drugi wariant budowy scenariuszy w obszarze technologii materiałowych i nanotechnologii zakłada wystąpienie następujących scenariuszy rozwoju technologicznego:

1. Scenariusz dynamicznego rozwoju.
2. Scenariusz stabilizacji.
3. Scenariusz zapaści.

Czynniki kluczowe zidentyfikowane dla obszaru technologii materiałowych i nanotechnologii:

- a – zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych;*
- b – przepływ wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (open innovation);*
- c – krajowe priorytety badawczo-rozwojowe.*

## SCENARIUSZ DYNAMICZNEGO ROZWOJU

Sformułowano następujące założenia do budowy SCENARIUSZA DYNAMICZNEGO ROZWOJU:

- Założenie 1. Tendencja wzrostowa czynnika *zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii.
- Założenie 2. Tendencja wzrostowa czynnika *przepływ wiedzy i doświadczeń* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii.
- Założenie 3. Tendencja wzrostowa czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii.

Scenariusz uwzględnia tendencję wzrostową zidentyfikowanych czynników kluczowych przy jednoczesnym wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tej tendencji.

Tendencja wzrostowa czynnika kluczowego: *a* – *zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych* będzie miała największy pozytywny wpływ na rozwój technologii, w ramach:

– **Grupy 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni:**

- Wytwarzanie mikroogniwoltaicznych,
- Wytwarzanie powłok bioczułych i chemoczułych

oraz technologii:

– **Grupy 2: Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok:**

- Technologie inżynierii powierzchni wykorzystywane w zastosowaniach medycznych.

– **Grupy 5: Zaawansowanych, komputerowych metod projektowania technologii obróbki powierzchniowej i optymalizacji właściwości warstw i powłok.**

Za najbardziej prawdopodobne eksperci uznali wystąpienie tendencji wzrostowej czynnika kluczowego *przepływ wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (open innovation)* w odniesieniu do wszystkich grup technologii ze szczególnym uwzględnieniem pozytywnego wpływu tej tendencji czynnika na rozwój technologii:

– **Grupa 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni, w tym technologii:**

- Wytwarzanie mikroogniwoltaicznych,
- Wytwarzanie powłok bioczułych i chemoczułych,
- Wytwarzanie powłok mikro- i nanokompozytowych 3D;
- Technologie inżynierii powierzchni wykorzystywane w zastosowaniach medycznych.

– **Grupa 2: Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok:**

- Hybrydowe technologie zwiększania trwałości elementów konstrukcyjnych wykonanych ze stopów magnezu oraz

– **Grupa 5: Zaawansowane, komputerowe metody projektowania technologii obróbki powierzchniowej i optymalizacji właściwości warstw i powłok,**

Prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji wzrostowej czynnika kluczowego *c* – *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* oceniono jako wysokie w odniesieniu do technologii przyrostowych:

– **Grupa 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni:**

- Technologie inżynierii powierzchni wykorzystywane w zastosowaniach medycznych,
- Hybrydowa technologia wytwarzania multifunkcyjnych warstw hybrydowych na łopatkach turbin.

– **Grupa 2: Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok:**

- Hybrydowa technologia zwiększania trwałości wybranych elementów dla przemysłu motoryzacyjnego wykonanych ze stopów aluminium.

Przy tendencji wzrostowej każdego z trzech analizowanych czynników kluczowych istnieją najbardziej korzystne warunki do rozwoju przede wszystkim następujących grup i technologii:

– **Grupa 2: Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok:**

- Technologie inżynierii powierzchni wykorzystywane w zastosowaniach medycznych.

Z kolei przy tendencji wzrostowej zasobów kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowania programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych oraz przepływu wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (*open innovation*) istnieją najbardziej korzystne warunki dla rozwoju technologii wyłaniających się, w szczególności:

– **Grupa 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni:**

- Wytwarzania mikroogniwoltaicznych oraz
- Wytwarzania powłok bioczułych i chemoczułych.

## SCENARIUSZ STABILIZACJI

W scenariuszu uwzględniono tendencję stałą czynników przy wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tendencji, a także tendencję wzrostową i spadkową czynników przy niskim prawdopodobieństwie wystąpienia tych tendencji.

Wystąpienie tendencji wzrostowej jednocześnie dla czynników: *zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych, przepływ wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (open innovation), krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* uznano za mało prawdopodobne w odniesieniu technologii:

- **Grupy 1: Powłoki i warstwy do szczególnie wymagających zastosowań wytwarzane metodami inżynierii powierzchni oraz**
- **Grupy 2: Hybrydowe procesy wytwarzania warstw i powłok.**

Za mało prawdopodobne uznano wystąpienie tendencji wzrostowej czynnika *c* – *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* w odniesieniu do technologii:

- **Grupy 5. Zaawansowane, komputerowe metody projektowania technologii obróbki powierzchniowej i optymalizacji właściwości warstw i powłok.**

Zdaniem ekspertów żaden z czynników kluczowych nie zahamuje rozwoju wygenerowanych technologii przyrostowych i wyłaniających się. Mimo wystąpienia tendencji spadkowej wszystkich czynników możliwa będzie realizacja prac w ramach wszystkich grup technologii.

Wynikać to może z ugruntowanej pozycji tego obszaru w Polsce, w ramach którego istnieje niezbędne zaplecze kadrowe, infrastruktura badawcza oraz możliwości finansowania prac badawczo-rozwojowych z programów międzynarodowych.

## SCENARIUSZ ZAPAŚCI

W metodyce założono możliwość wystąpienia scenariusza zapaści, jednakże wyniki eksperckiej analizy wpływu czynników kluczowych zidentyfikowanych dla obszaru technologii materiałowych i nanotechnologii na technologie i grupy technologii wskazują, że nie istnieje wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia spadkowej tendencji czynników. Skutkuje to brakiem scenariusza zapaści w obszarze zaawansowanych technologii materiałowych i nanotechnologii oraz systemów technicznych wspomagających ich projektowanie i aplikacje.

Przeprowadzona analiza wstępnych scenariuszy rozwoju opracowanych z uwzględnieniem założeń dwóch proponowanych wariantów budowy scenariuszy oraz dyskusje z eksper-

tami ds. metodyki foresight zdecydowały o przyjęciu do dalszej realizacji prac drugiego proponowanego wariantu budowy scenariuszy. Wariant ten uwzględnia bardzo charakterystyczne rysy scenariuszy – dynamicznego rozwoju, stabilizacji i zapaści. Na dalszym etapie prac ukie-  
runkowanym na opracowanie finalnych scenariuszy rozwoju uwzględniane są jedynie scenar-  
iusze pozytywne, zapewniające realizację idei zrównoważonego rozwoju, a mianowicie sce-  
nariusz dynamicznego rozwoju oraz scenariusz stabilizacji.

### **Wykorzystanie wyników realizacji zadań Z1 „Mapy technologii” i Z3 „Mocne i słabe strony” w budowie scenariuszy**

W celu budowy finalnych scenariuszy rozwoju technologicznego, po opracowaniu wstęp-  
nych scenariuszy uwzględniających wpływ czynników kluczowych zidentyfikowanych dla  
danego obszaru tematycznego na technologie i grupy technologii uwzględnione w tym obsza-  
rze, kolejny etap prac nad opracowaniem scenariuszy zakłada wykorzystanie wyników zadań  
Z1 „Mapy technologii” oraz Z3 „Mocne i słabe strony”.

W tym celu wykorzystano uzyskaną w zadaniu Z1 „Mapy technologii” listę prioryteto-  
wych technologii:

- T1.** Hybrydowe technologie zwiększania trwałości elementów konstrukcyjnych wyko-  
nanych ze stopów magnezu
- T2.** Technologie inżynierii powierzchni wykorzystywane w zastosowaniach medycz-  
nych
- T3.** Wytwarzanie mikroogniw woltaicznych
- T4.** Hybrydowa technologia zwiększająca trwałość wybranych elementów silników spa-  
linowych
- T5.** Wytwarzanie powłok mikro- i nanokompozytowych 3D
- T6.** Hybrydowa technologia zwiększania trwałości wybranych elementów dla przemysłu  
motoryzacyjnego wykonanych ze stopów aluminium
- T7.** Hybrydowa technologia zwiększania trwałości matryc kuzniczych
- T8.** Hybrydowa technologia zwiększania trwałości matryc do wyciskania cienkościen-  
nych profili aluminiowych
- T9.** Hybrydowa technologia wytwarzania multifunkcjonalnych warstw hybrydowych na  
łopatkach turbin
- T10.** Wytwarzanie powłok bioczułych i chemoczułych
- T11.** Hybrydowa technologia zwiększająca trwałość narzędzi odlewniczych

Technologie oceniono według następujących kryteriów: zrównoważony rozwój (obejmują-  
jący subkryteria: efekty ekologiczne, ekonomiczne i społeczne) oraz generyczność technolo-  
gii (uwzględniająca poziom interdyscyplinarności rozwiązań)<sup>5</sup> (tab. 4).

---

<sup>5</sup> Raport „Mapy technologii w obszarze zrównoważonego rozwoju” opracowany w ramach projektu „Zaawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne dla zrównoważonego rozwoju kraju”, Radom 2010.

Tab. 4. Ranking technologii w obszarze zaawansowanych technologii materiałowych i nanotechnologii oraz systemów technicznych wspomagających ich projektowanie i aplikacje opracowany na podstawie uśrednionych wyników priorytetyzacji technologii w tym obszarze

Technologie		Rodzaj technologii (przyrostowa P, wyłaniająca się W)	Kryterium zrównoważonego rozwoju i interdyscyplinarności
T11.	Hybrydowa technologia zwiększająca trwałość narzędzi odlewniczych	P	83,5
T10.	Wytwarzanie powłok bioczułych i chemoczułych	W	81,7
T9.	Hybrydowa technologia wytwarzania multifunkcyjnych warstw hybrydowych na łopatkach turbin	P	79,7
T8.	Hybrydowa technologia zwiększania trwałości matryc do wyciskania cienkościennych profili aluminiowych	P	79,7
T7.	Hybrydowa technologia zwiększania trwałości matryc kuźniczych	P	78
T6.	Hybrydowa technologia zwiększania trwałości wybranych elementów dla przemysłu motoryzacyjnego wykonanych ze stopów aluminium	P	77,7
T5.	Wytwarzanie powłok mikro- i nanokompozytowych 3D	W	77,7
T4.	Hybrydowa technologia zwiększająca trwałość wybranych elementów silników spalinowych	P	77,7
T3.	Wytwarzanie mikroogniwoltaicznych	W	77,2
T2.	Technologie inżynierii powierzchni wykorzystywane w zastosowaniach medycznych	P	77,2
T1.	Hybrydowe technologie zwiększania trwałości elementów konstrukcyjnych wykonanych ze stopów magnezu	W	75,5

Źródło: opracowanie własne

Uwaga: przyjęto dwa kryteria priorytetyzacji technologii: zrównoważony rozwój (obejmujący subkryteria: efekty ekologiczne, ekonomiczne i społeczne) oraz generyczność technologii (uwzględniająca poziom interdyscyplinarności rozwiązań). Przyjęto, że obydwa kryteria mają jednakową wagę – każde po 50 pkt, w sumie 100 pkt. W ramach kryterium zrównoważonego rozwoju mogły występować wartości ujemne (w przypadku negatywnych skutków dla gospodarki, środowiska naturalnego lub społeczeństwa z tytułu wdrożenia wygenerowanych technologii priorytetowych i wyłaniających się).

Następnie technologie z przypisanym im poziomem priorytetowości porównano z wynikami, uzyskanymi w ramach prac przeprowadzonych w zadaniu Z3 „Mocne i słabe strony”, dotyczącymi poziomu „krytyczności” szczegółowych kierunków badań, w ramach których wskazano technologie przyrostowe i wyłaniające się. Poziom krytyczności odzwierciedla poziom gotowości technologicznej do podjęcia lub kontynuacji prac, w kierunkach badawczych, co powinno skutkować opracowaniem technologii. Przyjęto<sup>6</sup>, że do technologii o wysokim poziomie gotowości technologicznej można zaliczyć technologie na etapie komercjalizacji i dyfuzji, istotne dla budowy konkurencyjności kompetencyjnej oraz inkrementalnego postępu technologicznego, a także technologie generyczne i przedkonkurencyjne, mające podstawowe znaczenie dla budowy konkurencyjności technologicznej, warunkującej bardziej radykalny postęp technologiczny. Analizy przeprowadzone zostały przez uczestników panelu eksper-

<sup>6</sup> A. Rogut, B. Piasecki: *Pozycja konkurencyjna Polski w obszarze zrównoważonego rozwoju*. Raport z realizacji zadania „Mocne i słabe strony”. Łódź 2010.

kiego, w trakcie którego skoncentrowano się na metodach ilościowych pozwalających na ocenę poziomu gotowości technologicznej kierunków badań i aplikacji wytypowanych w ramach projektu (zadanie Z3 „Mocne i słabe strony”) i diagnozę pozycji konkurencyjnej Polski w obszarze technologii materiałowych i nanotechnologii.

Uśrednione wyniki oceny eksperckiej poziomu gotowości technologicznej, przeprowadzone w zadaniu Z3 „Mocne i słabe strony” zaprezentowano w tab. 5.

Tab. 5. Ranking technologii materiałowych i nanotechnologii opracowany na podstawie uśrednionych wyników oceny poziomu gotowości technologicznej poszczególnych technologii w tym obszarze

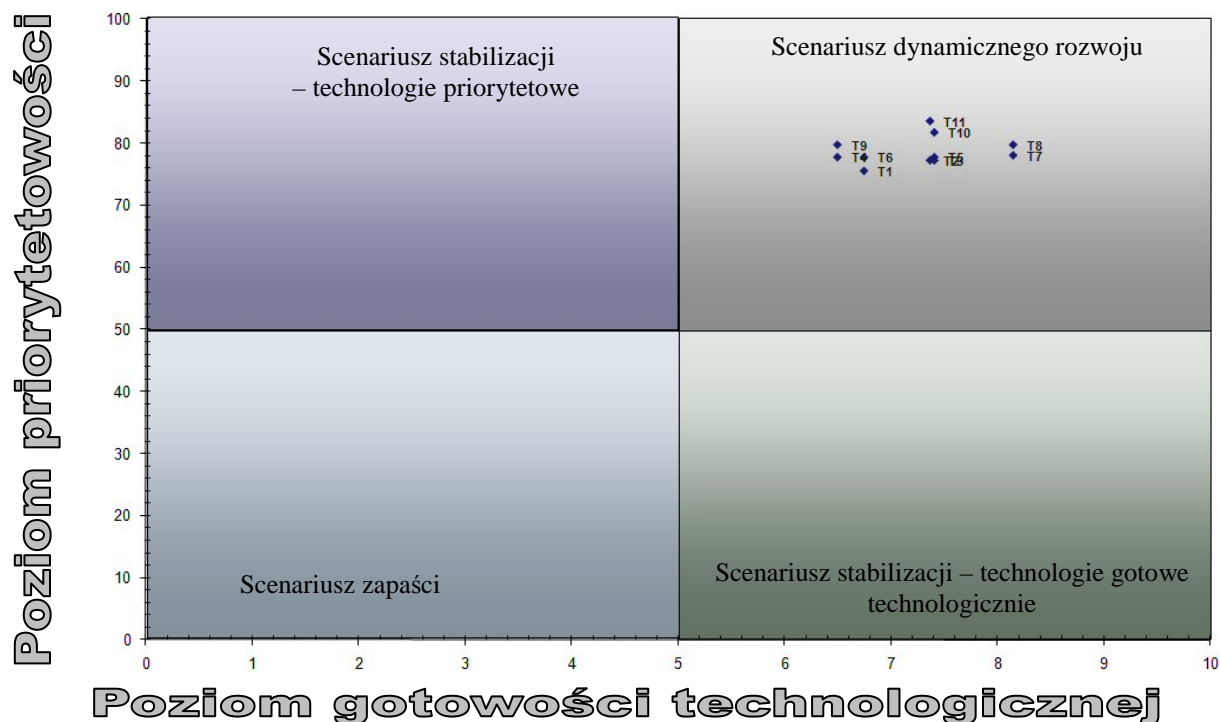
Technologie		Rodzaj technologii (przyrostowa P, wyłaniająca się W)	Kryterium gotowości technologicznej
T8.	Hybrydowa technologia zwiększania trwałości matryc do wyciskania cienkościennych profili aluminiowych	P	8,15
T7.	Hybrydowa technologia zwiększania trwałości matryc kuźniczych	P	8,15
T10.	Wytwarzanie powłok bioczułych i chemoczułych	W	7,41
T5.	Wytwarzanie powłok mikro- i nanokompozytowych 3D	W	7,41
T3.	Wytwarzanie mikroogniwołwaicznych	W	7,41
T11.	Hybrydowa technologia zwiększająca trwałość narzędzi odlewniczych	P	7,37
T2.	Technologie inżynierii powierzchni wykorzystywane w zastosowaniach medycznych	P	7,37
T6.	Hybrydowa technologia zwiększania trwałości wybranych elementów dla przemysłu motoryzacyjnego wykonanych ze stopów aluminium	P	6,75
T1.	Hybrydowe technologie zwiększania trwałości elementów konstrukcyjnych wykonanych ze stopów magnezu	W	6,75
T9.	Hybrydowa technologia wytwarzania multifunkcyjnych warstw hybrydowych na łopatkach turbin	P	6,5
T4.	Hybrydowa technologia zwiększająca trwałość wybranych elementów silników spalinowych	P	6,5

Źródło: opracowanie własne

Uwaga: ocena wg kryterium gotowości technologicznej przedział <0; 10> przeprowadzona z wykorzystaniem wyników realizacji zadania Z3 „Mocne i słabe strony”.

W celu uwzględnienia jednocześnie poziomu priorytetowości oraz gotowości technologicznej poszczególnych technologii przygotowano macierz (rys. 4) umożliwiającą wskazanie grup technologii:

- priorytetowych o wysokim poziomie gotowości technologicznej,
- priorytetowych o niskim poziomie gotowości technologicznej,
- niskopriorytetowych o wysokim poziomie gotowości technologicznej,
- niskopriorytetowych o niskim poziomie gotowości technologicznej.



Rys. 4. Macierz zależności pomiędzy poziomem priorytetowości i gotowości technologicznej technologii w obszarze zaawansowanych technologii materiałowych i nanotechnologii  
 Źródło: opracowanie własne

Uwzględniając wyniki analiz, przystąpiono do opracowania scenariuszy finalnych w obszarze technologii materiałowych i nanotechnologii. W tym celu przeprowadzono konfrontację list technologii uwzględnionych we wstępnych scenariuszach rozwoju opracowanych na bazie wyników analiz wpływu czynników kluczowych zidentyfikowanych dla danego obszaru tematycznego na technologie i grupy technologii z listami technologii wynikającymi z przeprowadzonej analizy w kontekście ich priorytetowości i krytyczności (gotowości technologicznej).

Następujące wyniki podlegają konfrontacji:

- a) lista technologii o wysokim priorytecie i wysokim poziomie gotowości technologicznej rozwoju oraz scenariusz dynamicznego rozwoju,
- b) lista technologii o wysokim priorytecie i niskim poziomie gotowości technologicznej rozwoju oraz scenariusz stabilizacji,
- c) lista technologii o niskim priorytecie, w przypadku których występuje na wysokim poziomie gotowość technologiczna rozwoju oraz scenariusz stabilizacji.

### Scenariusze rozwoju w obszarze technologii materiałowych i nanotechnologii

Analizowane technologie materiałowe i nanotechnologie charakteryzują się wysokim stopniem gotowości technologicznej przy jednoczesnym wysokim poziomie priorytetowości, dlatego w badanym obszarze tematycznym opracowano jedynie scenariusz dynamicznego rozwoju.

## Scenariusz dynamicznego rozwoju

Założenia:

- tendencja wzrostowa zidentyfikowanych czynników kluczowych:
  - a – zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej oraz dostosowanie programów edukacyjnych do wymogów kreowania i aplikacji rozwiązań innowacyjnych;*
  - b – przepływ wiedzy i doświadczeń między indywidualnymi naukowcami, przedsiębiorcami i instytucjami, dostęp do baz wiedzy (open innovation);*
  - c – krajowe priorytety badawczo-rozwojowe*przy wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tej tendencji
- wysoki priorytet technologii,
- wysoki poziom gotowości technologicznej technologii.

„**Technologie materiałowe i nanotechnologie**” to obszar silnie ugruntowany w Polsce. Posiadane w tym obszarze zaplecze kadrowe, infrastruktura badawcza oraz możliwości finansowania prac badawczo-rozwojowych są na poziomie porównywalnym z wiodącymi krajami UE. Rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii, ze szczególnym uwzględnieniem technologii obróbki powierzchniowej, ma zdecydowanie pozytywny wpływ na rozwój wielu obszarów gospodarki, poprzez zwiększanie jej innowacyjności, ochronę środowiska, obniżanie kosztów produkcji oraz zwiększanie bezpieczeństwa obywateli. Technologie materiałowe i nanotechnologie cechuje bardzo wysoki poziom interdyscyplinarności, czego wynikiem jest istotny wpływ i stymulowanie rozwoju innych obszarów działalności naukowo-badawczej. Stąd też szybkie tempo rozwoju wielu nowoczesnych gałęzi przemysłu jest wyznaczone możliwościami technologii materiałowych i nanotechnologii. Dzięki badaniom w zakresie nowych materiałów oraz technologii modyfikowania właściwości warstwy wierzchniej części maszyn i narzędzia są lepiej dostosowane do pracy w coraz trudniejszych warunkach eksploatacyjnych, np. przy wysokich obciążeniach mechanicznych i cieplnych, intensywnym zużyciu lub korozyjnym oddziaływaniu środowiska. Szybki rozwój inżynierii powierzchni generuje pojawienie się wielu nowych materiałów powłokowych (np. powłok wieloskładnikowych, wielowarstwowych i gradientowych), jak również kompozytów warstwowych wytwarzanych hybrydowymi metodami obróbki powierzchniowej. To właśnie te nowe materiały umożliwiają stopniowe rozszerzanie obszaru wykorzystania inżynierii powierzchni w przemyśle, np. poprzez ukierunkowanie na podwyższanie jakości narzędzi i części maszyn. Technologie materiałowe i nanotechnologie stanowią istotny czynnik rozwoju gospodarczego.

Rozwój technologii materiałowych i nanotechnologii jest bardzo dynamiczny i obejmuje zarówno technologie przyrostowe, charakteryzujące się wysokim poziomem gotowości technologicznej, jak i technologie wyłaniające się, oceniane jako priorytetowe dla przyszłego rozwoju gospodarki. Rozwój technologii przyrostowych ukierunkowany jest na stopniowe doskonalenie istniejących już rozwiązań, jak również na rozszerzanie możliwości ich aplikacyjnego wykorzystania w nowych obszarach gospodarki. Prace badawczo-rozwojowe dotyczące rozwoju technologii przyrostowych, koncentrują się przede wszystkim w zakresie kształtowania charakterystyk cienkich warstw i powłok, przeznaczonych do poprawy właściwości mechanicznych, tribologicznych i korozyjnych narzędzi i elementów maszyn pracujących w trudnych warunkach eksploatacyjnych. Dotyczy to głównie aplikacji w przemyśle narzędziowym (matryce do obróbki plastycznej metali, formy ciśnieniowe i odlewnicze), przemyśle lotniczym i samochodowym (elementy turbin lotniczych i silników spalinowych) oraz medycynie (implanty i wszczepy medyczne, narzędzia chirurgiczne).

Rozwój technologii wyłaniających się bazuje na najnowszych osiągnięciach inżynierii powierzchni, jakimi są hybrydowe technologie obróbki powierzchniowej, stwarzające szerokie możliwości kształtowania właściwości fizycznych i chemicznych wytwarzanych warstw i powłok. Technologie wyłaniające się powstają na bazie nowatorskich rozwiązań materiało-

wych i towarzyszących im opracowań technologicznych, umożliwiających praktyczne wytwarzanie materiałów funkcjonalnych. Szczególnie cenne są dwa główne kierunki rozwoju technologii wyłaniających się. Pierwszym z nich jest wytwarzanie powłok o strukturze nanometrycznej, w tym: powłok nanowarstwowych i nanokompozytowych, o ściśle ukierunkowanych właściwościach funkcjonalnych, np. przeznaczonych do wytwarzania mikroogniw woltaicznych czy też bioczułych lub chemoczułych mikrosensorów. Drugi kierunkiem rozwoju technologii wyłaniających się są technologie przeznaczone do modyfikowania właściwości stopów metali lekkich, w tym: tytanu, aluminium i magnezu.

Dynamiczny rozwój badań w zakresie technologii materiałowych i nanotechnologii warunkowany jest, poza wskazanymi czynnikami kluczowymi, także rozwojem kapitału intelektualnego oraz metod transformacji wiedzy. W aspekcie rozwoju kapitału intelektualnego kluczowe znaczenie ma tworzenie interdyscyplinarnych zespołów badawczych skupiających specjalistów z zakresu różnych obszarów wiedzy, m.in.: inżynierii materiałowej, technologii informatycznych, fizyki, chemii oraz mechaniki. Z kolei w ramach rozwoju metod transformacji wiedzy istnieje potrzeba intensyfikacji współpracy pomiędzy polskimi ośrodkami naukowymi, współpracy międzynarodowej oraz intensyfikacji powiązań ośrodków naukowych z przemysłem.

## **Podsumowanie**

Przeprowadzona analiza stanu oraz intensywności i kierunków rozwoju w obszarze „**technologie materiałowe i nanotechnologie**” wykazała, że obszar ten odgrywa znaczącą rolę w stymulowaniu rozwoju całej gospodarki. Poprzez wpływ na zwiększanie jej innowacyjności, ochronę środowiska, obniżanie kosztów produkcji oraz zwiększanie bezpieczeństwa obywateli decyduje o znaczeniu gospodarczym, a tym samym potrzebie rozwoju innych grup technologii. Sformułowany scenariusz dynamicznego rozwoju technologii materiałowych i nanotechnologii wskazuje kierunki prac badawczo-rozwojowych, jakie powinny być prowadzone w Polsce ze względu na ich duże znaczenie w procesie innowacyjnego rozwoju. Przedstawiony scenariusz podkreśla znaczenie zarówno rozwoju technologii nowatorskich o charakterze wyprzedzającym, jak również potrzebę rozwoju i rozszerzanie możliwości aplikacyjnych technologii już istniejących jako technologii przyrostowych.

Opracowany scenariusz stanowi wkład do scenariuszy zintegrowanych obejmujących pięć obszarów tematycznych projektu i uwzględniających zarówno aspekty technologiczne, jak i społeczne w odniesieniu do zapotrzebowania na nowe kwalifikacje i kompetencje, niezbędne do opracowania i wdrożenia zaawansowanych technologii w tych obszarach.