



## **RAPORT**

**Scenariusze rozwoju technologicznego  
w obszarze:**

### **Technologie mechatroniczne i systemy sterowania do wspomagania procesów wytwarzania i eksploatacji**

**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  
dr inż. Tomasz Giesko



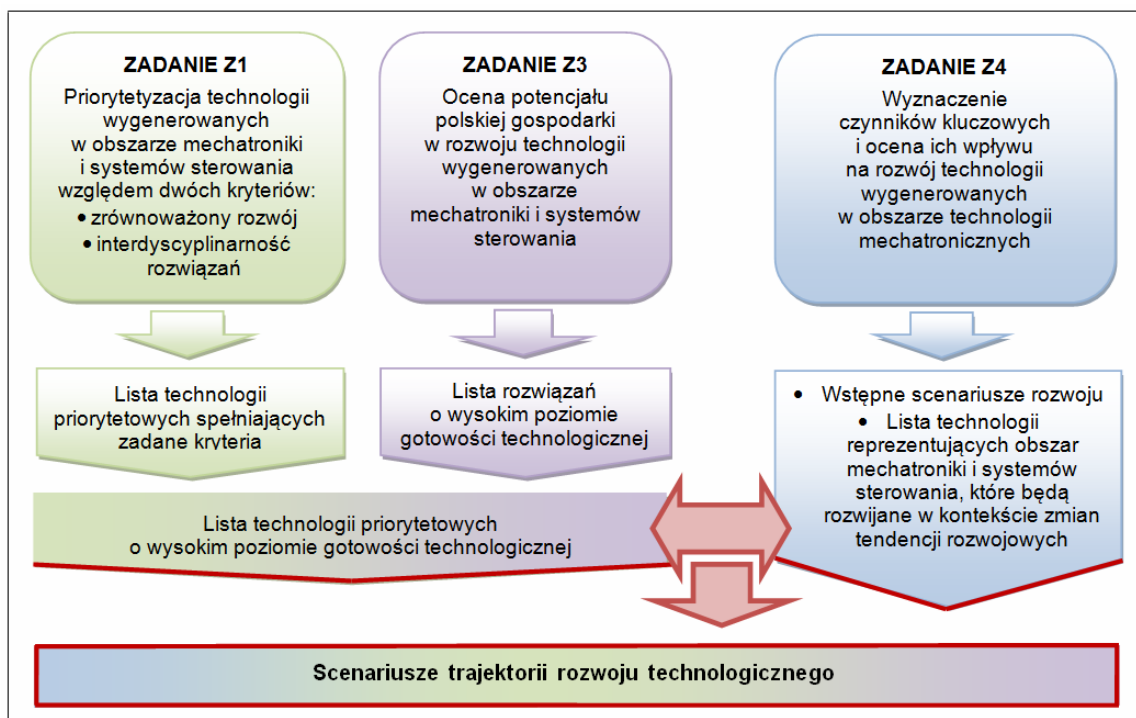
## Wprowadzenie

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

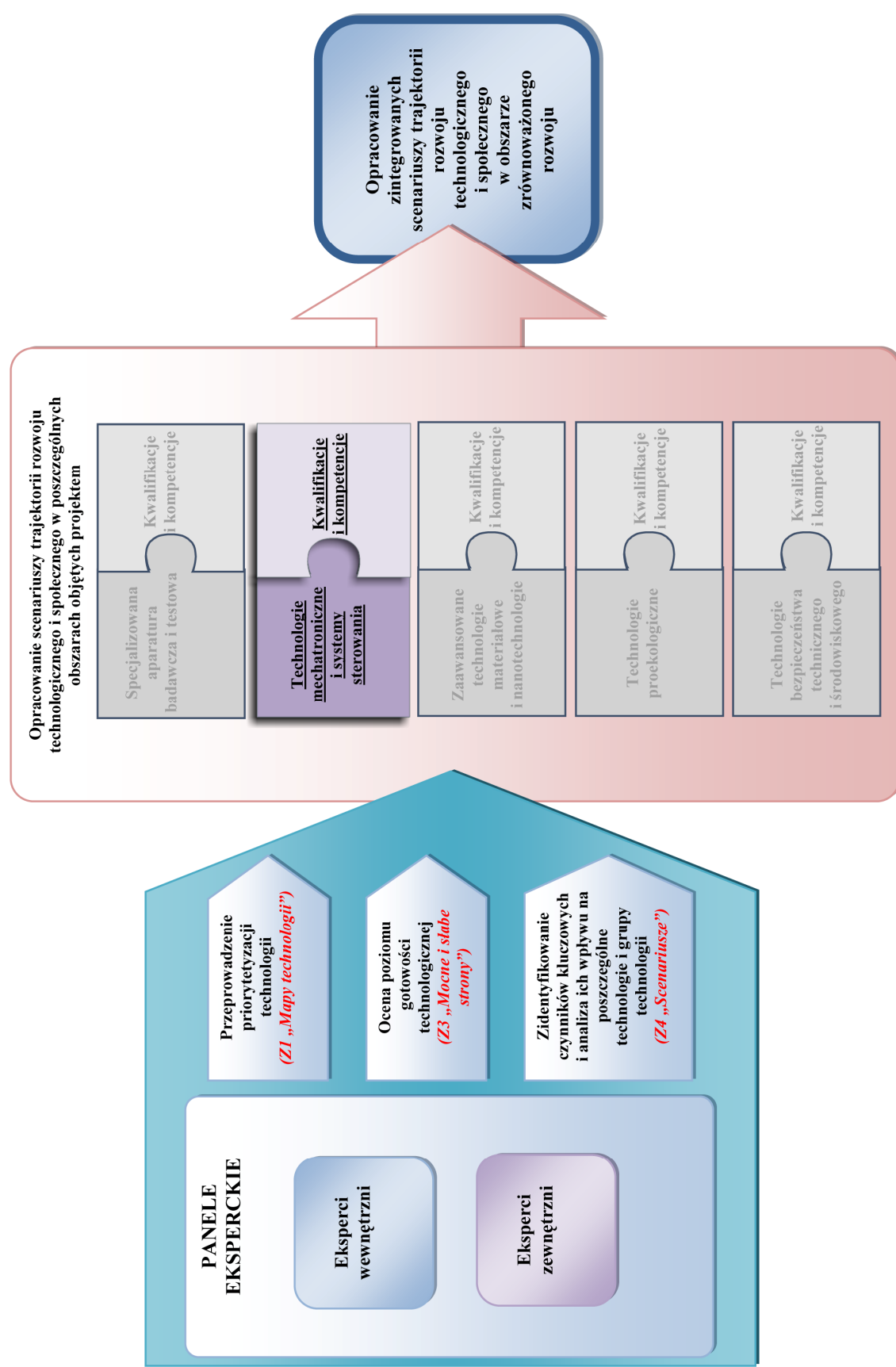
- Specjalizowana aparatura badawcza i testowa.
- Technologie mechatroniczne i systemy sterowania do wspomaganie procesów wytwarzania i eksploatacji.
- Zaawansowane technologie materiałowe i nanotechnologie oraz systemy techniczne wspomagające ich projektowanie i aplikacje.
- Technologie proekologiczne, 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 obejmujących analizę wpływu czynników kluczowych na technologie i kierunki badawcze zidentyfikowane w tym obszarze określonych dla danego obszaru tematycznego. 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 rozwój 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 technologii mechatronicznych i systemów sterowania do wspomagania procesów wytwarzania i eksploatacji.

## 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 mechatronicznych i systemów sterowania do wspomagania procesów wytwarzania i eksploatacji ich wynik stanowi lista 17 czynników społeczno-organizacyjnych, 16 czynników naukowo-technologicznych, 19 czynników ekonomicznych, 7 czynników środowiskowych i 12 czynników polityczno-prawnych. Szczegółowe rezultaty tego etapu prac badawczych zaprezentowano w tab. 1.

Tab. 1. Wstępna lista czynników istotnych dla rozwoju technologii mechatronicznych i systemów sterowania do wspomagania procesów wytwarzania i eksploatacji

Grupa czynników	Nazwa czynnika
Społeczno-organizacyjne	– Rozwój społeczeństwa informacyjnego
	– Rozwój społeczeństwa innowacyjnego
	– Rozwój pracy zdalnej (w tym telepraca)
	– Akceptacja społeczna dla innowacyjnych technologii
	– Dynamika zatrudniania młodej kadry naukowej
	– Udział ekspertów z zagranicy w realizowanych zadaniach
	– Udział kadry naukowej w wymianie wiedzy w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Międzynarodowa promocja polskich podmiotów gospodarczych</li> <li>- Promowanie działalności proinnowacyjnej i przedsiębiorczości wśród studentów, doktorantów i pracowników sfery B+R</li> <li>- Dostosowanie wielkości i struktury naboru studentów do bieżących potrzeb rynku</li> <li>- System obowiązkowych, intensywnych praktyk studenckich w nowoczesnych firmach</li> <li>- Wzrost elastyczności struktury organizacyjnej uczelni w zakresie nowych kierunków kształcenia</li> <li>- Poziom wykształcenia technicznego głównie na kierunkach mechanika i budowa maszyn, mechatronika, informatyka</li> <li>- Poziom przygotowania kadry dydaktycznej na wszystkich poziomach kształcenia</li> <li>- Zasoby kadry naukowej</li> <li>- Zainteresowanie wytworami high-tech</li> <li>- Edukacja społeczeństwa w zakresie wpływu gospodarki innowacyjnej na struktury ekonomiczne kraju</li> </ul>
<b>Naukowo-technologiczne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe</li> <li>- Poziom innowacyjności wyników prac rozwojowych</li> <li>- Poziom technologiczny opracowanych rozwiązań</li> <li>- Konkurencyjność rynkowa krajowych rozwiązań technologicznych</li> <li>- Ułatwienie w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego w zakresie przedsiębiorczości</li> <li>- Stworzenie możliwości atrakcyjnego zatrudniania wysoko wykwalifikowanych pracowników (zahamowanie zjawiska brain-drain)</li> <li>- Promowanie działalności proinnowacyjnej i przedsiębiorczości wśród studentów, doktorantów i pracowników sfery B+R</li> <li>- rozwój metod sztucznej inteligencji</li> <li>- Rozwój inżynierskich baz danych i systemów klasy PLM (Product Lifecycle Management)</li> <li>- Potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, aparatura badawcza, infrastruktura techniczna)</li> <li>- Infrastruktura edukacyjna</li> <li>- Tempo wdrażania rozwiązań innowacyjnych w skali kraju</li> <li>- Systematyczne wdrażanie rozwiązań innowacyjnych w skali świata</li> <li>- Wygenerowanie popytu na rozwiązania innowacyjne realizowanego siłami polskiego przemysłu</li> <li>- Stopień transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki</li> <li>- Postęp technologiczny w sektorze wojskowym</li> </ul>
<b>Ekonomiczne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Koszty wdrożenia technologii</li> <li>- Koszty opracowania technologii</li> <li>- Poziom wydatków na sferę B+R</li> <li>- Centralny program długofalowego finansowania rozwoju tej grupy technologii</li> <li>- Obniżenie udziału środków własnych podmiotów gospodarczych</li> <li>- Rozwój proinnowacyjnych regulacji prawnych</li> <li>- Polityka fiskalna państwa</li> <li>- Udział projektów realizowanych na potrzeby przemysłu</li> <li>- Udział projektów realizowanych z funduszy krajowych w finansowaniu badań</li> <li>- Udział międzynarodowych projektów badawczych w finansowaniu badań</li> <li>- Korzystne kredyty na prowadzenie działalności innowacyjnej obciążonej podwyższonym ryzykiem (w szczególności na innowacyjne inwestycje)</li> <li>- Sytuacja gospodarcza państwa</li> <li>- Poziom wydatków na strefę B + R</li> <li>- Poziom płac w sektorze B + R</li> <li>- Poziom zamożności społeczeństwa</li> <li>- Poziom PKB</li> <li>- Poziom wdrażania rozwiązań innowacyjnych do gospodarki</li> <li>- Międzynarodowa konkurencja korporacji i firm</li> <li>- Konkurencyjność rynkowa krajowych rozwiązań technologicznych</li> </ul>
<b>Środowiskowe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Koszty środowiskowe opracowania technologii</li> <li>- Korzyści środowiskowe wynikające z wdrożenia opracowanych technologii</li> <li>- Zmiany obowiązujących norm środowiskowych</li> <li>- Zmniejszenie uciążliwości biurokracji</li> <li>- Stworzenie przyjaznych i prorozwojowych unormowań prawnych</li> <li>- Personalizacja odpowiedzialności urzędniczej za stwarzanie utrudnień i podejmowanie arbitralnych decyzji</li> <li>- spełnienie obowiązujących norm oraz dyrektyw UE</li> </ul>

<b>Polityczno- prawne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stopień dostosowania programów kształcenia i szkolenia do wymogów nowych technologii</li> <li>– Zasady funkcjonowania instytucji sfery B+R w Polsce</li> <li>– Regulacje prawne dotyczące transferu wyników prac badawczo-rozwojowych do gospodarki</li> <li>– Zmniejszenie arbitralności decyzji administracyjnych, w tym fiskalnych</li> <li>– Regulacje prawne ułatwiające efektywne tworzenie organizacji non-profit do realizacji określonego zadania</li> <li>– Polityka naukowa państwa</li> <li>– Skuteczna nowelizacja prawa zamówień publicznych</li> <li>– Uproszczenie, usprawnienie procedur administracyjnych i sądowych na wszystkich szczeblach</li> <li>– Dostosowanie programów kształcenia i szkolenia do wymogów nowych technologii</li> <li>– Koordynacja prac ministerstw: MG, MOS, MON, MEiN, MF w zakresie generowania popytu na B + R</li> <li>– Konkurencja państw</li> <li>– Działalność lobbingsowa korporacji międzynarodowych działających w danym obszarze tematycznym</li> </ul>
-------------------------------	---

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

Przygotowana wstępna lista czynników, które znacząco wpływają na rozwój prac badawczo-rozwojowych w obszarze technologii mechatronicznych i systemów sterowania 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. Priorytetyzacji czynników dokonano za pomocą badania kwestionariuszowego przeprowadzonego zarówno wśród ekspertów wewnętrznych (pracowników Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego (ITeE – PIB)), jak i zewnętrznych (przedstawicieli 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. Zainteresowanie społeczeństwa produktami innowacyjnymi.
4. Ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego w zakresie przedsiębiorczości innowacyjnej.
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. Bilans korzyści i kosztów środowiskowych wynikających z opracowania i wdrożenia technologii.
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 zapropo-

nowanej 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. Zainteresowanie społeczeństwa	4. Ułatwienia partnerstwa	5. Krajowe priorytety	6. Polityka fiskalna	7. Zasady funkcjonowania	8. Bilans korzyści	9. Regulacje prawne
1. Zasoby kadry naukowej	x	3	1,33	1,33	2	0,33	1,33	2	1
2. Potencjał badawczy	3	x	1,33	2,33	2,66	1,33	2	3	1
3. Zainteresowanie społeczeństwa	1	1,5	x	1,66	2,33	2	1,33	1,66	1,66
4. Ułatwienia partnerstwa	1,5	1,5	1	x	1,66	1,66	3	2,33	1,33
5. Krajowe priorytety	2,5	2,5	1,5	2	x	1,33	2,66	3	2
6. Polityka fiskalna	1,5	2	0,5	3	0,5	x	2,33	2	1
7. Zasady funkcjonowania	2	2	0,5	2,5	1,5	0,5	x	2,33	1,33
8. Bilans korzyści	1	1,5	2	1,5	2,5	1,5	2	x	1,33
9. Regulacje prawne	2	2,5	0	2,5	1,5	1,5	3	2	x

Rys. 3. Uśrednione wyniki eksperckiej oceny wpływów bezpośrednich dla technologii mechatronicznych i systemów sterowania

Źródło: opracowanie własne

Z uwzględnieniem wyników analizy strukturalnej danych zawartych w macierzach wpływów bezpośrednich (rys. 3) dokonano następnie identyfikacji czynników kluczowych, która przeprowadzona została z wykorzystaniem programu komputerowego Mic-Mac. Wynik przeprowadzonej analizy stanowi wyłonienie czterech kluczowych czynników rozwoju w obszarze technologii mechatronicznych i systemów sterowania:

- a – potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa);*
- b – ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego w zakresie przedsiębiorczości innowacyjnej;*
- c – krajowe priorytety badawczo-rozwojowe;*
- d – bilans korzyści i kosztów środowiskowych wynikających z opracowania i wdrożenia technologii.*

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

## 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 tab. 2.

Opracowanie na tej bazie wstępnych scenariuszy rozwoju stanowiło przyczynek do dyskusji, czy poza analizą wpływu czynników kluczowych na poszczególne technologie wskazane byłoby wykonanie 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 tab. 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 zostały wykorzystane 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 bazujące 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. 3. 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 ↓))

		Hybrydy biomechaniczne będące połączeniem organizmów żywych lub struktur biologicznych układów mechanicznych do zastosowań specjalnych		Interfejs człowiek-komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów eksploatacji i wytwarzania		Nanopozycjonery jako układy wykonawcze na potrzeby badań i eksperymentalnych technologii w skali nano		Roboty przemysłowe z funkcjami rekonfiguracji i adaptacji do realizowanych zadań		Soczewki płynne zmieniające swoją ogniskową do zastosowań w układach optycznych z funkcją adaptacji		Zwierciadła w technologii MOEMS sterowane za pomocą mikronapędów, przeznaczone do zastosowań w aparaturze badawczej i pomiarowej oraz medycynie hybrydowe systemy inspekcji do kontroli jakości wyrobów wykorzystujące metody wizyjne oraz termowizję	
		w	P	w	P	w	P	w	P	w	P	w	P
Potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa)	↑	4,3	0,3	4,3	0,4	4,0	0,3	4,0	0,4	3,7	0,4	4,7	0,4
	→	0,3	0,5	1,7	0,3	-0,3	0,5	0,7	0,4	1,3	0,4	0,7	0,4
	↓	-3,7	0,2	-3,0	0,3	-3,3	0,2	-4,0	0,2	-2,3	0,2	-4,7	0,2
Ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego w zakresie przedsiębiorczości innowacyjnej	↑	3,3	0,3	3,7	0,3	2,7	0,3	3,3	0,4	3,3	0,3	3,7	0,4
	→	0,7	0,4	1,0	0,5	1,0	0,5	0,7	0,5	1,0	0,5	1,0	0,3
	↓	-3,3	0,3	-1,7	0,2	-1,7	0,3	-2,7	0,1	-2,7	0,2	-2,3	0,3
Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe	↑	4,7	0,3	3,0	0,5	3,0	0,3	4,3	0,4	4,3	0,3	4,7	0,4
	→	0,7	0,5	1,0	0,3	0,3	0,4	0,7	0,4	0,3	0,4	0,7	0,3
	↓	-3,7	0,2	-1,3	0,2	-2,3	0,3	-3,0	0,2	-2,3	0,3	-4,0	0,3
Bilans korzyści i kosztów środowiskowych wynikających z opracowania i wdrożenia technologii	↑	2,7	0,2	2,3	0,5	1,3	0,3	3,0	0,3	2,0	0,2	3,0	0,3
	→	1,0	0,6	0,7	0,3	0,3	0,5	1,0	0,5	0,0	0,6	0,0	0,6
	↓	-2,3	0,2	-2,0	0,2	-1,0	0,2	-2,3	0,2	-1,3	0,2	-2,3	0,1
Potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa)	↑	4,3	0,5	4,7	0,6	4,7	0,5	4,7	0,4	3,7	0,5	4,0	0,4
	→	0,7	0,3	1,7	0,3	1,3	0,4	1,7	0,4	0,7	0,4	1,3	0,4
	↓	-3,7	0,2	-3,7	0,1	-4,3	0,1	-3,0	0,2	-2,7	0,1	-2,7	0,2
Ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego w zakresie przedsiębiorczości innowacyjnej	↑	4,0	0,4	4,0	0,5	4,7	0,5	4,3	0,4	4,3	0,4	4,3	0,4
	→	0,7	0,5	1,0	0,3	0,7	0,3	0,7	0,4	0,3	0,4	1,0	0,4
	↓	-3,0	0,1	-3,0	0,2	-4,0	0,2	-3,3	0,2	-2,7	0,2	-3,7	0,2
Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe	↑	4,3	0,3	4,7	0,5	4,3	0,5	4,0	0,2	4,0	0,2	3,3	0,3
	→	1,0	0,5	2,0	0,3	1,3	0,4	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,5
	↓	-0,7	0,2	-0,3	0,2	-4,0	0,1	-3,0	0,2	0,0	0,2	-2,7	0,2
Bilans korzyści i kosztów środowiskowych wynikających z opracowania i wdrożenia technologii	↑	3,3	0,4	3,3	0,5	3,3	0,5	2,7	0,2	4,3	0,5	3,7	0,4
	→	0,3	0,4	0,3	0,3	0,0	0,4	0,0	0,6	1,0	0,3	0,7	0,3
	↓	-2,3	0,2	-2,7	0,2	-2,7	0,1	-2,3	0,2	-2,7	0,2	-2,7	0,3

Tab. 4. Średnia wyników analizy wpływu czynników kluczowych na grupy technologii (w – siła wpływu czynnika na technologię, P – prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji rozwojowej czynnika (wzrostowa↑, stała→, spadkowa↓))

		Technologie i systemy optomechatroniczne		Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne		Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki i sterowania	
		w	P	w	P	w	P
Potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa)	↑	4,7	0,6	4,2	0,6	4	0,6
	→	-0,6	0,3	0,3	0,3	0	0,3
	↓	-3,1	0,1	-3,3	0,1	-3,7	0,1
Ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego w zakresie przedsiębiorczości innowacyjnej	↑	4	0,4	3,6	0,4	4	0,4
	→	0,3	0,4	0,1	0,4	0,6	0,4
	↓	-3,4	0,2	-2,8	0,2	-3,6	0,2
Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe	↑	4,4	0,3	4,1	0,4	4	0,4
	→	0,8	0,4	0,7	0,4	0,8	0,4
	↓	-2,4	0,3	-2,3	0,2	-2,7	0,2
Bilans korzyści i kosztów środowiskowych wynikających z opracowania i wdrożenia technologii	↑	3,4	0,4	3,4	0,5	3,4	0,5
	→	0,1	0,4	0,4	0,3	0,1	0,4
	↓	-2,3	0,2	-2,3	0,2	-2,1	0,1

#### 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:

**Scenariusz dynamicznego rozwoju**

- Tendencja wzrostowa czynników
- Wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji

**Scenariusz stabilizacji**

- Tendencja stała czynników przy wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tendencji
- oraz
- Tendencje wzrostowa i spadkowa czynników przy niskim prawdopodobieństwie wystąpienia tych tendencji

**Scenariusz zapaści**

- Tendencja spadkowa czynników
- Wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji

W dalszej części raportu zaprezentowano wstępne scenariusze opracowane dla obszaru technologii mechatronicznych i systemów sterowania, w dwóch wariantach.

## Grupy technologii oraz technologie przyrostowe i wyłaniające się wytypowane w obszarze technologii mechatronicznych i systemów sterowania

### 1. Technologie i systemy opto-mechatroniczne

Technologie przyrostowe	Technologie wyłaniające się
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stereowizyjne systemy monitorowania procesów destrukcji materiałów i konstrukcji</li> <li>• Systemy monitorowania wytwarzania zespołów materiałowych z wykorzystaniem metody wizyjnej i termowizji</li> <li>• Mobilne wielozadaniowe roboty inspekcyjne</li> <li>• Hybrydowe systemy inspekcji do kontroli jakości wyrobów wykorzystujące metody wizyjne oraz termowizję</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soczewki płynne zmieniające swoją ogniskową do zastosowań w układach optycznych z funkcją adaptacji</li> <li>• Mikrozwierciadła w technologiach optoelektronicznych przeznaczone do zastosowań w aparaturze badawczej i pomiarowej oraz medycynie</li> </ul>

### 2. Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne

Technologie przyrostowe	Technologie wyłaniające się
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Roboty do rehabilitacji ruchowej wykorzystujące zaawansowane komputerowe systemy sterowania</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nanopozycjonery jako układy wykonawcze na potrzeby badań i eksperymentalnych technologii w skali nano</li> <li>• Hybrydy biomechatroniczne będące połączeniem organizmów żywych lub struktur biologicznych oraz układów mechatronicznych do zastosowań specjalnych</li> <li>• Roboty przemysłowe z funkcjami rekonfiguracji i adaptacji do realizowanych zadań</li> </ul>

### 3. Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki i sterowania

Technologie przyrostowe	Technologie wyłaniające się
<ul style="list-style-type: none"> <li>• System telemonitoringu maszyn i linii technologicznych wykorzystujący sieć Intranet/ Internet</li> <li>• Systemy sterowania urządzeń przemysłowych z tolerancją uszkodzeń w torach przesyłania danych</li> <li>• Hybrydowe systemy sterowania z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfejs człowiek–komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów wytwarzania i eksploatacji</li> </ul>

## Przesłanki budowy scenariuszy

Do opracowania wstępnych scenariuszy wykorzystano wyniki analizy wpływu następujących czynników kluczowych:

- a – potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa);*
- b – ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego w zakresie przedsiębiorczości innowacyjnej;*

*c – krajowe priorytety badawczo-rozwojowe;*  
*d – bilans korzyści i kosztów środowiskowych wynikających z opracowania i wdrożenia technologii*

na poszczególne technologie (przyrostowe i wyłaniające się) oraz grupy technologii.

## 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.

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

- Założenie 1. Tendencja wzrostowa czynnika *potencjał badawczy i technologiczny* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.
- Założenie 2. Tendencja wzrostowa czynnika *ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.
- Założenie 3. Tendencja wzrostowa czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.
- Założenie 4. Tendencja wzrostowa czynnika *bilans korzyści i kosztów środowiskowych* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.
- Założenie 5. Tendencja stała czynnika *potencjał zasoby kadry naukowej, badawczej i technicznej* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.
- Założenie 6. Tendencja stała czynnika *ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.
- Założenie 7. Tendencja stała czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.
- Założenie 8. Tendencja stała czynnika *bilans korzyści i kosztów środowiskowych* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.

## SCENARIUSZ OPTYMISTYCZNY najbardziej prawdopodobny

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

Największy pozytywny wpływ na rozwój technologii mają czynniki naukowo-technologiczne (*potencjał badawczy i technologiczny* i *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe*) i polityczno-prawne (*ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego*). Wpływ czynnika o charakterze środowiskowym (*bilans korzyści i kosztów środowiskowych*) jest nieco mniejszy.

Przy tendencji wzrostowej *potencjału badawczego i technologicznego* równomiernie będą rozwijane wszystkie 3 grupy technologii uwzględnione w obszarze technologii mechatronicznych i systemów sterowania:

- **Grupa 1: Technologie i systemy optomechatroniczne,**
- **Grupa 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne,**
- **Grupa 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki i sterowania.**

Jeśli zwiększą się *ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego*, rozwijane będą 2 grupy technologii:

- **Grupa 1: Technologie i systemy optomechatroniczne**, w szczególności:
  - Mobilne wielozadaniowe roboty inspekcyjne;
- **Grupa 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne:**
  - Roboty do rehabilitacji ruchowej wykorzystujące zaawansowane komputerowe systemy sterowania.

Przy tendencji wzrostowej czynnika kluczowego *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* będą rozwijane wszystkie technologie **Grupy 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne** i **Grupy 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki i sterowania**. Natomiast w ramach **Grupy 1: Technologie i systemy optomechatroniczne** będą rozwijane w szczególności:

- Mobilne wielozadaniowe roboty inspekcyjne oraz
- Mikrozwierciadła w technologiach optoelektronicznych przeznaczone do zastosowań w aparaturze badawczej i pomiarowej oraz medycynie.

Tendencja wzrostowa czynnika kluczowego *bilans korzyści i kosztów środowiskowych* wpłynie pozytywnie na rozwój grup technologii 1 i 3:

- **Grupa 1: Technologie i systemy opto-mechatroniczne**, w tym głównie:
  - Mobilne wielozadaniowe roboty inspekcyjne;
- **Grupa 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki i sterowania:**
  - System sterowania urządzeń przemysłowych z tolerancją uszkodzeń w torach przesyłania danych oraz
  - Interfejs człowiek–komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów wytwarzania i eksploatacji.

Jeśli *ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego* pozostaną na tym samym poziomie, to wpłynie to stymulująco na rozwój technologii **Grupy 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki i sterowania**.

W przypadku gdy *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* pozostaną bez zmian, będą prowadzone prace ukierunkowane na rozwój technologii:

- **Grupy 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne,**
- **Grupy 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki i sterowania,** natomiast prace badawczo-rozwojowe prowadzone w **Grupie 1: Technologie i systemy optomechatroniczne** będą ukierunkowane na:
  - Systemy monitorowania wytwarzania zespołów materiałowych z wykorzystaniem metody wizyjnej i termowizji.

Tendencja stała czynnika *bilans korzyści i kosztów środowiskowych* stworzy korzystne warunki dla rozwoju technologii **Grupy 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne** oraz wybranych rozwiązań wytypowanych w ramach **Grupy 1: Technologie i systemy optomechatroniczne**, tj.:

- Soczewki płynne zmieniające swoją ogniskową do zastosowań w układach optycznych z funkcją adaptacji,
- Mikrozwierciadła w technologiach optoelektronicznych przeznaczone do zastosowań w aparaturze badawczej i pomiarowej oraz medycynie,

- System monitorowania wytwarzania zespołów materiałowych z wykorzystaniem metody wizyjnej i termowizji.

W analizie wpływu czynników kluczowych na rozwój grup technologii w obszarze technologii mechatronicznych i systemów sterowania za najbardziej prawdopodobne uznano wystąpienie tendencji wzrostowej wszystkich czynników. Natomiast w analizie wpływu czynników kluczowych na rozwój poszczególnych technologii przyrostowych i wyłaniających się w tym obszarze za najbardziej prawdopodobne uznano wystąpienie tendencji wzrostowej *potencjału badawczego i technologicznego (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa), ułatwień w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego w zakresie przedsiębiorczości innowacyjnej oraz tendencji stałych czynników kluczowych – krajowe priorytety badawczo-rozwojowych i bilans korzyści i kosztów środowiskowych wynikających z opracowania i wdrożenia technologii.*

### SCENARIUSZ OPTYMISTYCZNY mało prawdopodobny

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

Ekspert wskazał, że tendencja wzrostowa *potencjału badawczego i technologicznego* wystąpi z małym prawdopodobieństwem w odniesieniu do grup:

- **Grupa 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne:**
  - Hybrydy biomechatroniczne będące połączeniem organizmów żywych lub struktur biologicznych oraz układów mechatronicznych do zastosowań specjalnych.
- **Grupa 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki sterowania:**
  - Interfejs człowiek–komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów wytwarzania i eksploatacji

Pojawienie się większej liczby *ułatwień w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego* wystąpi z małym prawdopodobieństwem w odniesieniu do **Grupy 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki sterowania**, w tym szczególnie tematyki:

- Interfejs człowiek–komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów wytwarzania i eksploatacji.

Tendencja wzrostowa czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* wystąpi z małym prawdopodobieństwem w odniesieniu do technologii:

- **Grupa 1: Technologie i systemy optomechatroniczne.**

W przypadku **Grupy 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne** tendencja wzrostowa czynnika *c* wystąpi z małym prawdopodobieństwem, głównie w odniesieniu do technologii:

- Hybrydy biomechatroniczne będące połączeniem organizmów żywych lub struktur biologicznych oraz układów mechatronicznych do zastosowań specjalnych.

W **Grupie 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki i sterowania** tendencja wzrostowa czynnika *c* wystąpi z małym prawdopodobieństwem, przede wszystkim w odniesieniu do technologii:

- Interfejs człowiek–komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów wytwarzania i eksploatacji.

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

Założenie 1. Tendencja spadkowa czynnika *potencjał badawczy i technologiczny* ma negatywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.

- Założenie 2. Tendencja spadkowa czynnika *ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego* wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.
- Założenie 3. Tendencja spadkowa czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* ma negatywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.
- Założenie 4. Tendencja spadkowa *bilans korzyści i kosztów środowiskowych* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.

### SCENARIUSZ PESYMISTYCZNY najbardziej prawdopodobny

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

Jednak przeprowadzona konsultacja ekspercka wykazała, iż nie przydzielono 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.

Tendencja spadkowa *potencjału badawczego i technologicznego* oraz poziomu *ułatwień w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego* ma najbardziej negatywny wpływ na dynamikę rozwoju wszystkich grup technologii, w tym w największym stopniu ogranicza rozwój technologii **Grupy 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki sterowania.**

Mniejsza liczba *krajowych priorytetów badawczo-rozwojowych* oraz niekorzystny *bilans korzyści i kosztów środowiskowych* mają negatywny wpływ na dynamikę rozwoju prac B+R w ramach **Grup 1, 2 i 3**, w tym w szczególności na następujące kierunki badawcze:

- **Grupa 1: Technologie i systemy optomechatroniczne:**
  - Mikrozwierciadła w technologiach optoelektronicznych przeznaczone do zastosowań w aparaturze badawczej i pomiarowej oraz medycynie,
  - Hybrydy biomechatroniczne będące połączeniem organizmów żywych lub struktur biologicznych oraz układów mechatronicznych do zastosowań specjalnych.
- **Grupa 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne:**
  - Roboty do rehabilitacji ruchowej wykorzystujące zaawansowane komputerowe systemy sterowania.

## WARIANT 2

Drugi wariant budowy scenariuszy w obszarze technologii mechatronicznych i systemów sterowania zakłada wystąpienie następujących scenariuszy rozwoju technologicznego:

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

## SCENARIUSZ DYNAMICZNEGO ROZWOJU

Sformułowano następujące założenia do budowy SCENARIUSZA DYNAMICZNEGO ROZWOJU:

- Założenie 1. Tendencja wzrostowa czynnika *potencjał badawczy i technologiczny* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.
- Założenie 2. Tendencja wzrostowa czynnika *ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.
- Założenie 3. Tendencja wzrostowa czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.
- Założenie 4. Tendencja wzrostowa czynnika *bilans korzyści i kosztów środowiskowych* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania.

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

W analizie wpływu czynników kluczowych na rozwój grup technologii w obszarze technologii mechatronicznych i systemów sterowania za najbardziej prawdopodobne uznano wystąpienie tendencji wzrostowej wszystkich czynników.

Przy tendencji wzrostowej *potencjału badawczego i technologicznego* równomiernie będą rozwijane wszystkie 3 wytypowane w projekcie grupy technologii: Technologie i systemy optomechatroniczne, Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne, Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki i sterowania.

Większa liczba *ułatwień w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego* spowoduje, że rozwijane będą następujące grupy technologii:

- **Grupa 1: Technologie i systemy optomechatroniczne**, w szczególności:
  - Mobilne wielozadaniowe roboty inspekcyjne.
- **Grupa 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne**:
  - Roboty do rehabilitacji ruchowej wykorzystujące zaawansowane komputerowe systemy sterowania.

W sytuacji zwiększenia liczby *krajowych priorytetów badawczo-rozwojowych* będą rozwijane wszystkie technologie **Grupy 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne** i **Grupy 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki i sterowania**. Natomiast w ramach **Grupy 1: Technologie i systemy optomechatroniczne** będą rozwijane, w szczególności:

- Mobilne wielozadaniowe roboty inspekcyjne oraz
- Mikrozwierciadła w technologiach optoelektronicznych przeznaczone do zastosowań w aparaturze badawczej i pomiarowej oraz medycynie.

Korzystny *bilans korzyści i kosztów środowiskowych* wpłynie pozytywnie na rozwój grup technologii 1 i 3. Wyniki analizy wskazują, że:

- w **Grupie 1: Technologie i systemy optomechatroniczne** będą głównie rozwijane:
  - Mobilne wielozadaniowe roboty inspekcyjne,
- w **Grupie 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki i sterowania** będą głównie rozwijane następujące technologie:
  - Systemy sterowania urządzeń przemysłowych z tolerancją uszkodzeń w torach przesyłania danych,
  - Interfejs człowiek-komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów wytwarzania i eksploatacji.

## SCENARIUSZ STABILIZACJI

Scenariusz stabilizacji charakteryzuje tendencja stała czynników przy wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tej tendencji, a także tendencja wzrostowa i spadkowa czynników przy niskim prawdopodobieństwie wystąpienia tych tendencji.

Eksperti wskazali, że zwiększenie *potencjału badawczego i technologicznego* wystąpi z małym prawdopodobieństwem w odniesieniu do:

- **Grupy 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne:**
  - Hybrydy biomechatroniczne będące połączeniem organizmów żywych lub struktur biologicznych oraz układów mechatronicznych do zastosowań specjalnych.
- **Grupy 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki sterowania:**
  - Interfejs człowiek–komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów wytwarzania i eksploatacji.

Natomiast zwiększenie poziomu *ułatwień w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego* wystąpi z małym prawdopodobieństwem w odniesieniu do:

- **Grupy 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki sterowania:**
  - Interfejs człowiek–komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów wytwarzania i eksploatacji.

Zwiększenie liczby *krajowych priorytetów badawczo-rozwojowych* w obszarze technologii mechatronicznych i systemów sterowania wystąpi z małym prawdopodobieństwem w odniesieniu do technologii **Grupy 1: Technologie i systemy opto-mechatroniczne.**

W przypadku **Grupy 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne** tendencja wzrostowa wymienionego czynnika wystąpi z małym prawdopodobieństwem głównie w odniesieniu do technologii:

- Hybrydy biomechatroniczne będące połączeniem organizmów żywych lub struktur biologicznych oraz układów mechatronicznych do zastosowań specjalnych.

W **Grupie 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki i sterowania** tendencja wzrostowa tego samego czynnika wystąpi z małym prawdopodobieństwem, przede wszystkim w odniesieniu do technologii:

- Interfejs człowiek–komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów wytwarzania i eksploatacji.

Scenariusz przewiduje, że *potencjał badawczy i technologiczny* nie zmieni się dla technologii:

- **Grupy 1: Technologie i systemy optomechatroniczne:**
  - Mikrozwierciadła w technologiach optoelektronicznych przeznaczone do zastosowań w aparaturze badawczej i pomiarowej oraz medycynie.
- **Grupy 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne:**
  - Nanopozycjonery jako układy wykonawcze na potrzeby badań i eksperymentalnych technologii w skali nano,
  - Hybrydy biomechatroniczne będące połączeniem organizmów żywych lub struktur biologicznych oraz układów mechatronicznych do zastosowań specjalnych.

Wystąpi brak zmian w zakresie *ułatwień w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego* dla technologii:

- **Grupy 1: Technologie i systemy optomechatroniczne:**
  - Systemy monitorowania wytwarzania zespołów materiałowych z wykorzystaniem metody wizyjnej i termowizji,

- **Grupy 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki i sterowania:**
  - Systemy sterowania urządzeń przemysłowych z tolerancją uszkodzeń w torach przesyłania danych,
  - System telemonitoringu maszyn i linii technologicznych wykorzystujący sieć Intranet/ Internet.

Krajowe *priority* badawczo-rozwojowe pozostaną bez zmian w przypadku:

- **Grupy 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne:**
  - Roboty przemysłowe z funkcjami rekonfiguracji i adaptacji do realizowanych zadań.

*Bilans korzyści i kosztów środowiskowych* pozostanie na tym samym poziomie dla:

- **Grupy 1: Technologie i systemy optomechatroniczne:**
  - Soczewki płynne zmieniające swoją ogniskową do zastosowań w układach optycznych z funkcją adaptacji.
- **Grupy 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne:**
  - Nanopozycjonery jako układy wykonawcze na potrzeby badań i eksperymentalnych technologii w skali nano.

Zmniejszenie *potencjału badawczego i technologicznego* oraz spadek poziomu *ułatwień w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego* negatywnie wpływa na dynamikę rozwoju wszystkich grup technologii, przy czym w największym stopniu ogranicza rozwój **Grupy 3: Technologie teleinformatyczne oraz systemy diagnostyki sterowania.**

Spadek liczby krajowych *priority* badawczo-rozwojowych w zakresie technologii mechatronicznych i systemów sterowania i niekorzystny *bilans korzyści i kosztów środowiskowych* mają negatywny wpływ na dynamikę rozwoju prac B+R w ramach grup 1, 2 i 3:

- **Grupa 1: Technologie i systemy optomechatroniczne:**
  - Mikrozwierciadła w technologiach optoelektronicznych przeznaczone do zastosowań w aparaturze badawczej i pomiarowej oraz medycynie,
- **Grupa 2: Specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne:**
  - Hybrydy biomechatroniczne będące połączeniem organizmów żywych lub struktur biologicznych oraz układów mechatronicznych do zastosowań specjalnych,
  - Roboty do rehabilitacji ruchowej wykorzystujące zaawansowane komputerowe systemy sterowania.

## SCENARIUSZ ZAPAŚCI

W metodyce założono możliwość wystąpienia scenariusza zapaści, uwzględniającego skrajnie niekorzystne warunki rozwoju technologii, w wyniku wystąpienia tendencji spadkowej czynników kluczowych przy jednoczesnym dużym prawdopodobieństwie zajścia takiego zdarzenia.

Wyniki eksperckiej analizy wpływu następujących czynników kluczowych na rozwój technologii i grup technologii wskazują, że wystąpienie jednoczesnej skrajnie spadkowej tendencji wymienionych czynników jest bardzo mało prawdopodobne. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki, nie przewidziano scenariusza zapaści.

Przeprowadzona analiza wstępnych scenariuszy rozwoju opracowanych z uwzględnieniem założeń dwóch proponowanych wariantów budowy scenariuszy i dyskusje z ekspertami ds. metodyki foresight stworzyły podstawę do realizacji prac w ramach zaproponowanego drugiego wariantu budowy scenariuszy. Wariant ten uwzględnia charakterystyczne cechy scenariuszy – dynamicznego rozwoju, stabilizacji i zapaści. Na etapie opracowania finalnych scenariuszy rozwoju uwzględniono scenariusze pozytywne, zapewniające realizację idei zrównoważonego rozwoju, a mianowicie: scenariusz 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 wstępnych scenariuszy uwzględniających wpływ czynników kluczowych zidentyfikowanych dla danego obszaru tematycznego na technologie i grupy technologii uwzględnione w tym obszarze, kolejny etap prac nad opracowaniem scenariuszy zakładał wykorzystanie wyników zadań Z1 „Mapy technologii” oraz Z3 „Mocne i słabe strony”.

Wykorzystano listę priorytetowych technologii, opracowaną w ramach zadania Z1 „Mapy technologii”:

- T1.** Nanopozycjonery jako układy wykonawcze na potrzeby badań i eksperymentalnych technologii w skali nano
- T2.** Soczewki płynne zmieniające swoją ogniskową do zastosowań w układach optycznych z funkcją adaptacji
- T3.** Mikrozwierciadła w technologiach optoelektronicznych przeznaczone do zastosowań w aparaturze badawczej i pomiarowej oraz medycynie
- T4.** Roboty do rehabilitacji ruchowej wykorzystujące zaawansowane komputerowe systemy sterowania
- T5.** Stereowizyjny system monitorowania procesów destrukcji materiałów i konstrukcji
- T6.** Hybrydy biomechatroniczne będące połączeniem organizmów żywych lub struktur biologicznych oraz układów mechatronicznych do zastosowań specjalnych
- T7.** Roboty przemysłowe z funkcjami rekonfiguracji i adaptacji do realizowanych zadań
- T8.** System monitorowania wytwarzania zespołów materiałowych z wykorzystaniem metody wizyjnej i termowizji
- T9.** Mobilne wielozadaniowe roboty inspekcyjne
- T10.** Interfejs człowiek–komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów wytwarzania i eksploatacji
- T11.** System telemonitoringu maszyn i linii technologicznych wykorzystujący sieć Intranet/Internet
- T12.** System sterowania urządzeń przemysłowych z tolerancją uszkodzeń w torach przesyłania danych
- T13.** Hybrydowe systemy inspekcji do kontroli jakości wyrobów wykorzystujące metody wizyjne oraz termowizję
- T14.** Hybrydowy system sterowania z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji

Technologie oceniono według następujących kryteriów: zrównoważony rozwój (obejmujący subkryteria: efekty ekologiczne, ekonomiczne i społeczne) oraz generyczność technologii (uwzględniającą poziom interdyscyplinarności rozwiązań)<sup>5</sup> (tab. 4).

Tab. 4. Ranking technologii mechatronicznych i systemów sterowania opracowany na podstawie uśrednionych wyników priorytetyzacji technologii w tym obszarze

Technologie		Rodzaj technologii (przyrostowa P, wyłaniająca się W)	Kryterium zrównoważonego rozwoju i interdyscyplinarności
T14.	Hybrydowy system sterowania z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji	P	66,2
T13.	Hybrydowe systemy inspekcji do kontroli jakości wyrobów wykorzystujące metody wizyjne oraz termowizję	P	59,7
T12.	System sterowania urządzeń przemysłowych z tolerancją uszkodzeń w torach przesyłania danych	P	59
T11.	System telemonitoringu maszyn i linii technologicznych wykorzystujący sieć Intranet/Internet	P	55
T.10	Interfejs człowiek–komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów wytwarzania i eksploatacji	W	54
T9.	Mobilne wielozadaniowe roboty inspekcyjne	P	47,7
T8.	System monitorowania wytwarzania zespołów materiałowych z wykorzystaniem metody wizyjnej i termowizji	P	46,7
T7.	Roboty przemysłowe z funkcjami rekonfiguracji i adaptacji do realizowanych zadań	W	42,5
T6.	Hybrydy biomechatroniczne będące połączeniem organizmów żywych lub struktur biologicznych oraz układów mechatronicznych do zastosowań specjalnych	W	37,5
T5.	Stereowizyjny system monitorowania procesów destrukcji materiałów i konstrukcji	P	33
T4.	Roboty do rehabilitacji ruchowej wykorzystujące zaawansowane komputerowe systemy sterowania	P	28,7
T3.	Mikrozwierciadła w technologiach optoelektronicznych przeznaczone do zastosowań w aparaturze badawczej i pomiarowej oraz medycynie	W	28,7
T2.	Soczewki płynne zmieniające swoją ogniskową do zastosowań w układach optycznych z funkcją adaptacji	W	28,5
T1.	Nanopozycjonery jako układy wykonawcze na potrzeby badań i eksperymentalnych technologii w skali nano	W	27,7

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).

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

Technologie z przypisanym im poziomem priorytetowości porównano z wynikami użytymi 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. 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. W trakcie prowadzonych przez uczestników panelu eksperckiego analiz 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 mechatronicznych i systemów sterowania.

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

Tab. 5. Ranking technologii mechatronicznych i systemów sterowania 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
T11. System telemonitoringu maszyn i linii technologicznych wykorzystujący sieć Intranet/Internet	P	9,0
T10. Interfejs człowiek–komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów wytwarzania i eksploatacji	W	9,0
T1. Nanopozycjonery jako układy wykonawcze na potrzeby badań i eksperymentalnych technologii w skali nano	W	7,75
T14. Hybrydowy system sterowania z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji	P	7,25
T13. Hybrydowe systemy inspekcji do kontroli jakości wyrobów wykorzystujące metody wizyjne oraz termowizję	P	7,0
T12. System sterowania urządzeń przemysłowych z tolerancją uszkodzeń w torach przesyłania danych	P	7,0
T8. System monitorowania wytwarzania zespołów materiałowych z wykorzystaniem metody wizyjnej i termowizji	P	7,0
T5. Stereowizyjny system monitorowania procesów destrukcji materiałów i konstrukcji	P	7,0
T3. Mikrozwierciadła w technologiach optoelektronicznych przeznaczone do zastosowań w aparaturze badawczej i pomiarowej oraz medycynie	W	7,0
T2. Soczewki płynne zmieniające swoją ogniskową do zastosowań w układach optycznych z funkcją adaptacji	W	7,0
T9. Mobilne wielozadaniowe roboty inspekcyjne	P	6,5
T6. Hybrydy biomechatroniczne będące połączeniem organizmów żywych lub struktur biologicznych oraz układów mechatronicznych do zastosowań specjalnych	W	5,0
T4. Roboty do rehabilitacji ruchowej wykorzystujące zaawansowane komputerowe systemy sterowania	P	5,0
T7. Roboty przemysłowe z funkcjami rekonfiguracji i adaptacji do realizowanych zadań	W	4,74

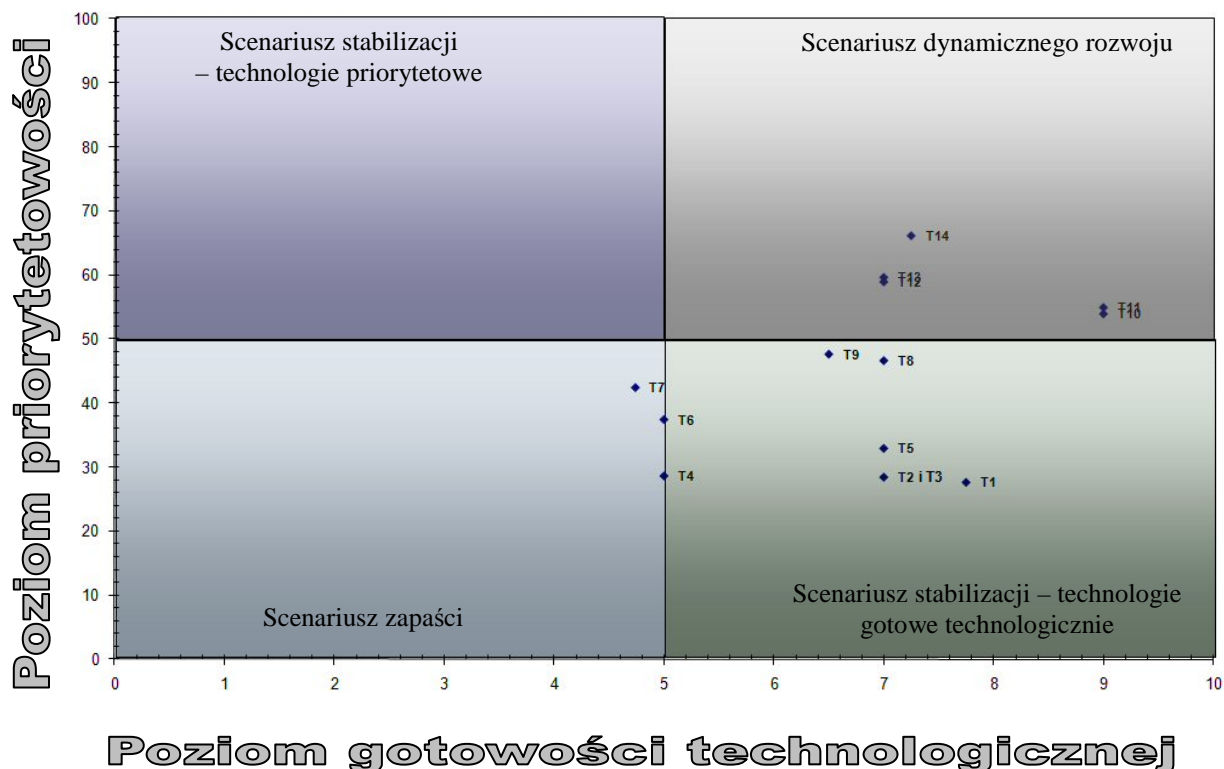
Źródło: opracowanie własne

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

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

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

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



Rys. 4. Macierz zależności pomiędzy poziomem priorytetowości i gotowości technologicznej technologii w obszarze technologii mechatronicznych i systemów sterowania  
 Źródło: opracowanie własne

Na podstawie uzyskanych końcowych rezultatów przeprowadzonych analiz opracowano scenariusze finalne rozwoju w obszarze technologii mechatronicznych i systemów sterowania. Wykorzystując macierz zależności (rys. 4), przedstawiono wytypowane technologie na tle obszarów odpowiadających scenariuszom rozwoju, w kontekście ich poziomów priorytetowości i gotowości technologicznej.

Konfrontacji poddano:

- a) technologie o wysokim priorytecie i wysokim poziomie gotowości technologicznej rozwoju w odniesieniu do scenariusza dynamicznego rozwoju,
- b) technologie o wysokim priorytecie i niskim poziomie gotowości technologicznej rozwoju w odniesieniu do scenariusza stabilizacji,
- c) technologie o niskim priorytecie, w przypadku których występuje na wysokim poziomie gotowość technologiczna rozwoju w odniesieniu do scenariusza stabilizacji.

## Scenariusze rozwoju w obszarze technologii mechatronicznych i systemów sterowania

Na podstawie wyników analiz opracowano scenariusze finalne: scenariusz dynamicznego rozwoju oraz scenariusz stabilizacji.

### Scenariusz dynamicznego rozwoju

Scenariusz dynamicznego rozwoju charakteryzują:

- tendencja wzrostowa następujących czynników kluczowych (przy wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tendencji):
  - a – potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa);*
  - b – ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego w zakresie przedsiębiorczości innowacyjnej;*
  - c – krajowe priorytety badawczo-rozwojowe;*
  - d – bilans korzyści i kosztów środowiskowych wynikających z opracowania i wdrożenia technologii;*
- wysoki priorytet technologii;
- wysoki poziom gotowości technologicznej technologii.

W obszarze technologii mechatronicznych i systemów sterowania opracowywane i doskonalone są zaawansowane, w coraz większym stopniu, innowacyjne rozwiązania przeznaczone do aplikacji charakteryzujących się wysokim poziomem specjalizacji. Rozwijane technologie cechuje wysoki poziom interdyscyplinarności wykorzystywanej wiedzy na etapie prac badawczych, jak również transferu do przemysłu. Warunkiem koniecznym zapewnienia ich skutecznego i dynamicznego rozwoju jest odpowiednio wysoki potencjał kadrowy, infrastrukturalny i finansowy. Efekty rozwoju w obszarze technologii mają pozytywny wpływ na gospodarkę, szczególnie w wymiarze ekonomicznym i społecznym. Wdrażanie innowacyjnych rozwiązań technologicznych przyczynia się także do korzystnych zmian w aspekcie ekologicznym.

W grupie czynników naukowo-technologicznych najsilniejsze oddziaływanie mają: potencjał badawczy i technologiczny, a następnie ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego w zakresie przedsiębiorczości innowacyjnej oraz krajowe priorytety badawczo-rozwojowe. Ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego nabierają coraz większego znaczenia, zwłaszcza w sytuacji pozyskiwania środków i tworzenia konsorcjów do realizacji zaawansowanych przedsięwzięć. Wpływ tego czynnika jest szczególnie istotny w przypadku rozwoju innowacyjnych technologii adresowanych do wytypowanych odbiorców przemysłowych na potrzeby zaawansowanej i wysokowydajnej kontroli jakości wyrobów. W grupie czynników środowiskowych główną rolę odgrywa bilans korzyści i kosztów środowiskowych wynikających z opracowania i wdrożenia technologii.

Rozwój technologii przebiega zgodnie z modelem „technology push” uwzględniającym możliwości wykonawcze (potencjał wykonawczy) realizatora. Rozwój tych technologii stanowi zazwyczaj wtórny efekt dynamicznego rozwoju technologii produktowych i procesowych ukierunkowanych na masowe wytwarzanie nowej generacji innowacyjnych wyrobów. Stąd mieszczą się one w obrębie wysokiego poziomu gotowości technologicznej.

Dynamiczny rozwój obejmuje zarówno technologie przyrostowe, jak i wyłaniające się, charakteryzujące się stosunkowo wysokim priorytetem dla rozwoju gospodarki (przede wszystkim technologie przyrostowe) oraz wysokim poziomem gotowości technologicznej. Rozwój technologii przyrostowych ukierunkowany jest na stopniowe doskonalenie istniejących rozwiązań poprzez systematyczne wdrażanie innowacyjnych produktów bazujących na

nowej wiedzy. Badania przyrostowe dotyczą ulepszania metod istniejących oraz opracowania rozwiązań innowacyjnych wdrożeniowo ważnych np. z punktu widzenia przedsiębiorstwa czy branży przemysłowej. Badania przyrostowe prowadzone są w obrębie specjalizowanych technologii i urządzeń mechatronicznych oraz technologii teleinformatycznych i systemów diagnostyki i sterowania, w szczególności dotyczących systemów sterowania urządzeń przemysłowych z tolerancją uszkodzeń w torach przesyłania danych.

Rozwijane technologie wyłaniające się prezentują nowatorskie innowacje techniczne, które cechuje „skokowy” rozwój w danym obszarze wiedzy i praktyki stwarzający możliwość uzyskania przewagi konkurencyjnej. Obejmują one przede wszystkim specjalizowane technologie i urządzenia mechatroniczne oraz technologie teleinformatyczne i systemy diagnostyki i sterowania, w których czołowym przykładem jest rozwój interfejsów człowiek–komputer z funkcją sterowania głosem do zastosowań w systemach sterowania procesów wytwarzania i eksploatacji.

### **Scenariusz stabilizacji rozwoju technologii**

Scenariusz stabilizacji rozwoju technologii charakteryzują:

- tendencja stała następujących czynników (przy wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tej tendencji):
  - a – potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa);*
  - b – ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego w zakresie przedsiębiorczości innowacyjnej;*
  - c – krajowe priorytety badawczo-rozwojowe;*
  - d – bilans korzyści i kosztów środowiskowych wynikających z opracowania i wdrożenia technologii;*
- tendencja wzrostowa i spadkowa wymienionych czynników przy niskim prawdopodobieństwie wystąpienia tych tendencji;
- niski priorytet technologii;
- wysoki poziom gotowości technologicznej.

Rozwój technologii mechatronicznych i systemów sterowania charakteryzuje kontynuacja prac w dotychczas prowadzonych kierunkach, mała dynamika i ukierunkowanie na stopniowe doskonalenie istniejących rozwiązań poprzez systematyczne wdrażanie innowacyjnych produktów bazujących na nowej wiedzy. Kontynuowany jest rozwój technologii, które nie są uznawane za najbardziej priorytetowe z punktu widzenia ich wpływu na zrównoważony rozwój gospodarki w aspekcie środowiskowym, ekologicznym i ekonomicznym. Jednocześnie, rozwijane technologie cechuje wysoki poziom gotowości technologicznej, co zapewnia wysokie prawdopodobieństwo ich opracowania zakończonego sukcesem komercyjnym.

Najbardziej intensywny rozwój dotyczy rozwiązań z zakresu technologii i systemów optomechatronicznych, w tym przede wszystkim systemów monitorowania wytwarzania zespołów materiałowych z wykorzystaniem metody wizyjnej i termowizji oraz specjalizowanych technologii i urządzeń mechatronicznych, w tym robotów do zastosowań medycznych, wykorzystujących zaawansowane komputerowe systemy sterowania.

Rozwój technologii jest uzależniony przede wszystkim od zwiększania potencjału badawczego i technologicznego i ułatwień w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego.

### **Podsumowanie**

Efektem przeprowadzonych prac są wytypowane, najbardziej prawdopodobne scenariusze rozwoju w obszarze technologii mechatronicznych i systemów sterowania. Opracowane sce-

nariusze wskazują kierunki rozwoju technologii w omawianym obszarze z uwzględnieniem kluczowych dla tego procesu determinantów. Wytypowane scenariusze dynamicznego rozwoju oraz rozwoju w warunkach stabilizacji wskazują na bardzo pozytywne oddziaływanie tej grupy technologii na gospodarkę w wielu jej obszarach. Wysoki poziom naukowy i techniczny cechujący rozwijane technologie, ich interdyscyplinarny charakter, wielokierunkowe możliwości aplikacyjne oraz potencjalnie wysoka atrakcyjność ekonomiczna przedsięwzięć wdrożeniowych wpływają na pobudzanie inicjatywy realizatorów i przedsiębiorców. Jednocześnie, przedsięwzięcia ukierunkowane na rozwój technologii do wspomagania procesów wytwarzania i eksploatacji, w ramach zaprezentowanych scenariuszy, mogą otrzymać wysokie oceny na etapie ubiegania się o dofinansowanie ze środków publicznych.

Wyniki zrealizowanych prac badawczych wskazują, że rozwój technologii w kierunku opracowań o charakterze nowatorskim lub doskonalenia dotychczasowych rozwiązań zależy ściśle od czynników determinujących, znaczenia technologii w aspekcie strategii zrównoważonego rozwoju gospodarki oraz prezentowanego poziomu gotowości technologicznej. Zarówno w przypadku scenariusza dynamicznego rozwoju, jak i scenariusza stabilizacji rozwoju, potencjał badawczy i technologiczny realizatora oraz ułatwienia w tworzeniu partnerstwa publiczno-prywatnego w zakresie przedsiębiorczości innowacyjnej są czynnikami decydującymi o przebiegu przedsięwzięcia. Stale rosnące zapotrzebowanie ze strony przemysłu i pozostałych obszarów gospodarki na zaawansowane rozwiązania wykorzystujące technologie mechatroniczne i systemy sterowania potwierdza, że wytypowane scenariusze odpowiadają w pełni długookresowym prognozom rozwoju gospodarki.

Opracowane scenariusze stanowią jeden z głównych elementów 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.