



## **RAPORT**

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

### **Technologie proekologiczne, racjonalizacja zużycia surowców i zasobów oraz odnawialne źródła energii**

**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. Marian Grądkowski



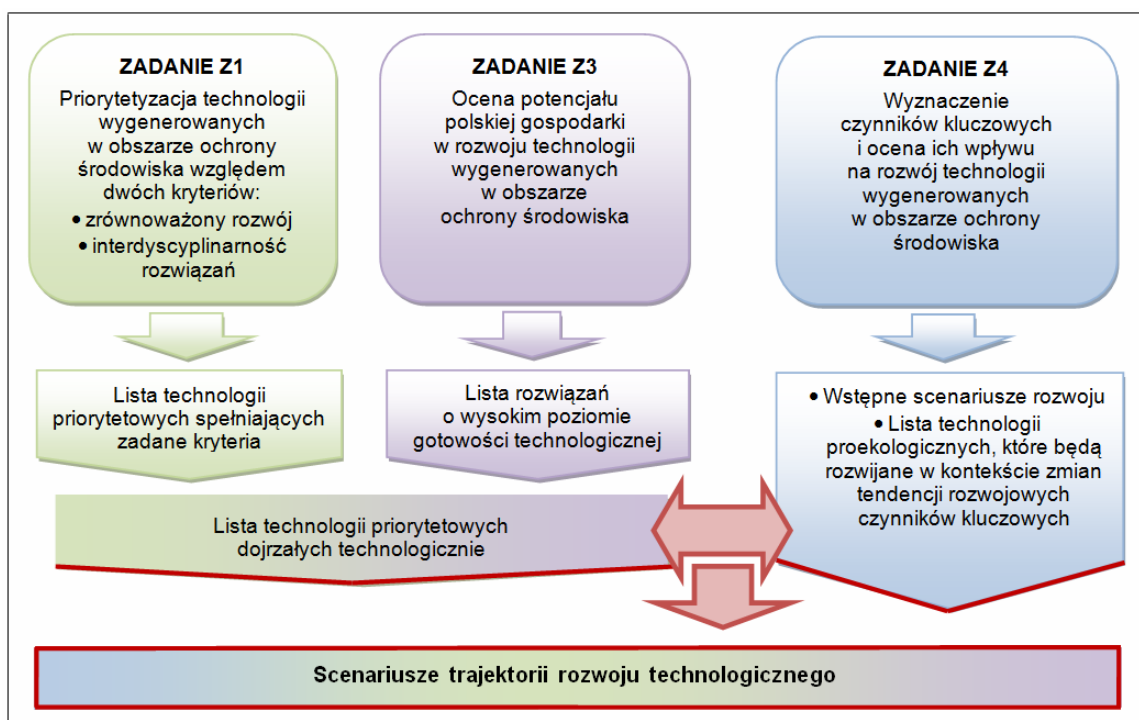
## Wprowadzenie

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”:

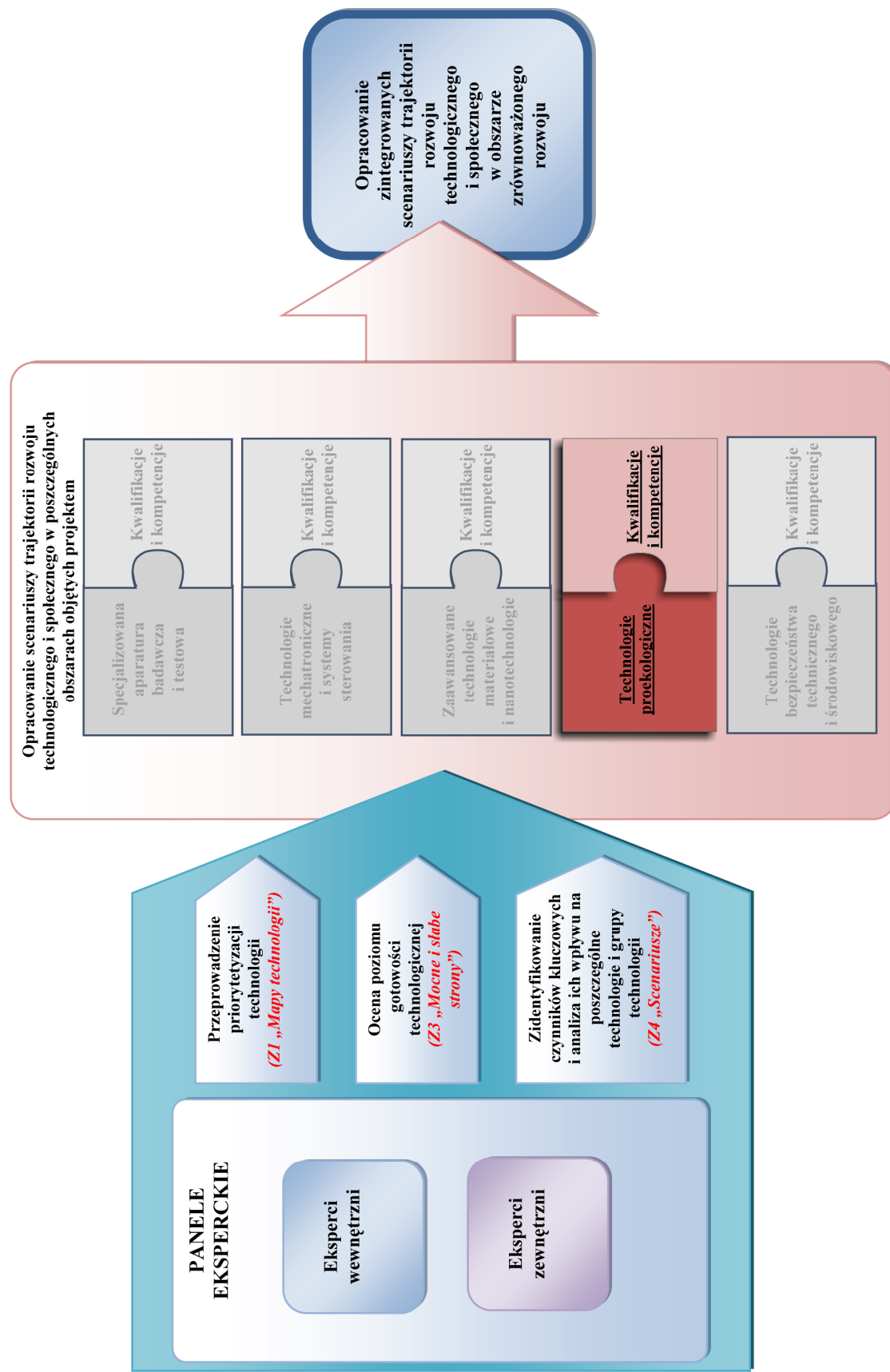
- Specjalizowana aparatura badawcza i testowa.
- Technologie mechatroniczne i systemy sterowania do wspomagania procesów wytwarzania i eksploatacji.
- Zaawansowane technologie materiałowe i nanotechnologie oraz systemy techniczne wspomagające ich projektowanie i aplikacje.
- Technologie proekologiczne, 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, dla danego obszaru tematycznego, na technologie i kierunki badawcze rozpoznane w tym obszarze. Przyjęto, że następnie 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 proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii.

### 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: społecznych, technologicznych, ekonomicznych, środowiskowych i polityczno-prawnych. Następnie listy zostały rozszerzone i zmodyfikowane przez ekspertów wewnętrznych i zewnętrznych. W obszarze tematycznym dotyczącym technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii ich wynik stanowi lista 28 czynników społeczno-organizacyjnych, 16 czynników naukowo-technologicznych, 22 czynników ekonomicznych, 14 czynników środowiskowych i 17 czynników polityczno-prawnych. Szczegółowe rezultaty tego etapu prac badawczych zaprezentowano w tab. 1.

Tab. 1. Wstępna lista czynników istotnych dla rozwoju technologii proekologicznych

Grupa czynników	Nazwa czynnika
Społeczno-organizacyjne	– Zasoby kadry naukowej
	– Struktura wieku kadry naukowej
	– Dynamika zatrudnienia młodej kadry naukowej i inżynierskiej
	– Dynamika rozwoju młodej kadry naukowej
	– Udział kadry naukowej w wymianie wiedzy w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym
	– Aktywność naukowa kadry naukowej
	– Warunki i zasady weryfikacji kadry naukowej
	– Udział ekspertów z zagranicy w realizowanych zadaniach (współpraca międzynarodowa)
	– Współpraca między uczelniami oraz uczelniami a sektorem biznesu

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poziom przygotowania kadry dydaktycznej na wszystkich poziomach kształcenia</li> <li>- Wprowadzenie nowych form kształcenia na wyższym poziomie</li> <li>- Kwalifikacje i innowacyjność kadry menażerskiej i technicznej</li> <li>- Struktura i sprawność systemu transferu wiedzy do gospodarki (w tym procesy spin-off)</li> <li>- Różnorodność dyscyplin naukowych</li> <li>- Ukierunkowanie i stabilność długofalowych działań</li> <li>- Akceptacja społeczna dla innowacyjnych technologii</li> <li>- Rozwój społeczeństwa informacyjnego</li> <li>- Rozwój społeczeństwa innowacyjnego</li> <li>- Innowacyjność i postęp technologiczny</li> <li>- Akceptacja społeczna dla innowacyjnych technologii</li> <li>- Zainteresowanie wytworami high-tech</li> <li>- Akceptacja społeczna kosztów prac B+R i rozwoju technologicznego</li> <li>- Edukacja społeczeństwa w zakresie wpływu gospodarki innowacyjnej na struktury ekonomiczne kraju</li> <li>- Poziom przygotowania kadry dydaktycznej na wszystkich poziomach kształcenia</li> <li>- Poziom wykształcenia społeczeństwa</li> <li>- Ogólna kultura pracy</li> <li>- Poziom przedsiębiorczości i innowacyjności w społeczeństwie</li> <li>- Tradycje lokalne i regionalne</li> </ul>
<b>Naukowo-technologiczne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poziom innowacyjności wyników prac rozwojowych</li> <li>- Poziom technologiczny opracowanych rozwiązań</li> <li>- Konkurencyjność rynkowa krajowych rozwiązań technologicznych</li> <li>- Potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, aparatura badawcza, infrastruktura techniczna)</li> <li>- Infrastruktura edukacyjna</li> <li>- Warunki kształcenia poprzez zaangażowanie w prace badawcze</li> <li>- Dostęp do aparatury i laboratoriów instytucji współpracujących</li> <li>- Stopień transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki</li> <li>- Ochrona wiedzy technicznej i technologicznej</li> <li>- Uwarunkowania działań aplikacyjnych</li> <li>- Zdolność przedsiębiorstw do absorpcji innowacyjnych rozwiązań</li> <li>- Wygenerowanie popytu na rozwiązania innowacyjne realizowane siłami polskiego przemysłu</li> <li>- Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe</li> <li>- Zbieżność krajowych priorytetów badawczych ze światowymi</li> <li>- Tempo wdrożenia innowacyjności w skali kraju</li> <li>- Systematyczne wdrażanie innowacyjności w skali świata</li> </ul>
<b>Ekonomiczne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poziom wydatków na sferę B+R (publicznych i prywatnych)</li> <li>- Wydatki z budżetu państwa na badania i rozwój</li> <li>- Wydatki przedsiębiorstw na badania i rozwój</li> <li>- Udział projektów realizowanych na potrzeby przemysłu</li> <li>- Poziom wdrażania rozwiązań innowacyjnych do gospodarki</li> <li>- Udział projektów realizowanych z funduszy krajowych w finansowaniu badań</li> <li>- Udział międzynarodowych projektów badawczych w finansowaniu badań</li> <li>- Koszty i weryfikacja prac B+R</li> <li>- Poziom płac w sektorze B+R</li> <li>- Zasady finansowania kadry realizującej badania</li> <li>- Koszty siły roboczej (w tym zatrudnionej poza sektorem B+R)</li> <li>- Koszty opracowania technologii</li> <li>- Koszty wdrożenia technologii</li> <li>- Koszty opracowania i wdrożenia technologii</li> <li>- Sytuacja gospodarcza państwa (i świata)</li> <li>- Warunki kredytowania innowacyjnych inwestycji</li> <li>- Warunki ekonomiczne dla przemysłu wdrażającego nowe technologie</li> <li>- System zachęt i ulg dla innowacyjnych przedsięwzięć</li> <li>- Polityka fiskalna państwa</li> <li>- Koszty korzystania ze środowiska</li> <li>- Poziom zamożności społeczeństwa</li> <li>- Poziom PKB</li> </ul>
<b>Środowiskowe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Korzyści środowiskowe wynikające z wdrożenia opracowanych technologii</li> <li>- Koszty środowiskowe wynikające z wdrażania opracowanych technologii</li> <li>- Koszty środowiskowe opracowania technologii</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zmiany obowiązujących norm środowiskowych</li> <li>– Poziom dostosowania się do zmian w normach światowych</li> <li>– Zachowanie równowagi ekologicznej</li> <li>– Poziom skuteczności stosowania instrumentów ochrony środowiska</li> <li>– Globalne problemy i zagrożenia środowiskowe</li> <li>– Poziom wykorzystania zasobów naturalnych</li> <li>– Związek środowiskowych problemów krajowych i światowych</li> <li>– Krajowe problemy środowiskowe</li> <li>– Akceptacja społeczna dla budowy instalacji ochrony środowiska</li> <li>– Klimat i zmiany klimatyczne</li> <li>– Konieczność spełnienia obowiązujących norm oraz dyrektyw UE</li> </ul>
<b>Polityczno-prawne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Długoterminowe plany rozwoju społeczno-gospodarczego kraju</li> <li>– Polityka gospodarcza państwa</li> <li>– Polityka naukowa państwa</li> <li>– Polityka ekologiczna państwa</li> <li>– Zarządzanie innowacyjnością i procesem innowacyjnym</li> <li>– Regulacje prawa własności intelektualnej</li> <li>– Promocja „czystej energii”</li> <li>– Regulacje prawne dotyczące transferu wyników prac badawczo-rozwojowych</li> <li>– Regulacje prawa własności intelektualnej</li> <li>– Stopień dostosowania programów kształcenia i szkolenia do wymogów nowych technologii</li> <li>– Bilateralne (lub wielostronne) umowy o współpracy z wiodącymi ośrodkami badawczymi z zagranicy</li> <li>– Zasady funkcjonowania instytucji sfery B+R w Polsce</li> <li>– Działalność lobbingsowa korporacji międzynarodowych działających w danym obszarze tematycznym</li> <li>– Koordynacja prac w zakresie generowania popytu na B + R oraz wyrób seryjny pomiędzy ministerstwami: MG, MOS, MON, MEIN, MF</li> <li>– Rola kadry badawczej w społeczeństwie</li> <li>– Stabilność prawa</li> <li>– Wpływ państwa na działalność instytucji międzynarodowych</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 proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii 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 (pracowników Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego (ITeE – PIB)) 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. Poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych.
4. Dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki.
5. Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe.
6. Polityka fiskalna państwa stymulująca badania i aplikacje zaawansowanych technologii.
7. Bilans korzyści i kosztów środowiskowych wynikających z opracowania i wdrożenia technologii.
8. Globalne i regionalne problemy i zagrożenia środowiskowe.
9. Konieczność spełnienia 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, 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. Poziom innowacyjności	4. Dynamika transferu	5. Krajowe priorytety	6. Polityka fiskalna	7. Bilans korzyści	8. Globalne problemy	9. Normy
1. Zasoby kadry naukowej	x	2,83	2,33	1,67	1,17	0,67	1,5	0,83	1,67
2. Potencjał badawczy	2,5	x	2,83	2	1,67	0,83	1,67	1,17	1,5
3. Poziom innowacyjności	2,33	3	x	2,5	2	1,17	2,67	2	2,17
4. Dynamika transferu	2	2,33	2,83	x	1,83	1,33	2,33	1,67	2,33
5. Krajowe priorytety	2	2,67	2,17	2,67	x	2,17	1,83	1,83	2
6. Polityka fiskalna	2,17	2,17	2,17	2,5	2,17	x	2,17	1,67	1,67
7. Bilans korzyści	1,33	1,17	1,83	1,83	1,67	2	x	1,33	1,67
8. Globalne problemy	1,33	1,33	1,5	1,17	2,17	1,33	1,17	x	2,33
9. Normy	1,5	1,83	1,5	2,17	2,67	1,67	1,83	1,67	x

Rys. 3. Uśrednione wyniki eksperckiej oceny wpływów bezpośrednich dla technologii proekologicznych  
Źródło: opracowanie własne

Z uwzględnieniem wyników analizy strukturalnej danych zawartych w macierzach wpływów bezpośrednich (rys. 2) dokonano następnie identyfikacji czynników kluczowych, która przeprowadzona została z wykorzystaniem programu komputerowego Mic-Mac. Wynikiem przeprowadzonej analizy jest wyłonienie czterech kluczowych czynników rozwoju w obsza-

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

rze technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii:

- a – potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa);*
- b – poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych;*
- c – dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki;*
- d – 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 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 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→))

	Autonomiczne systemy monitoringu środowiska		Inteligentne systemy (procesy) współspalania odpadów		Technologia upłyniania biomasy		Technologie odzyskiwania surowców i materiałów		Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków		Metody stabilizacji i poprawy właściwości biopaliw		Metody utylizacji cieczy odpadowych		Systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania		
	w	P	w	P	w	P	w	P	w	P	w	P	w	P	w	P	
Potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna)	↑	5,00	0,60	4,00	0,50	0,58	4,25	0,53	4,50	0,63	4,25	0,50	4,50	0,60	4,50	0,55	
	→	2,00	0,25	2,75	0,28	0,30	0,50	0,33	1,50	0,25	0,50	0,30	1,50	0,23	1,00	0,30	
	↓	-2,75	0,15	-2,75	0,22	-3,75	0,12	-3,00	0,14	-2,75	0,12	-2,50	0,20	-3,50	0,17	-2,25	0,15
Poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych	↑	5,00	0,50	3,75	0,45	4,25	0,58	4,25	0,53	4,00	0,55	4,50	0,40	4,50	0,55	3,25	0,55
	→	2,00	0,38	0,75	0,38	0,75	0,32	2,00	0,25	1,00	0,35	0,75	0,40	0,50	0,28	1,25	0,28
	↓	-2,75	0,12	-3,25	0,17	-2,25	0,10	-2,00	0,22	-2,00	0,10	-3,75	0,20	-3,25	0,17	-3,50	0,17
Dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki	↑	4,75	0,30	4,25	0,48	4,25	0,45	4,25	0,40	4,00	0,42	4,50	0,43	4,75	0,45	3,75	0,43
	→	1,00	0,48	0,75	0,32	1,00	0,35	0,00	0,38	0,25	0,35	1,00	0,32	0,00	0,33	1,50	0,33
	↓	-2,25	0,22	-3,50	0,20	-2,25	0,20	-2,50	0,22	-2,00	0,23	-3,50	0,25	-4,00	0,22	-3,50	0,24
Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe	↑	4,00	0,33	4,00	0,38	3,75	0,58	3,75	0,38	4,50	0,35	4,75	0,40	4,75	0,33	3,75	0,25
	→	1,75	0,45	0,00	0,50	1,00	0,32	-2,25	0,48	2,00	0,53	0,00	0,48	0,25	0,53	0,75	0,55
	↓	-2,00	0,22	-3,25	0,12	-3,25	0,10	-2,50	0,14	-3,25	0,12	-2,75	0,12	-3,75	0,14	-1,00	0,20
Potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna)	↑	4,00	0,50	4,25	0,53	4,50	0,63	4,25	0,50	4,00	0,55	4,00	0,53	4,75	0,63	4,25	0,63
	→	0,25	0,35	0,50	0,33	1,50	0,25	0,28	0,30	1,00	0,35	1,75	0,24	1,50	0,15	0,75	0,22
	↓	-3,25	0,15	-3,00	0,14	-2,75	0,12	-3,00	0,20	-3,50	0,10	-2,75	0,23	-2,75	0,22	-2,50	0,15
Poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych	↑	4,50	0,48	4,25	0,53	4,00	0,55	3,58	0,42	4,25	0,50	3,50	0,43	4,00	0,53	4,75	0,43
	→	1,00	0,30	2,00	0,24	1,00	0,35	1,25	0,38	0,00	0,28	1,50	0,35	0,00	0,30	1,00	0,40
	↓	-3,00	0,22	-2,00	0,23	-2,00	0,10	-3,75	0,20	-2,25	0,22	-2,75	0,22	-3,25	0,17	-3,75	0,17
Dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki	↑	4,00	0,32	4,25	0,40	4,00	0,48	4,00	0,47	4,00	0,38	3,50	0,50	4,00	0,45	4,50	0,38
	→	0,25	0,48	0,00	0,38	0,25	0,32	0,00	0,33	0,75	0,40	0,75	0,33	0,25	0,33	-0,25	0,38
	↓	-3,00	0,20	-2,50	0,22	-2,00	0,20	-2,50	0,20	-2,75	0,22	-2,00	0,17	-1,75	0,22	-3,00	0,24
Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe	↑	4,00	0,28	3,75	0,38	4,50	0,35	4,50	0,45	3,25	0,35	3,00	0,40	3,75	0,30	4,75	0,35
	→	1,00	0,48	-0,25	0,48	2,00	0,53	0,75	0,45	1,00	0,43	1,25	0,48	-0,50	0,50	0,50	0,45
	↓	-2,50	0,24	-2,50	0,14	-3,25	0,12	-2,50	0,10	-1,25	0,22	-2,75	0,12	-1,75	0,20	-3,25	0,20

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→))

		Technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych		Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów		Technologie recyklingu i utylizacji odpadów		Niskoodpadowe technologie wytwarzania i regeneracji elementów maszyn i urządzeń		Proekologiczne technologie wytwarzania energii		Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią	
		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)	↑	3,7	0,5	4,6	0,5	3,8	0,5	3,6	0,5	4,3	0,5	3,1	0,4
	→	1,8	0,3	1,7	0,3	0,7	0,3	1,3	0,3	2,1	0,3	0,8	0,4
	↓	-1,6	0,2	-1,4	0,2	-2,1	0,2	-2	0,2	-1,1	0,2	-1,6	0,2
Poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych	↑	3,8	0,5	4,1	0,5	3,3	0,5	3,8	0,6	4	0,6	3,6	0,4
	→	2	0,4	2,3	0,3	1,4	0,3	1,4	0,2	2	0,3	1,7	0,4
	↓	-1,1	0,1	-1,7	0,2	-1,1	0,2	-1,6	0,2	-1,4	0,1	-1,7	0,2
Dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki	↑	4	0,5	4	0,5	3	0,5	3,7	0,5	3,7	0,6	3,1	0,5
	→	1,6	0,4	1,1	0,3	0,7	0,3	0,7	0,3	1,4	0,3	1	0,4
	↓	-2,1	0,1	-1,3	0,2	-2,1	0,2	-1,8	0,2	-1,3	0,1	-1,1	0,1
Krajowe priorytety badawczo-rozwojowe	↑	4	0,4	3,8	0,5	4	0,4	4	0,4	3,8	0,5	3,6	0,4
	→	1	0,4	-1,3	0,3	2,2	0,4	1,1	0,4	2	0,3	1,6	0,4
	↓	-1,3	0,2	-1,8	0,2	-1,6	0,2	-2,3	0,2	-1,6	0,2	-1	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:

<p style="text-align: center;"><b>Scenariusz dynamicznego rozwoju</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Tendencja wzrostowa czynników</li> <li>– Wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Scenariusz stabilizacji</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Tendencja stała czynników przy wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tendencji</li> <li>oraz</li> <li>– Tendencje wzrostowa i spadkowa czynników przy niskim prawdopodobieństwie wystąpienia tych tendencji</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Scenariusz zapaści</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Tendencja spadkowa czynników</li> <li>– Wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia tendencji</li> </ul>
---	---	---

W dalszej części raportu zaprezentowano wstępne scenariusze opracowane w dwóch wymienionych wariantach. Bazę do opracowania wstępnych scenariuszy stanowiła analiza wpływu zidentyfikowanych dla obszaru technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii czynników kluczowych:

- a* – potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa);
- b* – poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych;
- c* – dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki;
- d* – krajowe priorytety badawczo-rozwojowe.

Na poszczególne technologie (przyrostowe i wyłaniające się) oraz grupy technologii opracowano dwa warianty scenariuszy trajektorii rozwoju w analizowanym obszarze tematycznym.

### **Grupy technologii oraz przyporządkowane im technologie przyrostowe i wyłaniające się wytypowane w obszarze „Technologie proekologiczne, racjonalizacja zużycia surowców i zasobów oraz odnawialne źródła energii”**

1. Technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych

Technologie przyrostowe	Technologie wyłaniające się
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie wytwarzania specjalistycznych, ekologicznych cieczy eksploatacyjnych na bazie komponentów naturalnych i syntetycznych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie wytwarzania specjalistycznych materiałów smarowych</li> <li>• Zastosowanie nanocząstek w technologiach wytwarzania płynów eksploatacyjnych</li> </ul>

2. Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów

Technologie przyrostowe	Technologie wyłaniające się
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techniczne systemy wspomagania proekologicznej eksploatacji cieczy technologicznych</li> <li>• Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali</li> <li>• Zastosowanie systemów membranowych do recyklingu i utylizacji wodnych cieczy technologicznych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie odzyskiwania surowców i materiałów ze ścieków komunalnych i przemysłowych</li> </ul>

### 3. Technologie recyklingu i utylizacji odpadów

Technologie przyrostowe	Technologie wyłaniające się
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych</li> <li>• Technologie recyklingu kompozytów włókienniczych i termoplastycznych kompozytów polimerowych</li> </ul>	

### 4. Niskoodpadowe technologie wytwarzania i regeneracji elementów maszyn i urządzeń

Technologie przyrostowe	Technologie wyłaniające się
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zastosowanie nanokompozytów polimerowych w budowie i regeneracji maszyn</li> </ul>	

### 5. Proekologiczne technologie wytwarzania energii

Technologie przyrostowe	Technologie wyłaniające się
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie współspalania odpadów palnych z paliwami konwencjonalnymi</li> <li>• Metody stabilizacji i poprawy właściwości użytkowych biopaliw</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inteligentne systemy i procesy współspalania odpadów organicznych z paliwami konwencjonalnymi</li> <li>• Technologia upłynniania biomasy</li> </ul>

### 6. Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią

Technologie przyrostowe	Technologie wyłaniające się
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania oraz urządzenia do ich realizacji</li> <li>• Systemy regeneracji i recyklingu czynników technologicznych z układów chłodzenia i klimatyzacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autonomiczne systemy monitoringu środowiska w skali mikro i makro</li> </ul>

## 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.

W grupie technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii, jako kluczowe czynniki wpływające na rozwój tych technologii, eksperci wskazali trzy czynniki o charakterze naukowo-technologicznym:

*a – potencjał badawczy i technologiczny;*

*b – poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych;*

*d – krajowe priorytety badawczo-rozwojowe*

oraz czynnik dotyczący transferu technologii *c – dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki.*

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 proekologicznych.
- Założenie 2. Tendencja wzrostowa czynnika *poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac naukowo-rozwojowych* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.
- Założenie 3. Tendencja wzrostowa czynnika *dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.
- Założenie 4. Tendencja wzrostowa czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.
- Założenie 5. Tendencja stała czynnika *potencjał badawczy i technologiczny* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.
- Założenie 6. Tendencja stała czynnika *poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac naukowo-rozwojowych* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.
- Założenie 7. Tendencja stała czynnika *dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.
- Założenie 8. Tendencja spadkowa czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.

### **SCENARIUSZ OPTYMISTYCZNY najbardziej prawdopodobny**

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

Tendencja wzrostowa czynnika kluczowego: *potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa)* wystąpi z największym prawdopodobieństwem w odniesieniu do technologii:

- **Grupa 1: Technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych:**
  - Technologie wytwarzania specjalistycznych, ekologicznych cieczy eksploatacyjnych na bazie komponentów naturalnych i syntetycznych.
- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów:**
  - Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali,
  - Technologie odzyskiwania surowców i materiałów ze ścieków komunalnych i przemysłowych.
- **Grupa 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów:**
  - Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych,
- **Grupa 4: Niskoodpadowe technologie wytwarzania i regeneracji elementów maszyn i urządzeń:**
  - Technologie współspalania odpadów palnych z paliwami konwencjonalnymi.
  - Zastosowanie nanokompozytów polimerowych w budowie i regeneracji maszyn.
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Technologia upłynniania biomasy,
  - Metody stabilizacji i poprawy właściwości użytkowych biopaliw.

- **Grupa 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią:**
  - Autonomiczne systemy monitoringu środowiska w skali mikro i makro,
  - Systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania oraz urządzenia do ich realizacji,
  - Systemy regeneracji i recyklingu czynników technologicznych z układów chłodzenia i klimatyzacji.

Uznano, że tendencja wzrostowa wystąpi z dużym prawdopodobieństwem dla następujących technologii:

- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów:**
  - Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali,
  - Technologie odzyskiwania surowców i materiałów ze ścieków komunalnych i przemysłowych,
  - Techniczne systemy wspomagania proekologicznej eksploatacji cieczy technologicznych.
- **Grupa 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów:**
  - Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych.
- **Grupa 4: Niskoodpadowe technologie wytwarzania i regeneracji elementów maszyn i urządzeń:**
  - Zastosowanie nanokompozytów polimerowych w budowie i regeneracji maszyn.
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Technologia upłynniania biomasy,
  - Inteligentne systemy i procesy współspalania odpadów organicznych z paliwami konwencjonalnymi.
- **Grupa 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią:**
  - Autonomiczne systemy monitoringu środowiska w skali mikro i makro,
  - Systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania oraz urządzenia do ich realizacji,
  - Systemy regeneracji i recyklingu czynników technologicznych z układów chłodzenia i klimatyzacji.

Ponadto wystąpienie tendencji wzrostowej *poziomu innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych* dla **Grupy 1: Technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych** oraz **Grupy 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią** jest równie prawdopodobne, jak wystąpienie tendencji stałej.

Oceniono, że najbardziej prawdopodobna spośród trendów rozwojowych czynnika kluczowego *dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki* jest tendencja wzrostowa dla wszystkich grup technologii przy dużym pozytywnym wpływie działań na rzecz transferu rozwiązań do gospodarki na rozwój tych grup technologii.

Wystąpienie tendencji wzrostowej czynnika *c* cechuje najwyższe prawdopodobieństwo w odniesieniu do technologii:

- **Grupa 1: Technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych**
  - Technologie wytwarzania specjalistycznych, ekologicznych cieczy eksploatacyjnych na bazie komponentów naturalnych i syntetycznych.
- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów**
  - Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali.
- **Grupa 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów**
  - Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych.

- **Grupa 4: Niskoodpadowe technologie wytwarzania i regeneracji elementów maszyn i urządzeń**
  - Zastosowanie nanokompozytów polimerowych w budowie i regeneracji maszyn.
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii**
  - Inteligentne systemy i procesy współspalania odpadów organicznych z paliwami konwencjonalnymi,
  - Technologie współspalania odpadów palnych z paliwami konwencjonalnymi,
  - Technologia upłynniania biomasy.

Bardzo prawdopodobne jest wystąpienie tendencji stałej czynnika *dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki* dla grup:

- **Grupa 1: Technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych,**
- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów,** w szczególności:
  - Zastosowanie systemów membranowych do recyklingu i utylizacji wodnych cieczy technologicznych.
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii,** w szczególności:
  - Technologia upłynniania biomasy,
- **Grupa 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią,** w szczególności w odniesieniu do technologii:
  - Autonomiczne systemy monitoringu środowiska w skali mikro i makro,
  - Systemy regeneracji i recyklingu czynników technologicznych z układów chłodzenia i klimatyzacji,

przy czym utrzymanie się dynamiki i efektywności transferu rozwiązań do gospodarki na dotychczasowym poziomie jedynie w niewielkim stopniu wpłynie korzystnie na rozwój tych grup technologii.

Największe prawdopodobieństwo spośród możliwych stanów czynnika kluczowego *d* – *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* przypisano tendencji wzrostowej tego czynnika dla wszystkich grup technologii proekologicznych, co oznacza, że uwzględnienie tematyki proekologicznej w krajowych priorytetach badawczo-rozwojowych wpłynie korzystnie na rozwój prac w przedmiotowym obszarze problemowym. Tendencja wzrostowa czynnika *d* jest najbardziej prawdopodobna w odniesieniu do technologii:

- **Grupa 1: Technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych**
  - Technologie wytwarzania specjalistycznych, ekologicznych cieczy eksploatacyjnych na bazie komponentów naturalnych i syntetycznych,
  - Technologie wytwarzania specjalistycznych materiałów smarowych.
- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów:**
  - Zastosowanie systemów membranowych do recyklingu i utylizacji wodnych cieczy technologicznych,
  - Technologie odzyskiwania surowców i materiałów ze ścieków komunalnych i przemysłowych,
  - Techniczne systemy wspomagania proekologicznej eksploatacji cieczy technologicznych.
- **Grupa 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów:**
  - Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych.
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Inteligentne systemy i procesy współspalania odpadów organicznych z paliwami konwencjonalnymi,

- Technologie współspalania odpadów palnych z paliwami konwencjonalnymi,
- Metody stabilizacji i poprawy właściwości użytkowych biopaliw,
- Technologia upłynniania biomasy.

Wysokie prawdopodobieństwo przypisano także wystąpieniu tendencji stałej czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* dla:

- **Grupy 1: Technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych,**
- **Grupy 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów** w szczególności:
  - Technologie odzyskiwania surowców i materiałów ze ścieków komunalnych i przemysłowych,
  - Zastosowanie systemów membranowych do recyklingu i utylizacji wodnych cieczy technologicznych.
- **Grupy 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów,** w szczególności:
  - Technologie recyklingu kompozytów włókienniczych i termoplastycznych kompozytów polimerowych,
  - Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych.
- **Grupy 4: Niskoodpadowe technologie wytwarzania i regeneracji elementów maszyn i urządzeń,**
- **Grupy 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii,** w szczególności:
  - Technologia upłynniania biomasy.
- **Grupy 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią:**
  - Autonomiczne systemy monitoringu środowiska w skali mikro i makro,
  - Systemy regeneracji i recyklingu czynników technologicznych z układów chłodzenia i klimatyzacji.

W ramach scenariusza optymistycznego najbardziej prawdopodobnego tendencja wzrostowa wszystkich czynników stwarza najbardziej korzystne warunki rozwoju następujących grup technologii:

- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji i zużycia surowców i zasobów,** w tym w szczególności:
  - Techniczne systemy wspomagania proekologicznej eksploatacji cieczy technologicznych.
- **Grupa 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów:**
  - Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych.
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Technologie upłynniania biomasy.

## **SCENARIUSZ OPTYMISTYCZNY mało prawdopodobny**

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

W ramach scenariusza optymistycznego mało prawdopodobnego rozwój technologii determinowany jest w największym stopniu przez następujące zmiany *dynamiki i efektywności transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki* oraz *krajowych priorytetów badawczo-rozwojowych*, podczas gdy *potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa)* i *poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych* nie mają znaczącego wpływu.

Tendencje stałe czynników: *potencjał badawczy i technologiczny, poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych* oraz *dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki* wystąpią z małym prawdopodobieństwem w odniesieniu do:

- **Grupy 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów,**
- **Grupy 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów,**
- **Grupy 4: Niskoodpadowe technologie wytwarzania i regeneracji elementów maszyn i urządzeń,**
- **Grupy 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii.**

Tendencja wzrostowa *dynamiki i efektywności transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki* oraz *krajowych priorytetów badawczo-rozwojowych* wystąpi z niskim prawdopodobieństwem w odniesieniu do technologii **Grupy 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią:**

- Autonomiczne systemy monitoringu środowiska w skali mikro i makro,
- Systemy regeneracji i recyklingu czynników technologicznych z układów chłodzenia i klimatyzacji.

Ponadto tendencja wzrostowa czynnika *d* – *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* wystąpi z małym prawdopodobieństwem w odniesieniu do technologii:

- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów:**
  - Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali.
- **Grupa 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów:**
  - Technologie recyklingu kompozytów włókienniczych i termoplastycznych kompozytów polimerowych.
- **Grupa 4: Niskoodpadowe technologie wytwarzania i regeneracji elementów maszyn i urządzeń:**
  - Zastosowanie nanokompozytów polimerowych w budowie i regeneracji maszyn.
- **Grupa 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią):**
  - Systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania oraz urządzenia do ich realizacji.

Tendencje stałe wszystkich czterech czynników kluczowych charakteryzują się małym korzystnym wpływem na rozwój wymienionych grup technologii, co oznacza, że w małym stopniu będą stymulować ich rozwój.

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

- Założenie 1. Tendencja spadkowa czynnika *potencjał badawczy i technologiczny*. *potencjał badawczy i technologiczny* ma negatywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.
- Założenie 2. Tendencja spadkowa czynnika *poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac naukowo-rozwojowych* wpływ na rozwój technologii proekologicznych.
- Założenie 3. Tendencja spadkowa czynnika *dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki* ma negatywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.
- Założenie 4. Tendencja spadkowa czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.

### **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 przydzielono dużego prawdopodobieństwa wystąpienia tendencji spadkowej żadnemu z czynników kluczowych dla obszaru bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego. Skutkuje to brakiem scenariusza pesymistycznego najbardziej prawdopodobnego.

## **SCENARIUSZ PESYMISTYCZNY mało prawdopodobny**

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

Tendencje spadkowe czynników: *potencjał badawczy i technologiczny, poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych, dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki oraz krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* wystąpią z bardzo małym prawdopodobieństwem w odniesieniu do wszystkich analizowanych grup technologii proekologicznych.

Tendencja spadkowa *potencjału badawczego i technologicznego (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa)* ma duży negatywny wpływ na rozwój technologii:

- **Grupa 1: Technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych:**
  - Technologie wytwarzania specjalnych materiałów smarowych oraz
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii**
  - Technologie upłynniania biomasy.

Tendencja spadkowa *poziomu innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych* ma duży negatywny wpływ na rozwój następujących grup technologii:

- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów:**
  - Zastosowanie systemów membranowych do recyklingu i utylizacji wodnych cieczy technologicznych.
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Metody stabilizacji i poprawy właściwości użytkowych biopaliw,
  - Technologie współspalania odpadów palnych z paliwami konwencjonalnymi.

Wystąpienie tendencji spadkowej *dynamiki i efektywności transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki* w znacznym stopniu negatywnie wpłynie na rozwój:

- **Grupy 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Inteligentne systemy i procesy współspalania odpadów organicznych z paliwami konwencjonalnymi
- **Grupy 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią:**
  - Systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania oraz urządzeń do ich realizacji.

Tendencja spadkowa *krajowych priorytetów badawczo-rozwojowych* ma natomiast duży negatywny wpływ na rozwój:

- **Grupy 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów:**
  - Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali.

Bardzo małe prawdopodobieństwo przypisuje się wystąpieniu tendencji stałej czynnika *d* dla **Grupy 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów**, zatem mały negatywny wpływ na rozwój tej grupy.

## WARIANT 2

Drugi wariant budowy scenariuszy w obszarze technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii zakłada wystąpienie następujących scenariuszy rozwoju technologicznego:

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

W grupie technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii jako kluczowe czynniki wpływające na rozwój tych technologii eksperci wskazali trzy czynniki o charakterze naukowo-technologicznym:

*a – potencjał badawczy i technologiczny;*

*b – poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych;*

*d – krajowe priorytety badawczo-rozwojowe*

oraz czynnik dotyczący transferu technologii *c – dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki.*

### SCENARIUSZ DYNAMICZNEGO ROZWOJU

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

Zmiany tendencji rozwojowych wszystkich czynników kluczowych mają podobnie duży pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.

Sformułowano następujące założenia do budowy SCENARIUSZA DYNAMICZNEGO ROZWOJU:

- Założenie 1. Tendencja wzrostowa czynnika *potencjał badawczy i technologiczny* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii bezpieczeństwa.
- Założenie 2. Tendencja wzrostowa czynnika *poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac naukowo-rozwojowych* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.
- Założenie 3. Tendencja wzrostowa czynnika *dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.
- Założenie 4. Tendencja wzrostowa czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* ma pozytywny wpływ na rozwój technologii proekologicznych.

Tendencja wzrostowa czynnika kluczowego *potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa)* wystąpi z największym prawdopodobieństwem w odniesieniu do technologii:

- **Grupa 1: Technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych:**
  - Technologie wytwarzania specjalistycznych, ekologicznych cieczy eksploatacyjnych na bazie komponentów naturalnych i syntetycznych.
- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów:**
  - Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali,
  - Technologie odzyskiwania surowców i materiałów ze ścieków komunalnych i przemysłowych.
- **Grupa 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów:**
  - Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych.

- **Grupa 4: Niskoodpadowe technologie wytwarzania i regeneracji elementów maszyn i urządzeń:**
  - Technologie współspalania odpadów palnych z paliwami konwencjonalnymi.
  - Zastosowanie nanokompozytów polimerowych w budowie i regeneracji maszyn.
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Technologia upłynniania biomasy,
  - Metody stabilizacji i poprawy właściwości użytkowych biopaliw.
- **Grupa 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią:**
  - Autonomiczne systemy monitoringu środowiska w skali mikro i makro,
  - Systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania oraz urządzenia do ich realizacji,
  - Systemy regeneracji i recyklingu czynników technologicznych z układów chłodzenia i klimatyzacji.

Uznano, że najbardziej prawdopodobne jest wystąpienie tendencji wzrostowej *poziomu innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych* dla wszystkich grup technologii proekologicznych. Należy podkreślić, że spośród wymienionych największe prawdopodobieństwo zanotowano dla tendencji wzrostowej tego czynnika dla technologii:

- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów:**
  - Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali,
  - Technologie odzyskiwania surowców i materiałów ze ścieków komunalnych i przemysłowych,
  - Techniczne systemy wspomagania proekologicznej eksploatacji cieczy technologicznych.
- **Grupa 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów:**
  - Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych.
- **Grupa 4: Niskoodpadowe technologie wytwarzania i regeneracji elementów maszyn i urządzeń:**
  - Zastosowanie nanokompozytów polimerowych w budowie i regeneracji maszyn.
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Technologie upłynniania biomasy,
  - Inteligentne systemy i procesy współspalania odpadów organicznych z paliwami konwencjonalnymi.
- **Grupa 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią:**
  - Autonomiczne systemy monitoringu środowiska w skali mikro i makro,
  - Systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania oraz urządzenia do ich realizacji,
  - Systemy regeneracji i recyklingu czynników technologicznych z układów chłodzenia i klimatyzacji.

Wystąpienie tendencji wzrostowej czynnika *dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki* jest najbardziej prawdopodobne w odniesieniu do technologii:

- **Grupa 1: Technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych:**
  - Technologie wytwarzania specjalistycznych, ekologicznych cieczy eksploatacyjnych na bazie komponentów naturalnych i syntetycznych.
- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów:**
  - Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali.

- **Grupa 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów:**
  - Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych.
- **Grupa 4: Niskoodpadowe technologie wytwarzania i regeneracji elementów maszyn i urządzeń:**
  - Zastosowanie nanokompozytów polimerowych w budowie i regeneracji maszyn.
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Inteligentne systemy i procesy współspalania odpadów organicznych z paliwami konwencjonalnymi,
  - Technologie współspalania odpadów palnych z paliwami konwencjonalnymi,
  - Technologia upłynniania biomasy.

Największe prawdopodobieństwo spośród możliwych stanów czynnika kluczowego *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* przypisano tendencji wzrostowej tego czynnika dla wszystkich grup technologii proekologicznych, co oznacza, że uwzględnienie tematyki proekologicznej w krajowych priorytetach badawczo-rozwojowych wpłynie korzystnie na rozwój prac w przedmiotowym obszarze problemowym. Tendencja wzrostowa tego czynnika jest najbardziej prawdopodobna w odniesieniu do technologii:

- **Grupa 1: Technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych:**
  - Technologie wytwarzania specjalistycznych, ekologicznych cieczy eksploatacyjnych na bazie komponentów naturalnych i syntetycznych,
  - Technologie wytwarzania specjalistycznych materiałów smarowych.
- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów:**
  - Zastosowanie systemów membranowych do recyklingu i utylizacji wodnych cieczy technologicznych,
  - Technologie odzyskiwania surowców i materiałów ze ścieków komunalnych i przemysłowych,
  - Techniczne systemy wspomaganie proekologicznej eksploatacji cieczy technologicznych.
- **Grupa 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów:**
  - Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych.
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Inteligentne systemy i procesy współspalania odpadów organicznych z paliwami konwencjonalnymi,
  - Technologie współspalania odpadów palnych z paliwami konwencjonalnymi,
  - Metody stabilizacji i poprawy właściwości użytkowych biopaliw,
  - Technologia upłynniania biomasy.

W ramach scenariusza optymistycznego najbardziej prawdopodobnego wystąpienie tendencji wzrostowej wszystkich czynników stwarza najkorzystniejsze warunki rozwoju, w szczególności dla:

- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji i zużycia surowców i zasobów:**
  - Techniczne systemy wspomaganie proekologicznej eksploatacji cieczy technologicznych.
- **Grupa 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów:**
  - Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych.
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Technologia upłynniania biomasy.

## SCENARIUSZ STABILIZACJI

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

*Poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych* pozostanie na takim samym poziomie z wysokim prawdopodobieństwem i stan ten ma największy wpływ na rozwój technologii:

- **Grupa 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów:**
  - Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Inteligentne systemy i procesy współspalania odpadów organicznych z paliwami konwencjonalnymi.
- **Grupa 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią:**
  - Autonomiczne systemy monitoringu środowiska w skali mikro i makro.

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

- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów:**
  - Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali.
- **Grupa 3: Technologie recyklingu i utylizacji odpadów:**
  - Technologie recyklingu kompozytów włókienniczych i termoplastycznych kompozytów polimerowych.
- **Grupa 4: Niskoodpadowe technologie wytwarzania i regeneracji elementów maszyn i urządzeń:**
  - Zastosowanie nanokompozytów polimerowych w budowie i regeneracji maszyn.
- **Grupa 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią:**
  - Systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania oraz urządzenia do ich realizacji.

Wystąpienie tendencji spadkowej czynnika *potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa)* ma duży negatywny wpływ na rozwój technologii:

- **Grupa 1: Technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych:**
  - Technologie wytwarzania specjalnych materiałów smarowych oraz
- **Grupa 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii**
  - Technologie upłynniania biomasy.

Wystąpienie tendencji spadkowej *poziomu innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych* ma ponadto duży negatywny wpływ na rozwój:

- **Grupa 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów:**
  - Zastosowanie systemów membranowych do recyklingu i utylizacji wodnych cieczy technologicznych.
- **Grupy 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Metody stabilizacji i poprawy właściwości użytkowych biopaliw,
  - Technologie współspalania odpadów palnych z paliwami konwencjonalnymi.

Wystąpienie tendencji spadkowej czynnika *dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki* negatywnie wpłynie na rozwój:

- **Grupy 5: Proekologiczne technologie wytwarzania energii:**
  - Inteligentne systemy i procesy współspalania odpadów organicznych z paliwami konwencjonalnymi

– **Grupy 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią:**

- Systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania oraz urządzeń do ich realizacji.

Tendencja spadkowa czynnika *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe* ma natomiast duży negatywny wpływ na rozwój:

– **Grupy 2: Technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów:**

- Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali.

Tendencja wzrostowa czynników kluczowych: *dynamiki i efektywności transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki* oraz *krajowych priorytetów badawczo-rozwojowych*, które odgrywają w tym scenariuszu największą rolę wystąpi z niskim prawdopodobieństwem w odniesieniu do technologii **Grupy 6: Systemy logistyczne w gospodarce odpadami i energią:**

- Autonomiczne systemy monitoringu środowiska w skali mikro i makro,
- Systemy regeneracji i recyklingu czynników technologicznych z układów chłodzenia i klimatyzacji.

## SCENARIUSZ ZAPAŚCI

W metodyce założono możliwość wystąpienia scenariusza zapaści, jednakże wyniki eksperckiej analizy wpływu czynników kluczowych zidentyfikowanych dla obszaru technologii proekologicznych na technologie i grupy technologii wskazują, że nie istnieje wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia spadkowej tendencji tych czynników. Skutkuje to brakiem scenariusza zapaści w obszarze technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii.

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

Przeprowadzona analiza wstępnych scenariuszy rozwoju opracowanych z uwzględnieniem założeń dwóch proponowanych wariantów budowy scenariuszy i dyskusje z ekspertami 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 ukierunkowanym na opracowanie finalnych scenariuszy rozwoju uwzględniano jedynie scenariusze pozytywne, zapewniające realizację idei zrównoważonego rozwoju, a mianowicie scenariusz dynamicznego rozwoju oraz scenariusz stabilizacji.

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 zakłada wykorzystanie wyników zadań Z1 „Mapy technologii” oraz Z3 „Mocne i słabe strony”.

W tym celu wykorzystano uzyskaną w zadaniu Z1 „Mapy technologii” listę priorytetowych technologii:

- T1.** Technologie wytwarzania specjalistycznych materiałów smarowych
- T2.** Technologie wytwarzania specjalistycznych, ekologicznych cieczy eksploatacyjnych na bazie komponentów naturalnych i syntetycznych
- T3.** Systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania oraz urządzenia do ich realizacji
- T4.** Zastosowanie nanokompozytów polimerowych w budowie i regeneracji maszyn
- T5.** Technologie współspalania odpadów palnych z paliwami konwencjonalnymi
- T6.** Metody stabilizacji i poprawy właściwości użytkowych biopaliw
- T7.** Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych
- T8.** Techniczne systemy wspomagania proekologicznej eksploatacji cieczy technologicznych
- T9.** Technologie recyklingu kompozytów włókienniczych i termoplastycznych kompozytów polimerowych
- T10.** Technologie odzyskiwania surowców i materiałów ze ścieków komunalnych i przemysłowych
- T11.** Inteligentne systemy i procesy współspalania odpadów organicznych z paliwami konwencjonalnymi
- T12.** Autonomiczne systemy monitoringu środowiska w skali mikro i makro
- T13.** Zastosowanie nanocząstek w technologiach wytwarzania płynów eksploatacyjnych
- T14.** Systemy regeneracji i recyklingu czynników technologicznych z układów chłodzenia i klimatyzacji
- T15.** Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali
- T16.** Zastosowanie systemów membranowych do recyklingu i utylizacji wodnych cieczy technologicznych
- T17.** Technologia upłynniania biomasy

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).

---

<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 priorytetowości technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii opracowany na podstawie uśrednionych wyników priorytetyzacji technologii w tym obszarze

Technologie	Rodzaj technologii (przyrostowa P, wyłaniająca się W)	Kryterium zrównoważonego rozwoju i interdyscyplinarności
T17. Technologia upłynniania biomasy	W	53,7
T16. Zastosowanie systemów membranowych do recyklingu i utylizacji wodnych cieczy technologicznych	P	48,5
T15. Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali	P	46,5
T14. Systemy regeneracji i recyklingu czynników technologicznych z układów chłodzenia i klimatyzacji	P	46
T13. Zastosowanie nanocząstek w technologiach wytwarzania płynów eksploatacyjnych	W	42
T12. Autonomiczne systemy monitoringu środowiska w skali mikro i makro	W	41,7
T11. Inteligentne systemy i procesy współspalania odpadów organicznych z paliwami konwencjonalnymi	W	41
T10. Technologie odzyskiwania surowców i materiałów ze ścieków komunalnych i przemysłowych	W	40,2
T9. Technologie recyklingu kompozytów włókienniczych i termoplastycznych kompozytów polimerowych	P	37
T8. Techniczne systemy wspomaganie proekologicznej eksploatacji cieczy technologicznych	P	36,5
T7. Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych	P	33,2
T6. Metody stabilizacji i poprawy właściwości użytkowych biopaliw	P	30,5
T5. Technologie współspalania odpadów palnych z paliwami konwencjonalnymi	P	27,2
T4. Zastosowanie nanokompozytów polimerowych w budowie i regeneracji maszyn	P	26,2
T3. Systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania oraz urządzenia do ich realizacji	P	25,2
T2. Technologie wytwarzania specjalistycznych, ekologicznych cieczy eksploatacyjnych na bazie komponentów naturalnych i syntetycznych	P	21,2
T1. Technologie wytwarzania specjalistycznych materiałów smarowych	W	15

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 obydwie 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

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

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 eksperckiego, 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 proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii.

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

Tab. 5. Ranking technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii opracowany na podstawie uśrednionych wyników oceny poziomu gotowości technologicznej poszczególnych technologii w tym obszarze

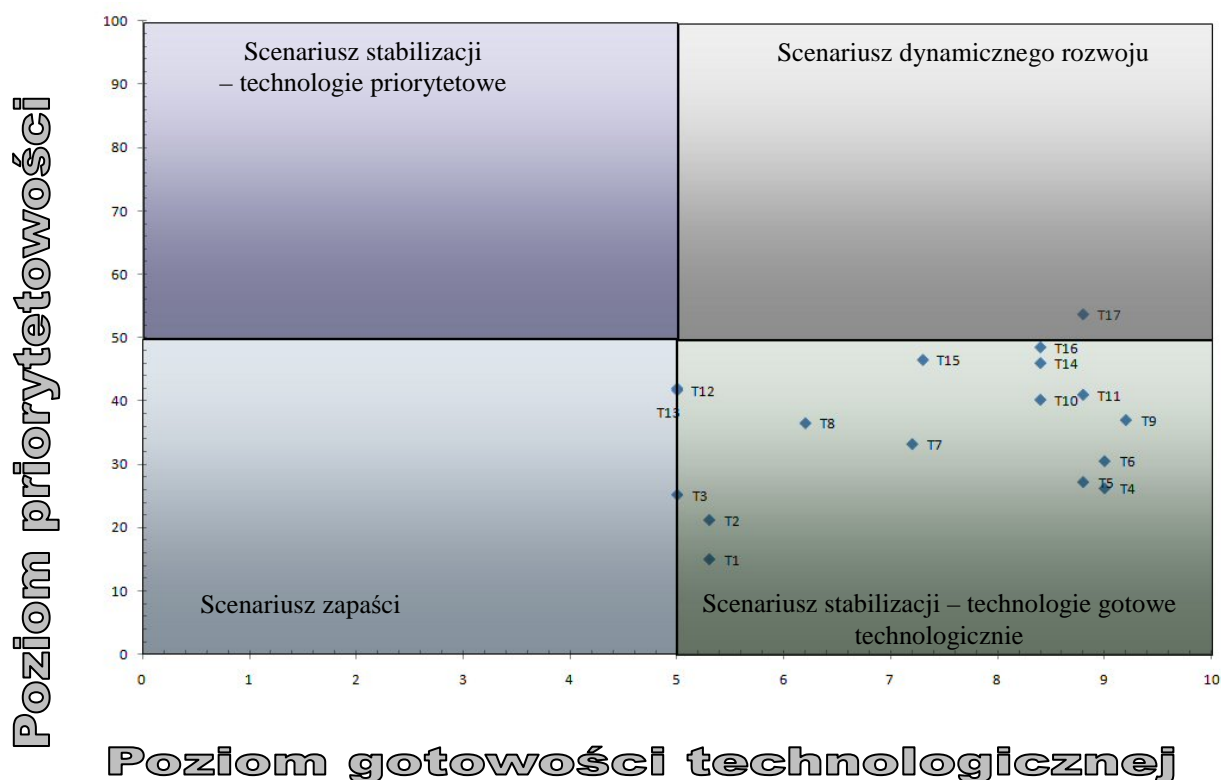
Technologie	Rodzaj technologii (przyrostowa P, wyłaniająca się W)	Kryterium gotowości technologicznej
T9. Technologie recyklingu kompozytów włókienniczych i termoplastycznych kompozytów polimerowych	P	9,2
T4. Zastosowanie nanokompozytów polimerowych w budowie i regeneracji maszyn	P	9,0
T6. Metody stabilizacji i poprawy właściwości użytkowych biopaliw	P	9,0
T17. Technologia upłynniania biomasy	W	8,8
T11. Inteligentne systemy i procesy współspalania odpadów organicznych z paliwami konwencjonalnymi	W	8,8
T5. Technologie współspalania odpadów palnych z paliwami konwencjonalnymi	P	8,8
T16. Zastosowanie systemów membranowych do recyklingu i utylizacji wodnych cieczy technologicznych	P	8,4
T14. Systemy regeneracji i recyklingu czynników technologicznych z układów chłodzenia i klimatyzacji	P	8,4
T10. Technologie odzyskiwania surowców i materiałów ze ścieków komunalnych i przemysłowych	W	8,4
T15. Metody utylizacji cieczy odpadowych z procesów powierzchniowej i ubytkowej obróbki metali	P	7,3
T7. Biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych	P	7,2
T8. Techniczne systemy wspomaganie proekologicznej eksploatacji cieczy technologicznych	P	6,2
T2. Technologie wytwarzania specjalistycznych, ekologicznych cieczy eksploatacyjnych na bazie komponentów naturalnych i syntetycznych	P	5,3
T1. Technologie wytwarzania specjalistycznych materiałów smarowych	W	5,3
T13. Zastosowanie nanocząstek w technologiach wytwarzania płynów eksploatacyjnych	W	5,0
T12. Autonomiczne systemy monitoringu środowiska w skali mikro i makro	W	5,0
T3. Systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania oraz urządzenia do ich realizacji	P	5,0

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 technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii

Źródło: opracowanie własne

Uwzględniając wyniki analiz, przystąpiono do opracowania scenariuszy finalnych w obszarze technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii. 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 gotowości technologicznej.

Następujące wyniki podlegają konfrontacji:

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

## Scenariusze rozwoju w obszarze technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii

W obszarze technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii opracowano scenariusz dynamicznego rozwoju oraz scenariusz stabilizacji.

### Scenariusz dynamicznego rozwoju technologii

Założenia:

- tendencja wzrostowa zidentyfikowanych czynników kluczowych:
  - a – *potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa);*
  - b – *poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych;*
  - c – *dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki;*
  - d – *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe;*

przy wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tej tendencji

- wysoki priorytet technologii,
- wysoki poziom gotowości technologicznej technologii.

W obszarze technologii proekologicznych są opracowywane i doskonalone zaawansowane, nowatorskie rozwiązania, zapewniające zmniejszenie presji na środowisko produkcyjnej i konsumpcyjnej aktywności człowieka. Jest to kierunek zgodny z celami wyznaczonymi w „Strategii Europa 2020”, w szczególności w zakresie osiągnięcia celów „20/20/20” w dziedzinie klimatu i energii. Rozwijane technologie będą miały pozytywny wpływ na stabilny i zrównoważony rozwój gospodarki w aspekcie ekologicznym i ekonomicznym. Zdecydowanie najbardziej pozytywny wpływ, co oczywiste, mają na stan środowiska i warunki egzystencji w nim człowieka. Jednakże w przypadku znacznej grupy technologii proekologicznych występuje „pozorna” przewaga kosztów nad bezpośrednimi korzyściami finansowymi, rozpatrywanymi w krótkookresowym horyzoncie czasowym. Pozorna przewaga kosztów wynika głównie z koncentracji społeczeństwa na osiąganiu celów krótkoterminowych bez uwzględniania długoterminowych horyzontów zrównoważonego rozwoju oraz trudności bezwzględnego oszacowania zysków ekologicznych, wynikających z wdrożenia poszczególnych technologii. W wielu przypadkach skutkuje to obojętnością społeczeństwa, a czasami wręcz brakiem akceptacji społecznej dla ponoszenia kosztów rozwijania i wdrażania tych technologii. Najczęściej dotyczy to technologii, których opracowywanie i wdrażanie wynika z konieczności dostosowania gospodarki krajowej do wytycznych międzynarodowych uregulowań prawnych w zakresie ochrony środowiska i klimatu, co jest szczególnie obciążające dla gospodarek o niezbyt wysokim poziomie rozwoju i nie daje wyraźnej perspektywy korzyści ekonomicznych. Rozwój zaawansowanych technologii proekologicznych niesie ze sobą niezwykle istotny efekt, jakim jest racjonalizacja zużycia surowców i zasobów. A ten czynnik warunkuje stały i zrównoważony rozwój gospodarki. Technologie te charakteryzuje wysoki stopień interdyscyplinarności, zaawansowania technicznego, elastyczności, często wysoka złożoność i wielkoskalowość. Są to jednocześnie technologie, dla których wdrożenia i rozwoju niezbędny jest odpowiednio liczny i kompetentny potencjał kadrowy, a także stabilny w niezbędnej perspektywie czasowej potencjał infrastrukturalny i finansowy. W kraju istnieją korzystne uwarunkowania regionalne, przede wszystkim w odniesieniu do kadry badawczo-rozwojowej, wpływające na specjalizację w regionach w zakresie technologii proekologicznych, skupionych w szczególności wokół dużych przedsiębiorstw o kluczowym znaczeniu dla gospodarki.

Rozwój technologii proekologicznych determinowany jest w znacznym stopniu przez czynniki o charakterze naukowo-technologicznym, w szczególności potencjał badawczy i technologiczny, poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych i krajowe priorytety badawczo-rozwojowe oraz czynnik dotyczący transferu technologii w aspekcie dynamiki i efektywności transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki.

Rozwijane technologie wyłaniające się stanowią nowatorskie innowacje techniczne, które cechuje „skokowy” rozwój w danym obszarze wiedzy i praktyki, stwarzający możliwość uzyskania przewagi konkurencyjnej. Obejmują one w szczególności proekologiczne technologie wytwarzania energii, co będzie sprzyjało osiągnięciu celów w zakresie klimatu i energii. Przykładem technologii wyłaniających się są technologie upłynniania i zgazowania biomasy, wytwarzania energii z odpadów, recyklingu surowców i materiałów zawartych w poszczególnych strumieniach odpadów, a także technologie współspalania odpadowej biomasy z paliwami konwencjonalnymi. Szczególnego znaczenia w grupie technologii wyłaniających nabiera rozwój wysokoefektywnych technologii pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych.

Dynamicznemu rozwojowi badań w zakresie technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii sprzyja wszechstronny krajowy potencjał badawczy zarówno personalny, jak i techniczny, a także uwarunkowania o charakterze makroekonomicznym obejmujące procesy integracyjne i globalizacyjne. Istotne znaczenie ma także wzrost świadomości ekologicznej społeczeństwa i, postępująca w ślad za tym, akceptacja dla konieczności ponoszenia kosztów ochrony środowiska. W niektórych przypadkach kierunki rozwoju technologii w tym obszarze determinowane są wystąpieniem klęsk ekologicznych, żywiołowych i zdarzeń losowych.

## Scenariusz stabilizacji rozwoju technologii

Założenia:

- tendencja stała czynników:
  - a – *potencjał badawczy i technologiczny (baza laboratoryjna, infrastruktura techniczna – instytucje badawcze i innowacyjne przedsiębiorstwa);*
  - b – *poziom innowacyjności i gotowości wdrożeniowej wyników prac badawczo-rozwojowych;*
  - c – *dynamika i efektywność transferu uzyskanych rozwiązań do gospodarki;*
  - d – *krajowe priorytety badawczo-rozwojowe*przy wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tej tendencji
- tendencja wzrostowa i spadkowa czynników przy niskim prawdopodobieństwie wystąpienia tych tendencji,
- niski priorytet technologii,
- wysoki poziom gotowości technologicznej.

Rozwój technologii proekologicznych charakteryzuje kontynuacja prac w dotychczas prowadzonych kierunkach, mała dynamika i ukierunkowanie na doskonalenie istniejących rozwiązań. Wśród analizowanych technologii znajdują się zarówno te o wysokim, jak i niskim priorytecie w aspekcie spełnienia kryteriów zrównoważonego rozwoju, a także technologie o różnym poziomie gotowości technologicznej. Wiele rozwijanych i wprowadzanych rozwiązań wynika z konieczności spełnienia wymogów normatywnych dotyczących ochrony środowiska i ma charakter działań doraźnych i incydentalnych. Na dalszy plan schodzą długoterminowe działania proekologiczne, chroniące środowisko dla przyszłych pokoleń i rozwija-

ne są przede wszystkim technologie umożliwiające usuwanie i naprawianie już zaistniałych szkód w środowisku.

Następuje rozwój technologii, które są mniej priorytetowe z punktu widzenia ich wpływu na zrównoważony rozwój gospodarki w aspekcie ekologicznym i ekonomicznym. Z drugiej strony rozwijane technologie cechuje wysoki poziom gotowości technologicznej, co daje szansę na ich opracowanie zakończone sukcesem i dynamiczny rozwój z chwilą zaistnienia sprzyjających okoliczności.

Najbardziej intensywny rozwój dotyczy rozwiązań o charakterze przyrostowym i ukierunkowany jest na doskonalenie istniejących rozwiązań poprzez stopniowe wdrażanie innowacyjnych rozwiązań, bazujących na nowej wiedzy. Badania przyrostowe dotyczą ulepszania istniejących technologii lub ich implementacji w nowych zastosowaniach lub obszarach oraz opracowania rozwiązań innowacyjnych ważnych wdrożeniowo. Rozwijane są technologie racjonalizacji zużycia surowców i zasobów, a przede wszystkim: technologie recyklingu i utylizacji odpadów, technologie recyklingu kompozytów włókienniczych i termoplastycznych kompozytów polimerowych, techniczne systemy wspomagania proekologicznej eksploatacji cieczy technologicznych, aplikacje technik membranowych w technologiach recyklingu i utylizacji, w szczególności wodnych cieczy technologicznych oraz ścieków, biotechnologiczne metody oczyszczania ścieków przemysłowych, niskoodpadowe technologie wytwarzania i regeneracji elementów maszyn i urządzeń, m.in. z zastosowaniem nanokompozytów polimerowych. Rozwijane są także proekologiczne technologie wytwarzania energii, w szczególności: technologie współspalania odpadów palnych z paliwami konwencjonalnymi oraz metody stabilizacji i poprawy właściwości użytkowych biopaliw. Towarzyszy temu rozwój systemów logistycznych w gospodarce odpadami i energią, w tym: systemy pomiarów on-line lotnych i stałych produktów spalania oraz urządzenia do ich realizacji. Równolegle rozwijane są technologie wytwarzania materiałów eksploatacyjnych o podwyższonych walorach ekologicznych, w szczególności specjalistycznych, ekologicznych cieczy eksploatacyjnych na bazie nietoksycznych, biodegradowanych komponentów naturalnych i syntetycznych.

## **Podsumowanie**

Opracowane scenariusze wskazują kierunki rozwoju technologii proekologicznych, racjonalizacji zużycia surowców i zasobów oraz odnawialnych źródeł energii. Wskazują, że zależnie od kierunków i dynamiki zmian czynników determinujących ich rozwój, znaczenia technologii dla zrównoważonego rozwoju gospodarki oraz poziomu gotowości technologicznej rozwijana jest problematyka o charakterze nowatorskim, przełomowym lub przyrostowym. W tym drugim przypadku rozwijane są znane rozwiązania, co wynika między innymi z konieczności spełnienia rosnących wymogów prawnych, dotyczących ochrony środowiska i klimatu.

Opracowane scenariusze stanowią 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.