



Odporność, bezpieczeństwo, transformacja – przyszłość polskiej energetyki w czasach niepewności. Raport z foresightu do 2040

dr Kamil Bromski, dr inż. Natalia Ziemińska, mgr Kinga Panek

Autorzy:

Dr Kamil Bromski

Dr inż. Natalia Ziemińska

Mgr Kinga Panek

Redakcja merytoryczna:

Dr inż. Agata Urbaniak

Dr Paweł Marczewski

Projekt graficzny okładki i skład:

Katarzyna Sypniewska-Pasternak

Redakcja językowa:

Agnieszka Jaworska

Warszawa, październik 2026 r.

Publikacja została opracowana w ramach środków subwencyjnych na 2025 r.
w ramach projektu „Centrum Prognoz Technologicznych”.

Sieć Badawcza Łukasiewicz – ITECH Instytut Innowacji i Technologii
ul. Żelazna 87, 00-879 Warszawa

DOI: 10.36735/OWLE2168

ISBN 978-83-60561-41-6



**Odporność, bezpieczeństwo, transformacja – przyszłość
polskiej energetyki w czasach niepewności.
Raport z foresightu do 2040**

Warszawa, październik 2026

Spis treści



Spis treści	5
EXECUTIVE SUMMARY	7
Model przyjęty w raporcie	9
ANALIZA FORESIGHT	11
FAZA 1. ZROZUMIENIE. DIAGNOZA ISTNIEJĄCEGO STANU	11
Analiza kontekstu i sytuacji w obszarze bezpieczeństwa.....	15
Analiza ocen głównych obszarów technologicznych.....	20
FAZA 2. SYNTEZA I MODELOWANIE	34
Ewaluacja i walidacja czynników wpływu do oceny technologii jądrowych.....	35
Oddziaływania między czynnikami wpływu na scenariusze.....	38
Wybór scenariusza wiodącego, rezerwowego i anty-scenariusza.....	41
Szkice scenariuszy.....	44
FAZA 3. ANALIZA I SELEKCJA	51
Kierunki działań.....	54
FAZA 4. TRANSFORMACJA.....	67
Przejście od kierunków działań do pakietów polityk publicznych.....	67
Rekomendacje.....	69
PODSUMOWANIE	83
Spis tabel i wykresów.....	85
O Autorach	86



Bezpieczeństwo energetyczne Polski do 2040 roku należy rozpatrywać jako problem hybrydowy, wymagający ujęcia w dwóch komplementarnych perspektywach. Perspektywa geopolityczna odpowiada na pytanie, jakie zagrożenia dla ciągłości, kosztów i suwerenności dostaw energii wynikają z narastającej niestabilności ładu międzynarodowego, konfliktów zbrojnych, presji na globalne łańcuchy dostaw, rywalizacji o technologie i surowce oraz rosnącego znaczenia zagrożeń hybrydowych i cybernetycznych. Perspektywa technologiczna koncentruje się natomiast na tym, jakie technologie, infrastruktury i zdolności systemowe mogą te zagrożenia ograniczać, nie prowadząc jednocześnie do powstawania nowych zależności. Takie ujęcie pozwala rozumieć bezpieczeństwo energetyczne nie tylko jako zdolność do bieżącego pokrycia zapotrzebowania, lecz jako długookresową zdolność państwa do zapewnienia stabilnych i przystępnych kosztowo dostaw, utrzymania odporności systemu oraz kontynuowania transformacji w warunkach wysokiej niepewności.

W przeprowadzonym badaniu foresight zidentyfikowano sześć kluczowych obszarów technologicznych: odnawialne źródła energii, energetyka jądrowa, wodór niskoemisyjny i e-paliwa, inteligentne sieci i cyfrowa energetyka, magazynowanie energii oraz power-to-heat i czyste ciepło systemowe. Ich analiza doprowadziła do konkluzji, że fundamentem bezpieczeństwa energetycznego jest zintegrowany system oparty na zróżnicowanych źródłach oraz nowoczesnej infrastrukturze. Z uwagi na najwyższe znaczenie strategiczne przy jednoczesnej wysokiej niepewności czynników otoczenia, to energetyka jądrowa została poddana szczegółowemu modelowaniu scenariuszowemu. Decydująca będzie zdolność państwa do utrzymania finansowania, ciągłości decyzji politycznych i instytucjonalnych, sprawnego zarządzania inwestycjami, zabezpieczenia krytycznych dostaw oraz budowania społecznej akceptacji. Sformułowane wnioski posłużyły do przeprowadzenia modelowania scenariuszowego, którego efektem są trzy ścieżki rozwoju

Tabela 1: Scenariusze rozwoju energetyki atomowej w Polsce

Scenariusz peryferyjny – antyscenariusz ostrzegawczy	Scenariusz stabilnego wdrożenia – scenariusz wiodący	Scenariusz ambitnej transformacji – scenariusz rezerwowo i aspiracyjny
Zatrzymanie finansowania i długotrwała blokada polityczna prowadzą do spowolnienia lub paraliżu programu. Wysoka zależność od zagranicznych technologii, komponentów i kompetencji oraz narastający opór społeczny pogłębiają podatność inwestycji na zakłócenia.	Program jest realizowany w przewidywalnym tempie, w warunkach stabilnego finansowania, ciągłości strategicznych decyzji, sprawnego nadzoru administracyjnej i społecznej akceptacji. Kolejne kamienie milowe są osiągnięte zgodnie z harmonogramem, a energetyka jądrowa staje	Wysoka sprawność wykonawcza, szerokie poparcie społeczne, dynamiczne finansowanie oraz zintegrowane zarządzanie projektem pozwalają na dotrzymanie terminów, a nawet bezpiecznie przyspieszają realizację programu. Transformacja staje się

Polska nie osiąga zakładanych zdolności wytwórczych i traci możliwość rozwijania krajowych kompetencji, przemysłu i pozycji w europejskiej transformacji energetycznej.	się trwałym filarem bezpieczeństwa energetycznego.	impulsem do rozwoju krajowego przemysłu, kompetencji technologicznych, zaplecza badawczego i zdolności administracyjnych.
---	--	---

Źródło: opracowanie własne

Wnioski z badania foresight pozwalają na kierunkowe rekomendacje działań publicznych w perspektywie do 2040 roku. Długookresowy charakter programu jądrowego oraz skala związanych z nim niepewności przemawiają za stopniowym wzmacnianiem zdolności państwa do konsekwentnego prowadzenia inwestycji ponad cyklami politycznymi, budżetowymi i organizacyjnymi. W pierwszej kolejności zasadne wydaje się operacyjne powiązanie już funkcjonujących mechanizmów koordynacji, bez konieczności tworzenia kolejnych struktur instytucjonalnych. Uzupelnieniem tego działania powinno być przypisanie odpowiedzialności za osiągnięcie kamieni milowych oraz uzupełnienie nadzoru nad prawidłowością procedur o ocenę rzeczywistej gotowości programu – finansowej, administracyjnej, infrastrukturalnej, kadrowej i technologicznej. W takim ujęciu wydanie decyzji, zawarcie umowy lub uruchomienie finansowania byłoby analizowane również pod kątem tego, czy rzeczywiście umożliwia przejście do kolejnego etapu inwestycji.

Istotnym uzupełnieniem tego podejścia byłby rządowy mechanizm wczesnego ostrzegania i interwencji, pozwalający identyfikować narastające problemy, zanim przełożą się one na trwałe opóźnienia lub znaczący wzrost kosztów. Monitoring mógłby obejmować przewidywane przesunięcia ścieżki krytycznej, opóźnienia decyzji administracyjnych, ryzyko utraty kluczowego dostawcy, niedobory kompetencji, a także zagrożenia cybernetyczne i fizyczne. Celowe wydaje się przy tym określenie dla poszczególnych progów ostrzegawczych odpowiedzialnego podmiotu, oczekiwanej reakcji, terminu przedstawienia planu naprawczego oraz ścieżki eskalacji. Rozwiązanie takie sprzytałoby zarówno ograniczaniu ryzyka dryfu w stronę scenariusza peryferyjnego, jak i wcześniejszemu rozpoznawaniu warunków umożliwiających bezpieczne przyspieszenie realizacji programu.

Szczególne znaczenie nabiera również ciągłość finansowania, decyzji i wiedzy instytucjonalnej. Wieloletnie ramy finansowe, stabilne mechanizmy odpowiedzialności oraz uporządkowane gromadzenie dokumentacji i doświadczeń mogą ograniczać ryzyko ponownego otwierania wcześniej rozstrzygniętych kwestii oraz utraty kompetencji w następstwie zmian personalnych lub politycznych. W tym samym kierunku warto rozwijać politykę kontraktową. Umowy z partnerami technologicznymi i wykonawcami mogą pełnić nie tylko funkcję ochrony interesów inwestora, lecz także wspierać realizację celów państwa poprzez zabezpieczenie terminów, kosztów, dostępu do technologii, dokumentacji, paliwa, kompetencji i krytycznych komponentów.

Elementem dojrzałego zarządzania strategiczną inwestycją jest również przygotowanie wariantów działania na wypadek czasowego spowolnienia lub zatrzymania prac. Nie oznacza to zakładania niepowodzenia programu, lecz zwiększanie jego odporności. Wcześniejsze określenie minimalnego poziomu finansowania i zatrudnienia, zasad ochrony dokumentacji, licencji, terenów, zamówionych komponentów oraz kluczowych zespołów pozwalałoby ograniczyć koszty przerwy i zachować możliwość sprawnego wznowienia inwestycji. Podobne znaczenie ma zabezpieczenie relacji z instytucjami finansującymi, partnerami zagranicznymi, samorządami i społecznościami lokalnymi.

Inwestycja w energię jądrową stwarza zarazem możliwość trwałego podniesienia zdolności państwa i gospodarki. Jej wartością dodaną mogą być nie tylko nowe jednostki wytwórcze, ale również rozwój kompetencji administracyjnych, dozorowych, inżynierskich, finansowych, badawczych i edukacyjnych oraz stopniowe włączanie polskich przedsiębiorstw do międzynarodowych łańcuchów dostaw. Rozbudowa krajowego zaplecza przemysłowego i instytucjonalnego zwiększałaby odporność programu w każdym z analizowanych scenariuszy: ograniczałaby skutki ewentualnego spowolnienia, wspierałaby przewidywalność stabilnego wdrożenia i poszerzałaby korzyści gospodarcze w warunkach ambitnej transformacji.

Model przyjęty w raporcie

Analiza bezpieczeństwa energetycznego Polski przyjmuje dualny charakter. Z jednej strony, dotyczy obszaru strategicznego, który wpływa na stabilność gospodarki, odporność państwa oraz jego pozycję w relacjach międzynarodowych. Z drugiej strony, skuteczność podejmowanych decyzji zależy od rzeczywistych możliwości technologicznych i rynkowych: dojrzałości poszczególnych rozwiązań, dostępności finansowania, zdolności infrastruktury do ich integracji, bezpieczeństwa łańcuchów dostaw oraz potencjału krajowego przemysłu. Z tego względu w raporcie przyjęto podejście łączące perspektywę geopolityczną z oceną technologii, warunków ich wdrażania i możliwego wpływu na gospodarkę. Pozwala ono odpowiedzieć zarówno na pytanie o zagrożenia wynikające ze współczesnego globalnego nietądn, jak i o rozwiązania technologiczne oraz mechanizmy rynkowe, które mogą ograniczać ich konsekwencje.

Analizę uporządkowano w ramach siedmiu wzajemnie powiązanych wymiarów: państwa i ładu instytucjonalnego; gospodarki, kosztów i konkurencyjności; rynku i modeli biznesowych; społeczeństwa i sprawiedliwej transformacji; suwerenności i odporności, obejmującej również cyberbezpieczeństwo oraz ochronę fizyczną infrastruktury; innowacji i zdolności przemysłowych; a także popytu oraz zmieniających się wzorców życia i produkcji. Każdy z tych wymiarów przeanalizowano według wspólnego schematu, obejmującego cel w perspektywie 2040 roku, najważniejsze pytania decyzyjne, źródła niepewności, oczekiwane kamienie milowe, wskaźniki monitorowania, potencjalne ryzyka oraz dostępne warianty działania. Tak skonstruowany model pozwala rozpatrywać technologie nie jako odrębne rozwiązania techniczne, lecz jako elementy szerszego systemu gospodarczego i społecznego. Przykładowo decyzje dotyczące taryf, przyłączy lub inwestycji sieciowych oceniane są równocześnie z punktu widzenia

kosztów dla odbiorców, rentowności projektów, konkurencyjności przemysłu i społecznej akceptacji transformacji.

Podstawę analizy stanowiły zarówno źródła pierwotne, w tym akty prawne, dokumenty strategiczne i regulacyjne, sprawozdania operatorów oraz dane statystyczne i operacyjne, jak i źródła wtórne: raporty branżowe, analizy instytucji międzynarodowych, literatura naukowa oraz wybrane materiały eksperckie. Szczególne znaczenie przypisano polskim źródłom instytucjonalnym i dokumentom Unii Europejskiej, ponieważ to one wyznaczają realne ramy podejmowania i wdrażania decyzji publicznych. Równolegle identyfikowano rozbieżności oraz luki informacyjne. Tam, gdzie dostępne dane prowadziły do odmiennych wniosków, wskazywano zakres niepewności i jego znaczenie dla interpretacji wyników, zamiast przyjmować jedną pozornie precyzyjną wartość. Pozwoliło to zachować przejrzystość procesu badawczego i powiązać formułowane wnioski z konkretnymi źródłami, datami oraz przesłankami analitycznymi.

Prognozowanie (foresight) w raporcie zostało oparte na analizie scenariuszowej oraz metodzie backcastingu. Punktem wyjścia były najważniejsze niepewności wpływające na tempo i kierunek transformacji: zdolność instytucji do współpracy i podejmowania spójnych decyzji, koszt kapitału i dostępność finansowania, stabilność otoczenia geopolitycznego i łańcuchów dostaw, a także poziom akceptacji społecznej i uczestnictwa obywateli. Na tej podstawie opracowano spójne warianty przyszłości, różniące się nie tyle poziomem deklarowanych ambicji, ile mechanizmem prowadzącym do określonych rezultatów. Dla każdego wariantu uwzględniono możliwe zachowania administracji, inwestorów, przedsiębiorstw, instytucji finansowych i odbiorców energii oraz ich wpływ na kierunek polityki energetycznej. Backcasting umożliwił następnie przejście od obrazu sytuacji w 2040 roku do decyzji, które należałoby rozważyć wcześniej. Dla poszczególnych scenariuszy wskazano kamienie milowe w latach 2026, 2030, 2035 i 2040 oraz warunki, od których zależy osiągnięcie zakładanych rezultatów. Dzięki temu scenariusze nie pełnią wyłącznie funkcji opisowej, lecz służą ocenie, czy obecne działania przybliżają Polskę do stabilnego rozwoju systemu energetycznego, czy zwiększają ryzyko opóźnień, utraty konkurencyjności albo powstania nowych zależności technologicznych i surowcowych.

Do monitorowania zmian wykorzystano wspólny zestaw wskaźników odnoszących się do sprawności instytucji, kosztów transformacji, bezpieczeństwa dostaw, odporności systemu, konkurencyjności gospodarki oraz społecznego udziału w przemianach energetycznych. Analizowano między innymi czas wydawania decyzji i pozwoleń, przewidywalność regulacji, koszt kapitału dla projektów, skalę inwestycji, dywersyfikację importu, stabilność dostaw, udział wydatków na energię w budżetach gospodarstw domowych, a także rozwój prosumeryzmu i lokalnych modeli energetycznych. Specjalistyczne miary techniczne, takie jak wskaźniki niezawodności systemu czy dostępnej elastyczności popytu, wykorzystano jako źródło informacji o konsekwencjach gospodarczych i społecznych, a nie jako cel analizy sam w sobie.



FAZA 1. ZROZUMIENIE. DIAGNOZA ISTNIEJĄCEGO STANU

WYMIAR BEZPIECZEŃSTWA ENERGETYCZNEGO POLSKI W 2025 ROKU

Bezpieczeństwo energetyczne stanowi fundament stabilności gospodarczej państwa, a jego interpretacja ewoluuje wraz z wyzwaniami wynikającymi z transformacji systemowej. W świetle Ustawy Prawo energetyczne, bezpieczeństwo to stan gospodarki umożliwiający pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy zachowaniu wymagań ochrony środowiska, co de facto nadaje tej kategorii trójwymiarowy charakter: niezawodności dostaw, przystępności kosztowej i zgodności środowiskowej¹. Definicja ta nadaje bezpieczeństwu energetycznemu trzy zasadnicze wymiary: niezawodność dostaw, przystępność kosztową oraz zgodność środowiskową. Współczesne podejście, znajdujące odzwierciedlenie zarówno w dokumentach strategicznych, jak i ujęciu Międzynarodowej Agencji Energetycznej (MAE), rozszerza tę perspektywę o zdolność systemu do utrzymania ciągłości funkcjonowania i adaptacji w warunkach zakłóceń dostaw, gwałtownych zmian cen czy innych sytuacji kryzysowych. W niniejszym opracowaniu bezpieczeństwo energetyczne jest zatem rozumiane jako zdolność systemu energetycznego do zapewnienia stabilnych, dostępnych i zrównoważonych dostaw energii przy jednoczesnym wzmacnianiu odporności państwa oraz realizacji celów transformacji energetycznej².

Na poziomie strategicznym kluczową rolę pełni Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku (PEP2040), która – jako dokument ramowy – porządkuje cele bezpieczeństwa w przekroju sektorowym, kładąc nacisk na dywersyfikację nośników i kierunków dostaw, modernizację i rozbudowę infrastruktury przesyłowo-dystrybucyjnej, rozwój nowych mocy wytwórczych (w tym energetyki jądrowej) oraz podnoszenie efektywności energetycznej i elastyczności po stronie popytu; łącznie ma to ograniczać wrażliwość

¹ Sejm RP, 2024, *Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo Energetyczne*, art. 3 pkt 16, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU19970540348>, dostęp z dnia 20.08.2025.

² Sejm RP, 2024, *Prawo Energetyczne – przepisy ogólne*, <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/prawo-energetyczne-16798478>; Rada Ministrów/MKIŚ, 2021, *Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. (Pep2040)*, Monitor Polski 2021 poz. 264, <https://www.dziennikustaw.gov.pl/MP/2021/264>, dostęp z dnia 20.08.2025.

gospodarki na wstrząsy paliwowe oraz stabilizować warunki rozwoju sektora³. W szerszej perspektywie bezpieczeństwo energetyczne w Polsce lokowane jest także w ramach bezpieczeństwa narodowego, gdzie obok wymiaru gospodarczego podkreśla się odporność infrastruktury krytycznej i zdolność do współdziałania na poziomie regionalnym i sojuszniczym; ujęcie to ugruntowano już dawno w Białej Księdze Bezpieczeństwa Narodowego RP, która integrowała wnioski strategicznego przeglądu bezpieczeństwa i wskazywała na konieczność rozwoju zdolności zapobiegawczych, reagowania i odtwarzania po incydentach⁴. Operacjonalizacja pojęcia w praktyce regulacyjnej i analitycznej wymaga spójnej bazy statystycznej i monitoringu trendów; funkcję takiego „twardego zaplecza” pełnią regularne publikacje Głównego Urzędu Statystycznego opisujące produkcję i wykorzystanie nośników energii, energii elektrycznej oraz ciepła, co pozwala śledzić zmiany struktury bilansu i dynamikę popytu⁵.

Specyfika polskiego bezpieczeństwa energetycznego historycznie wiązała się z wysokim udziałem węgla w wytwarzaniu energii i ciepła oraz z uwarunkowaniami geograficznymi determinującymi strukturę połączeń transgranicznych i kierunki importu paliw. Agresja Rosji na Ukrainę w 2022 roku zasadniczo zmieniła uwarunkowania bezpieczeństwa energetycznego Europy, czyniąc priorytetem ograniczenie zależności od rosyjskich surowców energetycznych. W odpowiedzi Polska przyspieszyła dywersyfikację kierunków dostaw, rozwój infrastruktury importowej i przesyłowej oraz działania na rzecz zwiększenia samowystarczalności energetycznej i odporności systemu na zewnętrzne zakłócenia. Dokumenty strategiczne akcentują w tym kontekście konieczność dalszego wzmacniania bezpieczeństwa dostaw poprzez dywersyfikację źródeł energii i ograniczanie podatności na ryzyka geopolityczne⁶. W wymiarze gazowym symbolami tej korekty są terminal LNG w Świnoujściu oraz gazociąg Baltic Pipe, które stały się „twardymi” instrumentami dywersyfikacji kierunków i źródeł dostaw oraz sezonowego buforowania bezpieczeństwa; operator krajowego systemu przesyłowego opisuje je jako projekty strategiczne, które umożliwiają odbiór LNG praktycznie z dowolnego kierunku oraz utworzenie nowego korytarza dostaw z Norwegii, a ostatnia rozbudowa terminalu zwiększyła jego nominalną zdolność

³ Szerzej na ten temat: Ministerstwo Klimatu i Środowiska, *Strona informacyjna PEP2040*, <https://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski>, dostęp z dnia 20.08.2025.

⁴ Biuro Bezpieczeństwa Narodowego, 2013, *Biała Księga Bezpieczeństwa Narodowego RP*, <https://www.bbn.gov.pl/pl/informacje-o-bbn/publikacje/6815%2CBiala-Ksiega-Bezpieczenstwa-Narodowego-RP.pdf>, dostęp z dnia 20.08.2025.

⁵ Szerzej na ten temat: Główny Urząd Statystyczny, 2024, *Energia 2024*, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-2024,1,12.html>, dostęp z dnia 20.08.2025.

⁶ Rada Ministrów, Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2021, *PEP2040*, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WMP20210000264>; Główny Urząd Statystyczny, 2024, *Energia 2024*, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-2024,1,12.html>, dostęp z dnia 20.08.2025.

regazyfikacji⁷. Polskie bezpieczeństwo energetyczne ma zatem charakter wielopoziomowy: łączy regulacje i instrumenty krajowe, unijne ramy rynkowe i infrastrukturalne oraz zobowiązania sojuszników, a jego skuteczność jest funkcją koordynacji międzysektorowej pomiędzy paliwami, elektroenergetyką i ciepłownictwem oraz jakości współpracy transgranicznej; w warstwie strategicznej PEP2040 i dokumenty bezpieczeństwa narodowego zarysowują tę integrację jako stałą cechę polityki państwa⁸. W sferze regulacyjnej istotną rolę pełni Prezes Urzędu Regulacji Energetyki, który – jako centralny organ administracji rządowej – realizuje zadania z zakresu regulacji gospodarki paliwami i energią oraz promowania konkurencji. Przekłada się to na zatwierdzanie i kontrolę taryf, nadzór nad rynkami energii i monitorowanie jakości usług, a więc pośrednio na wymiar społeczny i kosztowy bezpieczeństwa; zakres kompetencji organu wynika wprost z przepisów prawa energetycznego oraz jest szczegółowo prezentowany na stronie URE⁹.

Na tej podstawie można przyjąć, iż bezpieczeństwo energetyczne to stan oraz zdolność systemu energetycznego Polski – funkcjonującego w ramach Unii Europejskiej i NATO – do zapewniania nieprzerwanych, przystępnych kosztowo i środowiskowo akceptowalnych usług energetycznych w krótkim, średnim i długim horyzoncie, dzięki kombinacji adekwatności technicznej, odporności infrastruktury i łańcuchów dostaw, sprawności ładu rynkowo-regulacyjnego, kompetencji instytucjonalnych oraz innowacji technologicznych, przy jednoczesnym utrzymaniu odporności społecznej i konkurencyjności gospodarki¹⁰. Definicja ta jest spójna z unijnym rozumieniem bezpieczeństwa w logice affordability–security–sustainability, osadzonym w Europejskim Zielonym Ładzie i wzmacnianym przez działania kryzysowe REPowerEU po 2022 r.¹¹. W polskim porządku prawnym bezpieczeństwo energetyczne ma wymiar normatywny i operacyjny, łączący ciągłość dostaw, efektywność ekonomiczną i wymogi

⁷ Na podstawie: GAZ-SYSTEM, *Informacje o terminalu LNG*, <https://www.gaz-system.pl/pl/terminal-lng/informacje-o-terminalu-lng.html>; GAZ-SYSTEM, *Baltic Pipe*, <https://www.gaz-system.pl/pl/system-przesylowy/wsparcie-ue/inwestycje-zrealizowane-ze-srodkow-ue/baltic-pipe.html>; LNGIndustry, 2025, *Gaz-System Completes Świnoujście LNG Terminal Expansion*, <https://www.lngindustry.com/regasification/24012025/gaz-system-completes-winoujcie-lng-terminal-expansion>, dostęp z dnia 20.08.2025.

⁸ Rada Ministrów, Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2021, *PEP2040*, <https://www.dziennikustaw.gov.pl/MP/2021/264>; BBN, 2013, *Biała Księga Bezpieczeństwa Narodowego RP*, <https://www.bbn.gov.pl/pl/informacje-o-bbn/publikacje/6815%2CBiala-Ksiega-Bezpieczenstwa-Narodowego-RP.pdf>, dostęp z dnia 20.08.2025.

⁹ Sejm RP, 2024, *Prawo Energetyczne, art. 21 i 23*, <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/prawo-energetyczne-16798478/art-23>; URE, 2013, *Zadania Prezesa URE*, <https://www.ure.gov.pl/pl/urzed/informacje-ogolne/kompetencje-prezesa-ur/6533,Zadania-Prezesa-URE.html>, dostęp z dnia 17.08.2025.

¹⁰ Sejm RP, 2024, *Prawo Energetyczne*, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU19970540348>; IEA, 2024, *Energy Security — key concepts*, <https://www.iea.org/topics/energy-security>, dostęp z dnia 17.08.2025.

¹¹ Komisja Europejska, 2019, *The European Green Deal*, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>; Komisja Europejska, 2022, *REPOWER EU PLAN*, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022DC0230>, dostęp z dnia 17.08.2025.

ochrony środowiska, co wyznacza ramy analityczne dla całego łańcucha energii od paliw po końcowe usługi energetyczne¹². W perspektywie członkostwa w UE i NATO bezpieczeństwo energetyczne jest zarazem dobrem publicznym i krytyczną zdolnością państw, w której znaczącą rolę odgrywają mechanizmy solidarności, interoperacyjność infrastruktury oraz współdzielenie informacji i zasobów, w tym w wymiarze ochrony infrastruktury krytycznej i cyberbezpieczeństwa¹³.

W wymiarze ekonomicznym i społecznym bezpieczeństwo energetyczne oznacza dziś zdolność do łagodzenia kosztów transformacji dla przemysłu i gospodarstw domowych, przy jednoczesnym utrzymaniu przewidywalności regulacyjnej i dostępności kapitału. Najnowsze przeglądy rynku podkreślają, że inwestycje sieciowe, wytwórcze i magazynowe będą charakteryzować się wysoką kapitałochłonnością, ale ich odroczenie zwiększa koszty energii w horyzoncie średnim poprzez ograniczenia podażowe i rosnące ryzyko niedostępności mocy¹⁴. Węgiel pozostaje ważnym elementem bilansu i bezpieczeństwa operacyjnego KSE w okresach niskiej produkcji OZE, ale jego rola systematycznie maleje w wyniku polityk klimatycznych, presji kosztowej i starzenia parku wytwórczego. Wymusza to zarazem uporządkowaną ścieżkę wycofywania mocy z zapewnieniem odpowiedniej rezerwy oraz sprzyja poszukiwaniu elastyczności w gazie, magazynach, DSR. Na poziomie regionu analizy IPE pokazują, że różnice w stopniu integracji i dywersyfikacji historycznie zwiększały ryzyko przerw w dostawach w Europie Środkowej, a polskie projekty infrastrukturalne (LNG, Baltic Pipe) modyfikują tę mapę ryzyka na korzyść odporności transgranicznej¹⁵.

¹² Sejm RP, 2024, *Prawo Energetyczne*, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU19970540348>, dostęp z dnia 17.08.2025.

¹³ Na podstawie: NATO ENSEC COE, Energy Security, <https://enseccoe.org/>; Unia Europejska, 2022, *NIŚ2 – DIRECTIVE (EU) 2022/2555*, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2555>, dostęp z dnia 17.08.2025.

¹⁴ Arthur D.Little, 2024, *Rynek energii w Polsce 2024*, https://www.adlittle.com/sites/default/files/2024-04/Rynek%20energii%20w%20Polsce%202024_Arthur%20D.%20Little.pdf, dostęp z dnia 07.08.2025.

¹⁵ Ruszel, Podmiotko [red.], 2019, *Bezpieczeństwo energetyczne Polski i Europy. Uwarunkowania – wyzwania – innowacje*, Instytut Polityki Energetycznej.

ZDEFINIOWANE OBSZARY TECHNOLOGICZNE

Na potrzeby raportu przyjęto sześć obszarów technologicznych, które mogą w największym stopniu kształtować bezpieczeństwo energetyczne Polski do 2040 roku. Katalog ten nie stanowi pełnej klasyfikacji wszystkich technologii energetycznych, lecz analityczny wybór obszarów istotnych z punktu widzenia przyszłej struktury wytwarzania, stabilności dostaw, kosztów energii, odporności infrastruktury oraz zależności od zagranicznych paliw, komponentów i dostawców technologii. Podstawę wyboru stanowią trzy wzajemnie uzupełniające się perspektywy. Pierwszą wyznaczały kierunki określone w polskich i unijnych dokumentach strategicznych oraz regulacjach dotyczących transformacji energetycznej, bezpieczeństwa dostaw i dekarbonizacji. Drugą były uwarunkowania krajowego systemu: wysoki udział paliw kopalnych, stan infrastruktury sieciowej, znaczenie ciepłownictwa systemowego, rosnący udział źródeł odnawialnych oraz potrzeby przemysłu. Trzecia perspektywa obejmowała zmiany technologiczne i rynkowe zachodzące w Europie i na świecie, w tym dojrzałość rozwiązań, dostępność finansowania, powstawanie nowych modeli biznesowych oraz odporność ich łańcuchów dostaw.

Każdy obszar rozumiany jest szerzej niż pojedyncza technologia. Obejmuje także infrastrukturę potrzebną do jej wykorzystania, otoczenie regulacyjne, źródła finansowania, relacje z odbiorcami oraz warunki powstania trwałego rynku. Pozwala to oceniać nie tylko, czy dane rozwiązanie jest technicznie dostępne, lecz także, czy może zostać wdrożone na odpowiednią skalę i rzeczywiście poprawić bezpieczeństwo energetyczne, nie tworząc przy tym nowych kosztów i zależności. Sześć obszarów tworzy komplementarną architekturę przyszłego systemu energetycznego. OZE i energetyka jądrowa odpowiadają przede wszystkim za rozwój krajowych, niskoemisyjnych źródeł podaży. Sieci i magazyny umożliwiają ich integrację oraz utrzymanie stabilności systemu. Czyste ciepło przenosi korzyści transformacji do budynków i sektora komunalnego, natomiast wodór i e-paliwa tworzą opcję dla procesów, których nie można łatwo zelektryfikować. Bezpieczeństwo energetyczne do 2040 roku będzie więc zależało nie od wskazania jednej technologii dominującej, lecz od zdolności do skoordynowanego rozwoju tych obszarów, ich wzajemnego uzupełniania oraz dostosowania do możliwości infrastrukturalnych, finansowych i przemysłowych Polski.

OBSZAR 1. ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII: FOTOWOLTAIKA, WIATR LĄDOWY I MORSKI

OZE stają się podstawowym źródłem nowych mocy wytwórczych oraz jednym z głównych sposobów ograniczania zależności kosztów produkcji energii od cen paliw kopalnych. Obszar ten obejmuje zarówno wielkoskalowe farmy fotowoltaiczne i wiatrowe, rozwój energetyki morskiej, jak i źródła prosumenckie oraz instalacje hybrydowe. Ich znaczenie dla bezpieczeństwa energetycznego wynika z możliwości zwiększenia krajowej podaży energii przy ograniczeniu importu paliw i emisji. Globalne prognozy wskazują przy tym, że fotowoltaika i energetyka wiatrowa będą odpowiadały za zasadniczą część przyrostu nowych mocy, pod warunkiem równoległego rozwoju sieci i magazynowania energii¹⁶. Wraz ze wzrostem udziału OZE zmienia się jednak charakter wyzwania. Kluczowe staje się już nie tylko tempo budowy nowych źródeł, lecz także zdolność systemu do odbierania i wykorzystywania produkowanej przez nie energii. Wartość OZE zależy zatem od równoległej rozbudowy sieci, magazynów, systemów prognozowania i sterowania oraz mechanizmów pozwalających elastycznie reagować na zmiany podaży i popytu. W Polsce moc OZE przekroczyła w połowie 2025 roku 35,7 GW, co pokazuje, że barierą rozwoju staje się w coraz większym stopniu nie sama dostępność projektów, lecz możliwość ich przyłączania i integracji z Krajowym Systemem Elektroenergetycznym. OZE tworzą więc trzon nowej podaży energii, ale ich znaczenie systemowe ujawnia się dopiero w połączeniu z pozostałymi elementami transformacji¹⁷.

OBSZAR 2. ENERGETYKA JĄDROWA

Energetyka jądrowa może pełnić funkcję stabilnego, niskoemisyjnego źródła energii, uzupełniającego rosnącą produkcję ze źródeł odnawialnych. Duże bloki są rozpatrywane przede wszystkim jako element zapewniający dyspozycyjne moce dla krajowego systemu elektroenergetycznego, ograniczający jego ekspozycję na zmienność cen paliw kopalnych. Technologie SMR i AMR mogą natomiast w przyszłości poszerzyć zakres zastosowań energii jądrowej o przemysł, ciepłownictwo, produkcję wodoru i zasilanie dużych, stabilnych odbiorców energii¹⁸.

¹⁶ International Energy Agency [IEA], 2024, *Renewables 2024 – Executive summary*, <https://www.iea.org/reports/renewables-2024/executive-summary>; IEA, 2024, *Renewables 2024 – Analysis and forecast to 2030*, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/88a07dd9-42fe-4232-842e-9015b4b647f8/Renewables2024.pdf>, dostęp z dnia 21.08.2025.

¹⁷ Patrz: Polskie Sieci Elektroenergetyczne, 2025, *Raporty za 2024 – Funkcjonowanie KSE*, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-rocne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2024>; URE, 2025, *2024 – Charakterystyka rynku energii elektrycznej*, <https://www.ure.gov.pl/pl/energia-elektryczna/charakterystyka-rynku/12744,2024.html>; URE, 2025, *Raport: w 2024 r. w małych instalacjach OZE wyprodukowano niemal 4,8 TWh energii*, <https://www.ure.gov.pl/pl/urzed/informacje-ogolne/aktualnosci/12642,Raport-URE-w-2024-r-w-malych-instalacjach-OZE-wyprodukowano-niemal-48-TWh-energi.html>, dostęp z dnia 21.08.2025.

¹⁸ International Energy Agency [IEA], 2019, *Nuclear Power in a Clean Energy System*, <https://www.iea.org/reports/nuclear-power-in-a-clean-energy-system>; Ministerstwo Klimatu i Środowiska,

Znaczenie tego obszaru wykracza poza parametry samej technologii. Program jądrowy wymaga wieloletniego finansowania, stabilnych ram politycznych i regulacyjnych, przygotowanej infrastruktury, odpowiednio rozwiniętego dozoru oraz dostępu do paliwa, komponentów i wyspecjalizowanych kompetencji. W przypadku dużych bloków jednym z kluczowych zagadnień pozostaje model podziału ryzyka pomiędzy państwem, inwestorem, wykonawcami i odbiorcami energii. Rozwijane w Europie modele kontraktowe, takie jak długoterminowe kontrakty różnicowe oraz Regulated Asset Base, pokazują, że struktura finansowania bezpośrednio wpływa zarówno na harmonogram realizacji, jak i przyszły koszt energii¹⁹. Energetyka jądrowa może więc istotnie zwiększyć stabilność systemu, ale jednocześnie pozostaje przedsięwzięciem o długim cyklu inwestycyjnym, wysokiej kapitałochłonności oraz znaczącej zależności od międzynarodowych partnerów technologicznych.

OBSZAR 3. WODÓR NISKOEMISYJNY I E-PALIWA

Wodór i paliwa syntetyczne są istotne przede wszystkim tam, gdzie bezpośrednia elektryfikacja pozostaje technicznie trudna lub ekonomicznie nieuzasadniona. Dotyczy to między innymi części przemysłu chemicznego, produkcji nawozów, hutnictwa, transportu morskiego i lotniczego. W tym ujęciu wodór nie jest uniwersalnym zamiennikiem energii elektrycznej, lecz nośnikiem przeznaczonym dla konkretnych procesów przemysłowych i transportowych, w których może pełnić funkcję reagentu, paliwa lub sposobu magazynowania energii²⁰. Powstanie tego rynku zależy nie tylko od rozwoju elektrolizerów, ale także od dostępności konkurencyjnej cenowo energii niskoemisyjnej, infrastruktury przesyłowej i magazynowej, terminali oraz wiarygodnego popytu ze strony przemysłu. Istotne są także unijne zasady certyfikacji, określające warunki uznawania wodoru za odnawialny, oraz kontrakty długoterminowe pozwalające potążyć projekty produkcyjne z konkretnymi odbiorcami. Doświadczenia European Hydrogen Bank i mechanizmu H2Global wskazują, że jednym z podstawowych problemów rynku pozostaje różnica pomiędzy kosztem produkcji a ceną, którą są gotowi zapłacić odbiorcy²¹. Polska posiada potencjalne centra popytu w dużych

2021/2024, *Energy Policy of Poland until 2040 (PEP2040)*, <https://www.gov.pl/web/climate/energy-policy-of-poland-until-2040-epp2040>, dostęp z dnia 14.08.2025.

¹⁹ Polskie Elektrownie Jądrowe, 2023, *Uzyskaliśmy decyzję środowiskową dla pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce*, <https://pej.pl/dla-mediow/aktualnosc/uzyskalismy-decyzje-srodowiskowa-dla-pierwszej-elektrowni-jadrowej-w-polsce/>; Eur-Lex, 2025, *Aid measures for the first nuclear power plant in Poland – C/2025/1389*, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=OJ:C_202501389, dostęp z dnia 14.08.2025.

²⁰ International Energy Agency [IEA], 2024, *Energy Technology Perspectives 2024*, <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2024>; IEA, 2023, *The Role of E-fuels in Decarbonising Transport*, <https://www.iea.org/reports/the-role-of-e-fuels-in-decarbonising-transport>, dostęp z dnia 14.08.2025.

²¹ European Commission, 2023, *Renewable hydrogen production: new rules formally adopted*, https://energy.ec.europa.eu/news/renewable-hydrogen-production-new-rules-formally-adopted-2023-06-20_en, dostęp z dnia 14.08.2025.

zakładach przemysłowych i portach, jednak rozwój tego obszaru będzie zależał od tego, czy projekty demonstracyjne przekształcą się w trwałe łańcuchy podaży, infrastruktury i odbioru.

OBSZAR 4. INTELIGENTNE SIECI I CYFROWA ENERGETYKA

Sieci elektroenergetyczne wraz z ich warstwą cyfrową stają się podstawową infrastrukturą umożliwiającą funkcjonowanie całej transformacji. To od ich przepustowości, elastyczności i zdolności do zarządzania przepływami zależy możliwość przyłączania nowych źródeł odnawialnych, magazynów energii, pomp ciepła, samochodów elektrycznych, centrów danych i nowych instalacji przemysłowych. Międzynarodowe analizy wskazują, że niedoinwestowanie sieci może stać się jednym z najważniejszych ograniczeń transformacji, nawet w warunkach szybkiego rozwoju i spadku kosztów technologii wytwórczych²². Obszar ten obejmuje rozbudowę i modernizację sieci przesyłowych i dystrybucyjnych, automatyzację zarządzania, inteligentne opomiarowanie, wykorzystanie danych oraz mechanizmy pozwalające odbiorcom elastycznie reagować na sytuację w systemie. W Polsce istotnym elementem tej zmiany jest uruchomienie Centralnego Systemu Informacji Rynku Energii, który standaryzuje dane dotyczące poboru i produkcji oraz tworzy podstawę dla taryf dynamicznych, agregacji popytu i nowych usług elastyczności. Wraz z cyfryzacją rośnie jednak znaczenie bezpieczeństwa danych, interoperacyjności oraz odporności systemów sterowania. Inteligentne sieci nie stanowią zatem technicznego dodatku do nowych źródeł energii, lecz warunek wykorzystania ich pełnego potencjału oraz utrzymania operacyjnej suwerenności systemu.

OBSZAR 5. MAGAZYNOWANIE ENERGII – BESS, ELEKTROWNIE SZCZYTOWO-POMPOWE I LDES (TERMICZNE, PRZEPŁYWOWE, „POWER-TO-GAS-TO-POWER”)

Magazyny pełnią funkcję bufora pomiędzy zmienną produkcją energii a zapotrzebowaniem odbiorców. Mogą przejmować nadwyżki w okresach wysokiej generacji, oddawać energię w godzinach większego popytu oraz wspierać stabilność częstotliwości i napięcia. Obszar obejmuje zarówno baterie elektrochemiczne, jak i elektrownie szczytowo-pompowe oraz rozwiązania umożliwiające przechowywanie energii przez wiele godzin, dni, a w przyszłości także w cyklach sezonowych. Globalny rynek magazynowania rozwija się wraz ze wzrostem udziału OZE, przy czym najszybciej skalują się obecnie rozwiązania bateryjne, a równolegle rośnie zainteresowanie

²² International Energy Agency (IEA), 2023, *Electricity Grids and Secure Energy Transitions*, <https://www.iea.org/reports/electricity-grids-and-secure-energy-transitions>; IEA, 2023, *Electricity Grids and Secure Energy Transitions – Executive summary*, <https://www.iea.org/reports/electricity-grids-and-secure-energy-transitions/executive-summary>, dostęp z dnia 14.08.2025.

technologiami długotrwałego magazynowania²³. Znaczenie magazynów rośnie wraz ze wzrostem udziału źródeł zmiennych, ale ich rozwój zależy od możliwości uzyskiwania przychodów z kilku różnych usług. Magazyn może uczestniczyć w rynku energii, świadczyć usługi bilansujące, wspierać lokalną sieć albo współpracować bezpośrednio z instalacją odnawialną. W części lokalizacji może również ograniczać potrzebę natychmiastowej rozbudowy tradycyjnej infrastruktury sieciowej. W Polsce podstawę istniejących zdolności magazynowych nadal stanowią elektrownie szczytowo-pompowe, ale rośnie również portfel projektów związanych z technologią baterii magazynujących energię²⁴. O rzeczywistej skali rynku zdecydują zatem nie tylko koszty technologii, lecz także przejrzyste zasady udziału w rynkach bilansujących i modele wynagradzające dyspozycyjność oraz wartość dostarczaną całemu systemowi.

OBSZAR 6. POWER-TO-HEAT I CZYSTE CIEPŁO SYSTEMOWE

W polskich warunkach bezpieczeństwo energetyczne zależy nie tylko od sposobu produkcji energii elektrycznej, ale również od transformacji ogrzewania budynków i ciepłownictwa systemowego. Power-to-heat obejmuje wykorzystanie energii elektrycznej do produkcji ciepła, między innymi za pomocą pomp ciepła i kotłów elektrycznych. Uzupełniają je geotermia, magazyny ciepła, odzysk energii odpadowej oraz modernizacja sieci ciepłowniczych. Rozwiązania te mogą ograniczać zużycie importowanych paliw i ekspozycję odbiorców na wahania cen gazu i węgla, a równocześnie zagospodarowywać nadwyżki produkcji energii ze źródeł odnawialnych²⁵. Szczególne znaczenie ma stopniowe przekształcanie ciepłownictwa systemowego w elastyczną platformę integrującą wiele lokalnych źródeł: wielkoskalowe pompy ciepła, geotermię, ciepło odpadowe i magazyny ciepła. Sieci niskotemperaturowe pozwalają zmniejszać straty i włączać rozwiązania, które nie mogłyby efektywnie funkcjonować w tradycyjnych systemach opartych na wysokich parametrach pracy. Jednocześnie doświadczenia rynku pomp ciepła pokazują, że tempo elektryfikacji ogrzewania pozostaje wrażliwe na koszty początkowe, relację cen energii elektrycznej

²³ Szerzej na ten temat: BloombergNEF, 2025, *Global energy storage growth upheld by new markets*, <https://about.bnef.com/insights/clean-energy/global-energy-storage-growth-upheld-by-new-markets/>, dostęp z dnia 14.08.2025; Long Duration Energy Storage Council, 2024, *Annual Report 2024*, https://www.ldescouncil.com/assets/pdf/2024_LDES_Annual_Report.pdf; U.S. Department of Energy, 2024, *Achieving the promise of low-cost long duration energy storage*, https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-08/Achieving%20the%20Promise%20of%20Low-Cost%20Long%20Duration%20Energy%20Storage_FINAL_08052024.pdf, dostęp z dnia 14.08.2025.

²⁴ URE, 2024, *Magazynowanie energii elektrycznej – raport 2024*, <https://www.ure.gov.pl/download/9/14751/Raportmagazynyenergii.pdf>; PSE, 2025, PRSP 2025–2034 – uzgodniony projekt, <https://www.pse.pl/-/projekt-nowego-planu-rozwoju-sieci-przesylowej-na-lata-2025-2034-uzgodniony>; Portal Samorządowy, 2025, *2 MLD zł na modernizację ESP Porąbka-Żar*, <https://www.portalsamorzadowy.pl/gospodarka-komunalna/2-mld-zl-na-jedyna-podziemna-elektrownie-w-polsce-ukryta-we-wnetrzu-gory,611473.html>, dostęp z dnia 14.08.2025.

²⁵ Bank Światowy, 2024, *Krajowy Raport Klimatyczno-rozwojowy: Polska*, <https://documents.worldbank.org>; International Energy Agency [IEA], 2023, *Electricity Grids and Secure Energy Transitions*, <https://www.iea.org/reports/electricity-grids-and-secure-energy-transitions>, dostęp z dnia 14.08.2025.

i paliw oraz stabilność programów wsparcia. Czyste ciepło jest więc obszarem technologicznie stosunkowo przewidywalnym, ale jego skala będzie zależała od konsekwencji polityki taryfowej, inwestycyjnej i regulacyjnej.

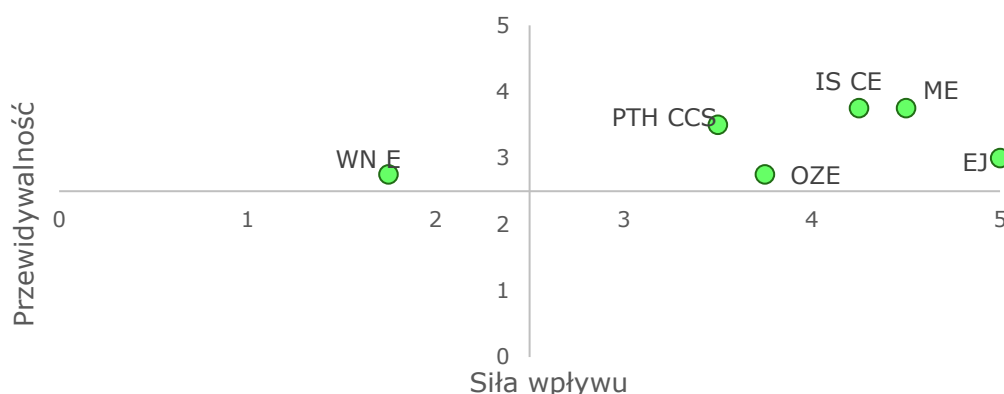
Analiza ocen głównych obszarów technologicznych

Znaczenie sześciu obszarów technologicznych dla bezpieczeństwa energetycznego Polski nie wynika wyłącznie z ich dojrzałości technicznej. O ich rzeczywistym potencjale decydują również stabilność regulacji, warunki finansowania, społeczna akceptacja, oddziaływanie środowiskowe oraz wpływ na zależności technologiczne i surowcowe państwa. Z tego względu każdy z obszarów oceniono w sześciu perspektywach rozszerzonej matrycy PESTEL+: technologicznej, regulacyjno-politycznej, społecznej, środowiskowej, finansowo-rynkowej oraz suwerenności.

W ramach poszczególnych perspektyw określono zarówno siłę wpływu danego czynnika na rozwój technologii i bezpieczeństwo systemu, jak i jego przewidywalność w horyzoncie do 2040 roku. Oceny w pięciostopniowej skali pozwalają odróżnić obszary o stabilnym i stosunkowo przewidywalnym kierunku rozwoju od tych, które mogą mieć zasadnicze znaczenie dla transformacji, ale pozostają silnie uzależnione od decyzji politycznych, kosztów kapitału, zachowań rynku, dostępności komponentów lub akceptacji społecznej. Tak przeprowadzona diagnoza, stanowiąca kluczowy element fazy badawczej w procesie foresightu, dostarczyła wielowymiarowego obrazu potencjału transformacyjnego oraz poziomu niepewności dla badanych technologii. Uzyskane wartości pozwalają na zestawienie i porównanie wyników w obrębie wyznaczonych kryteriów. Umożliwia to bezpośrednie zidentyfikowanie krytycznych sił napędowych transformacji oraz wyłonienie czynników o najwyższym stopniu nieprzewidywalności.

KRYTERIUM TECHNOLOGICZNE

Wykres 1 Porównanie ocen siły wpływu i przewidywalności kryterium technologicznego dla różnych obszarów technologicznych



Legenda: OZE – odnawialne źródła energii; EJ – energetyka jądrowa; WN E – wodór niskoemisyjny i e-paliwa; IS CE – inteligentne sieci i cyfrowa energetyka; ME – magazynowanie energii; PTH CCS – power-to-heat i czyste ciepło systemowe

Źródło: opracowanie własne.

Trzy technologie – energetyka jądrowa, magazynowanie energii oraz odnawialne źródła energii (OZE) – są kluczowe dla przyszłego systemu energetycznego, co potwierdzają najwyższe oceny siły wpływu (odpowiednio: 5,0, 3,8 i 3,8). Zostały one uznane za niekwestionowane czynniki trwałej zmiany w obszarze energetycznym.

W ramach analizy, magazynowanie energii (SW=3,8; P=4,5) wyróżnia się najwyższą przewidywalnością (P=4,5), co sugeruje powszechny konsensus co do jego nieuchronnego i szybkiego rozwoju. Maksymalna ocena potencjału skalowalności i integracji (5,0) potwierdza, że magazyny energii to konieczny filar stabilizacji zdecentralizowanego systemu. Energetyka jądrowa (SW=5,0; P=3,0) ma bezwzględnie najwyższą siłę wpływu (SW=5,0), dzięki pełnej dojrzałości i niezawodności technicznej (obie na poziomie 5,0), lecz jej przewidywalność jest umiarkowana (P=3,0). Ta niepewność bierze się z krytycznie niskiej oceny dla złożoności i skalowalności (1,0). Oznacza to, że pomimo dojrzałości tego rozwiązania, kwestie regulacyjne, finansowe i czasochłonność projektów generują radykalną niepewność co do tempa i skali implementacji, co pozycjonuje energetykę jądrową jako obszar największej niepewności.

Inteligentne sieci i cyfrowa energetyka (SW=2,8; P=4,3) osiągnęły relatywnie najniższą siłę wpływu, lecz są drugim najbardziej przewidywalnym kierunkiem rozwoju (P=4,3). Wysoka pewność wynika z maksymalnej oceny skalowalności (5,0) i zdolności do integracji (4,0); technologie te stanowią infrastrukturalny warunek wstępny transformacji, choć ich dojrzałość techniczna i niezawodność (obie na poziomie 2) wciąż wymagają dopracowania. Odnawialne źródła energii (OZE) (SW=3,8; P=2,8) charakteryzują się wysokim wpływem, ale niską przewidywalnością (P=2,8). Mimo maksymalnej dojrzałości (5,0), niepewność jest determinowana przez umiarkowane

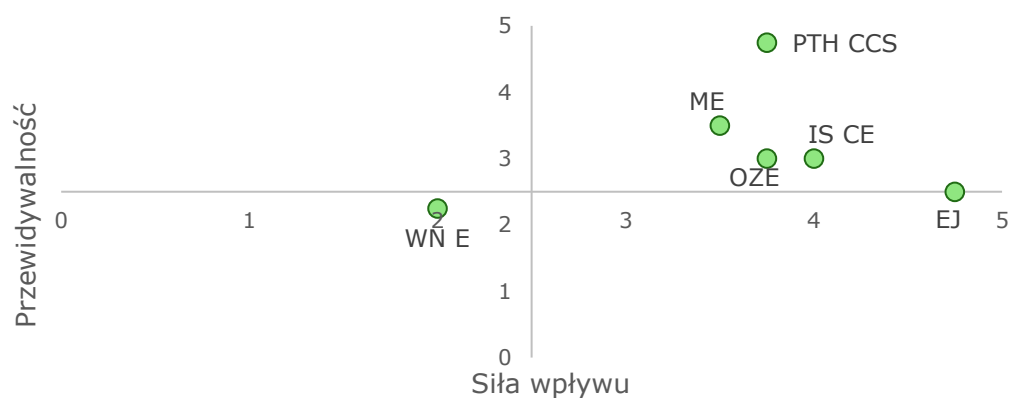
oceny niezawodności, wydajności [3] oraz zdolności do integracji [3], co sugeruje, że wyzwania systemowe i operacyjne związane z niestabilnością OZE pozostają istotnym czynnikiem ryzyka.

Power-to-heat i czyste ciepło systemowe (SW=3,5; P=3,5) mają zrównoważony, umiarkowany profil wpływu i przewidywalności, co wskazuje na stabilną, lecz ewolucyjną rolę w dekarbonizacji ciepłownictwa. Z kolei wodór niskoemisyjny i e-paliwa (SW=1,8; P=2,8) wykazują najniższy potencjał transformacyjny (SW=1,8) oraz jedną z najniższych przewidywalności. Jest to bezpośredni skutek minimalnej oceny dojrzałości i niezawodności [1], co sytuuje te technologie w horyzoncie długoterminowym, o wysokim ryzyku niepowodzenia i niskim znaczeniu dla krótkoterminowego planowania strategicznego.

Podsumowując, krytyczne osie niepewności dla dalszych prac foresightowych należy koncentrować wokół technologii o wysokiej sile wpływu, ale niskiej przewidywalności. Ten warunek spełnia przede wszystkim energetyka jądrowa (SW=5,0, P=3,0) oraz OZE (SW=3,8, P=2,8). Z kolei technologia łącząca wysoki wpływ z wysoką pewnością (magazynowanie energii) powinna być traktowana jako niezależny, pewny i stały element w transformacji energetycznej.

KRYTERIUM POLITYCZNO-REGULACYJNE

Wykres 2 Porównanie ocen siły wpływu i przewidywalności kryterium polityczno-regulacyjnego dla różnych obszarów technologicznych



Legenda: OZE – odnawialne źródła energii; EJ – energetyka jądrowa; WN E – wodór niskoemisyjny i e-paliwa; IS CE – inteligentne sieci i cyfrowa energetyka; ME – magazynowanie energii; PTH CCS – power-to-heat i czyste ciepło systemowe

Źródło: opracowanie własne.

Analiza wpływu kryterium polityczno-regulacyjnego [p] na sześć kluczowych technologii, będąca integralną częścią fazy zrozumienia foresightu, ujawnia fundamentalne dysproporcje między siłą regulacyjnego oddziaływania a pewnością prawną. Oceny siły wpływu (SW) i przewidywalności (P) rzucają światło na strategiczne ryzyka i potencjał implementacyjny poszczególnych obszarów.

Energetyka jądrowa jawi się jako technologia o najwyższej strategicznej wadze regulacyjnej (SW=4,8), lecz jednocześnie obciążona jest największą niepewnością (P=2,5). Maksymalny wpływ polityczny (SW=5,0) na stabilność polityki wsparcia i zgodność z unijnym prawem potwierdza, że realizacja tej technologii jest w całości uzależniona od decyzji państwa. Kluczowe jest jednak, że przewidywalność tej samej polityki wsparcia oraz ram prawnych oceniono drastycznie nisko (P=2,0), a w jednym kryterium nawet na 1,0. Ten kontrast wskazuje na fundamentalny brak konsensusu i stabilności otoczenia prawnego. Stąd energetyka jądrowa jest obszarem o największej niepewności wśród opisywanych obszarów technologicznych.

Wodór niskoemisyjny i e-paliwa wykazują najniższą siłę wpływu (SW=2,0) i równie niską przewidywalność (P=2,0). Niskie noty we wszystkich kryteriach (np. Stabilność ram prawnych na 2) świadczą o niedojrzałości regulacyjnej i braku silnego, ugruntowanego wsparcia politycznego. Obszar ten jest wciąż na wczesnym etapie definiowania prawno-finansowego, co pozycjonuje go jako ryzykowną perspektywę długoterminową, której rozwój jest w dużym stopniu zakładany, a nie prawnie zabezpieczony.

W odróżnieniu od technologii jądrowych, power-to-heat i czyste ciepło systemowe wykazują najwyższą przewidywalność (P=4,8), przy wysokiej sile wpływu (SW=3,5). Jedne z najwyższych ocen stabilności ram prawnych (5) i polityki wsparcia (5) sygnalizują silny i pewny konsensus polityczny w zakresie dekarbonizacji ciepła systemowego. Jest to jeden z najbardziej ugruntowanych trendów transformacji, który należy traktować jako stabilny element transformacji energetycznej.

Obszar inteligentnych sieci i cyfrowej energetyki charakteryzuje się wysoką przewidywalnością (P=4,0) pomimo umiarkowanej siły wpływu (SW=2,3). Konsekwentnie wysokie oceny wskazują na stabilny i konieczny kurs regulacyjny w zakresie standaryzacji, cyberbezpieczeństwa i cyfryzacji. Jest to infrastrukturalny warunek wstępny transformacji, którego pewny rozwój nie jest elementem o wysokiej niepewności.

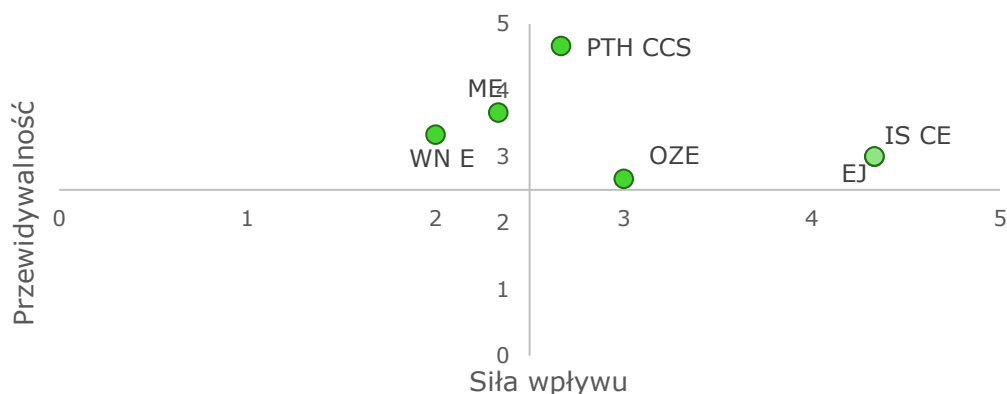
Odnawialne źródła energii oraz magazynowanie energii wykazują umiarkowany profil ryzyka, plasując się w środku skali: OZE (SW=3,8; P=3,0) i magazynowanie (SW=3,5; P=3,5). OZE mają silny wpływ regulacyjny, ale są podatne na fluktuacje, zaś magazynowanie jest obszarem, gdzie regulacje są w fazie szybkiego, ale jeszcze nie ła w pełni ustabilizowanego kształtowania, ze szczególnym wsparciem unijnym (magazynowanie: zgodność z prawem UE P=5,0).

Analiza czynnika polityczno-regulacyjnego definiuje energetykę jądrową jako kluczowy obszar radykalnej niepewności, który wymaga modelowania skrajnych scenariuszy. Pozostałe technologie, zwłaszcza power-to-heat i inteligentne sieci, stanowią staty element tła, na którym inne obszary generują większą niepewność.

KRYTERIUM SPOŁECZNE

Ocena kryterium społecznego dla obszarów technologicznych.

Wykres 3: Porównanie ocen siły wpływu i przewidywalności czynnika społecznego dla różnych obszarów technologicznych



Legenda: OZE – odnawialne źródła energii; EJ – energetyka jądrowa; WN E – wodór niskoemisyjny i e-paliwa; IS CE – inteligentne sieci i cyfrowa energetyka; ME – magazynowanie energii; PTH CCS – power-to-heat i czyste ciepło systemowe

Źródło: opracowanie własne.

Analiza ujawnia zróżnicowanie kryteriów społecznych i poziomów ich przewidywalności, co rzutuje na efektywność ujętych w ramach tego kryterium, strategicznych działań komunikacyjnych i edukacyjnych.

Energetyka jądrowa jest obszarem o wysokiej sile wpływu społecznego (SW=4,3) i umiarkowanej przewidywalności (P=3,0). Jej wpływ na rynek pracy oceniono maksymalnie (5), co świadczy o jej potencjale do generowania wysoko wykwalifikowanych miejsc pracy. Kluczowym czynnikiem ryzyka jest akceptacja społeczna (NIMBY), która osiągnęła najniższą ocenę przewidywalności (P=2,0). Oznacza to, że pomimo potencjału gospodarczego, to właśnie społeczne protesty przeciwko lokalizacji i obawy związane z bezpieczeństwem (SW=4,0) stanowią główny, nieprzewidywalny czynnik ryzyka dla realizacji jądrowych projektów.

Odnawialne źródła energii (OZE) charakteryzują się umiarkowaną siłą wpływu społecznego (SW=3,0) przy niskiej przewidywalności (P=2,7). Umiarkowana akceptacja społeczna (3) i brak przewidywalności (P=2) w zakresie sprawiedliwej transformacji (koszty) wskazują, że choć OZE generalnie cieszą się poparciem, to wyzwania związane z lokalizacją inwestycji (efekt nimby, ocena 3) i dystrybucją obciążeń finansowych stanowią istotne, trudne do przewidzenia punkty tarcia społecznego.

Inteligentne sieci i cyfrowa energetyka to obszar, który łączy umiarkowaną siłę wpływu (SW=3,3) z wysoką przewidywalnością (P=4,3). Szczególnie wysoka przewidywalność (P=5,0) w kwestii sprawiedliwej transformacji obejmującej obszar kosztów społecznych i (P=4,0) w zakresie wpływu na rynek pracy świadczy o tym, że wyzwania związane z cyfryzacją (np. nowe kompetencje, kwestie prywatności) są już w dużym stopniu znane

i zarządzane przez decydentów. Inteligentne sieci stanowią więc stabilny trend ewolucyjny, którego implikacje społeczne są relatywnie dobrze zdefiniowane.

Power-to-heat i czyste ciepło systemowe wykazują najwyższą przewidywalność ($P=4,7$) przy wysokiej sile wpływu ($SW=2,7$). Niemal maksymalna przewidywalność, osiągająca 5,0 dla akceptacji społecznej i sprawiedliwej transformacji, wskazuje na silny społeczny konsensus i akceptację dla dekarbonizacji ciepłownictwa. Jest to jeden z najpewniejszych społecznie trendów, minimalizujący ryzyko protestów i nieoczekiwanych obciążeń kosztowych dla obywateli.

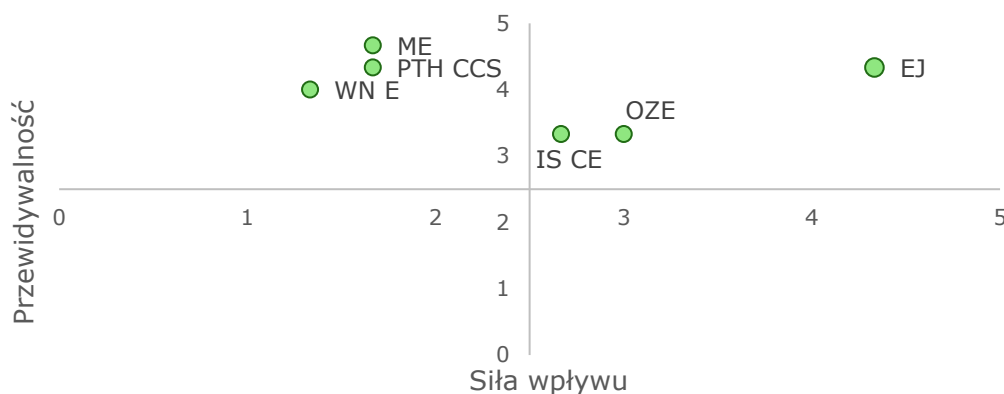
Magazynowanie energii charakteryzuje się umiarkowaną siłą wpływu ($SW=2,3$) i najniższą przewidywalnością ($P=3,7$). Niska ocena wpływu na rynek pracy [1] i akceptacji społecznej [2] wskazuje, że społeczne wyzwania w tym obszarze są niedoceniane lub mało widoczne. Największa niepewność ($P=2,0$) dotyczy akceptacji społecznej [NIMBY], co sugeruje, że pomimo technicznej konieczności, potencjalne protesty przeciwko lokalizacji dużych instalacji magazynowania mogą pojawić się nagle i być trudne do przewidzenia.

Wodór niskoemisyjny i e-paliwa wykazują najniższą siłę wpływu społecznego ($SW=2,0$) i najniższą przewidywalność ($P=2,0$). Niskie oceny w zakresie wpływu na rynek pracy [2] i akceptacji społecznej [2] wynikają z wczesnej fazy rozwoju tych technologii i braku powszechnej świadomości. Są to obszary, w których wpływ społeczny jest marginalny, ale jednocześnie bardzo niepewny, gdyż nie zostały jeszcze przetestowane na szeroką skalę w kontekście lokalizacyjnym i kosztowym.

Podsumowując, analiza czynnika społecznego wyodrębniła energetykę jądrową jako technologię o najwyższym i najbardziej nieprzewidywalnym ryzyku społecznym, szczególnie w aspekcie lokalizacyjnym ($P=2,0$). Obok niej, również magazynowanie energii ($P=2,0$) staje się potencjalnym źródłem nieoczekiwanych konfliktów. W kontraście, power-to-heat i inteligentne sieci stanowią społecznie ugruntowane trendy o wysokiej przewidywalności, minimalizując ryzyko wynikające z braku akceptacji. Te nieprzewidywalne społecznie technologie muszą zostać wykorzystane w tworzeniu skrajnych scenariuszy, eksplorujących rolę protestów w blokowaniu lub opóźnianiu kluczowych inwestycji.

KRYTERIUM ŚRODOWISKOWE

Wykres 4: Porównanie ocen siły wpływu i przewidywalności kryterium środowiskowego dla różnych obszarów technologicznych



Legenda: OZE – odnawialne źródła energii; EJ – energetyka jądrowa; WN E – wodór niskoemisyjny i e-paliwa; IS CE – inteligentne sieci i cyfrowa energetyka; ME – magazynowanie energii; PTH CCS – power-to-heat i czyste ciepło systemowe

Źródło: opracowanie własne.

Analiza wpływu kryterium środowiskowego ujawnia zróżnicowane obciążenia ekologiczne i poziomy pewności co do ich zarządzania, co ma bezpośrednie przełożenie na akceptację inwestycyjną.

Magazynowanie energii elektrycznej charakteryzuje się najwyższą siłą wpływu (SW=4,7) przy najniższej przewidywalności (P=1,7), co pozycjonuje go jako krytyczną oś niepewności środowiskowej. Maksymalny wpływ na krajobraz i dostępność terenu (5,0), zestawiony z ekstremalnie niską przewidywalnością (P=1,0) dla tego samego kryterium, wskazuje, że pomimo konieczności technicznej, proces pozyskiwania terenu i potencjalny opór lokalny stanowią największe, nieprzewidywalne ryzyko dla realizacji tych inwestycji. Mimo iż ryzyko bezpieczeństwa lokalnego jest umiarkowane (SW=4,0), jego przewidywalność (P=2,0) jest niska.

Energetyka jądrowa jest obszarem o wysokiej sile wpływu środowiskowego (SW=4,3) i jednocześnie o wysokiej przewidywalności (P=4,3). Maksymalny wpływ (SW=5,0) na bezpieczeństwo lokalne (ryzyko awarii i skażeń) jest kluczowy, lecz z perspektywy przewidywalności, ryzyko to jest oceniane jako możliwe do zarządzania (P=4,0). Podobnie, wpływ na krajobraz i dostępność terenu (SW=3,0) oraz na wpływ na środowisko i ekosystemy jest znaczący (SW=4,0), ale również wysoce przewidywalny (P=5,0 i P=4,0). Ta konfiguracja sugeruje, że wyzwania środowiskowe są dobrze rozpoznane i podlegają rygorystycznym procedurom, co ogranicza niepewność strategiczną.

Power-to-heat i czyste ciepło systemowe wykazują najwyższą przewidywalność (P=4,3), przy niskiej sile wpływu (SW=1,7). Niemal maksymalna pewność (P=5,0) co do wpływu na bezpieczeństwo lokalne i wpływ na krajobraz i dostępność terenu (P=4,0) wskazuje na

to, że ich oddziaływanie jest dobrze zdefiniowane i minimalne w porównaniu do innych technologii, stanowiąc najmniej kontrowersyjny kierunek transformacji pod kątem środowiskowym.

Inteligentne sieci i cyfrowa energetyka to obszar o wysokiej sile wpływu (SW=4,0), ale charakteryzujący się niską przewidywalnością (P=2,7). Wysoka siła wpływu na wpływ na środowisko i ekosystemy [4], przy niskiej przewidywalności (P=3,0), sugeruje, że choć cyfryzacja ma ogromny wpływ na optymalizację energetyczną, jej pośrednie skutki środowiskowe (np. zużycie surowców, utylizacja sprzętu) są niedostatecznie zbadane i niepewne. Niska przewidywalność w zakresie bezpieczeństwa lokalnego (2,0) może odzwierciedlać rosnące ryzyko cyberataków.

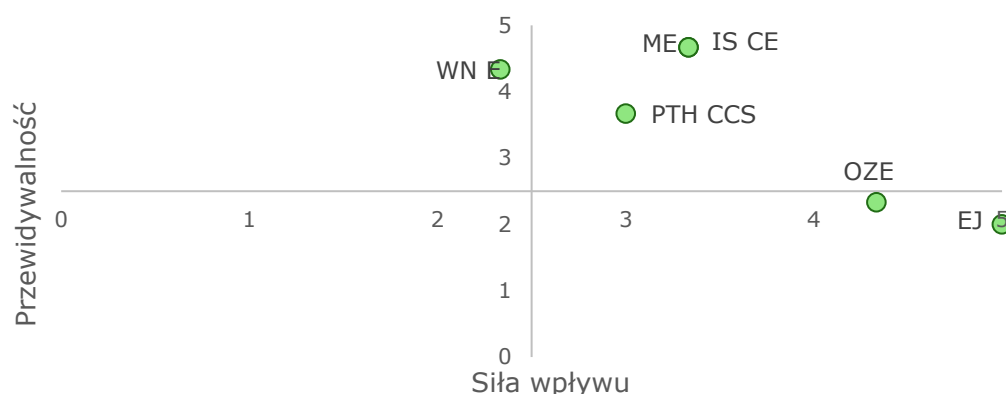
Odnawialne źródła energii (OZE) wykazują umiarkowaną siłę wpływu (SW=3,0) i umiarkowaną przewidywalność (P=3,3). Stabilne oceny w całym spektrum kryteriów wskazują, że wyzwania środowiskowe są ugruntowane – znany jest ich wpływ na krajobraz i ekosystemy (SW=3,0) – i są one względnie przewidywalne.

Wodór niskoemisyjny i e-paliwa wykazują najniższą siłę wpływu (SW=1,3) przy umiarkowanej przewidywalności (P=3,3). Wpływ na krajobraz i dostępność terenu [1] oraz ekosystemy [1] jest marginalny ze względu na wczesny etap rozwoju, podczas gdy niepewność dotyczy głównie potencjalnego ryzyka wycieku (bezpieczeństwo lokalne, P=3,0).

Konkludując, osiową niepewnością w domenie środowiskowej jest magazynowanie energii elektrycznej (SW=4,7; P=1,7), gdzie wysoka konieczność inwestycyjna zderza się z radykalną nieprzewidywalnością w pozyskiwaniu terenu i akceptacji lokalnej. W kontraście, energetyka jądrowa i power-to-heat stanowią przewidywalne tło środowiskowe, przy wysokiej wadze ryzyka.

KRYTERIUM FINANSOWE I RYNKOWE

Wykres 5: Porównanie ocen siły wpływu i przewidywalności kryterium finansowego dla różnych obszarów technologicznych



Legenda: OZE – odnawialne źródła energii; EJ – energetyka jądrowa; WN E – wodór niskoemisyjny i e-paliwa; IS CE – inteligentne sieci i cyfrowa energetyka; ME – magazynowanie energii; PTH CCS – power-to-heat i czyste ciepło systemowe

Źródło: opracowanie własne.

Analiza finansowo-rynkowa jest niezbędna do oceny komercyjnej realności technologii oraz identyfikacji ryzyk inwestycyjnych, które mogą spowolnić lub uniemożliwić transformację energetyczną.

Energetyka jądrowa jest obszarem o maksymalnej sile wpływu ($SW=5,0$) i najniższej przewidywalności ($P=2,0$), co pozycjonuje ją jako główną oś niepewności rynkowej. Maksymalna siła wpływu ($SW=5,0$) na koszty kapitałowe i rentowność/zwrot z inwestycji jest oczywista ze względu na gigantyczną skalę i długość trwania projektów. Równocześnie, niska przewidywalność finansowa wynika z ekstremalnie niskiej pewności ($P=1,0$) co do kosztów kapitałowych oraz rentowności/zwrotu ($P=2,0$). Mimo wysokiej wagi dla dostępu do finansowania ($SW=5,0$, $P=3,0$), to nieprzewidywalność końcowych kosztów i zysków czyni tę technologię najbardziej ryzykowną i niepewną dla inwestorów.

Czynnik finansowy w obszarze magazynowania energii elektrycznej charakteryzuje się wysoką siłą wpływu ($SW=4,7$) i umiarkowaną przewidywalnością ($P=3,3$). Potencjał do osiągnięcia maksymalnej rentowności ($SW=5,0$, $P=4,0$) jest kluczowy dla systemu. Natomiast umiarkowana przewidywalność wynika z niestabilności cen surowców kluczowych dla baterii oraz wciąż kształtujących się mechanizmów rynkowych dla usług magazynowania. Konieczność inwestycji jest wysoka, lecz ryzyko rynkowe jest możliwe do zarządzania, co stawia tę technologię na ścieżce wysokiej inwestycji i umiarkowanej niepewności.

Obszar odnawialnych źródeł energii w odniesieniu do czynnika finansowo-rynkowego wykazują wysoką siłę wpływu ($SW=4,3$) i niską przewidywalność ($P=2,3$). Pomimo doskonałego dostępu do finansowania ($SW=5,0$, $P=4,0$), niska pewność co do kosztów

kapitałowych ($P=2,0$) i rentowności ($P=1,0$) jest największym zagrożeniem. Zmiany w taryfach, kosztach instalacji i polityce wsparcia wprowadzają znaczną niepewność co do długoterminowej opłacalności OZE, co musi być uwzględnione podczas planowania inwestycji i ich finansowania.

Inteligentne sieci i cyfrowa energetyka to obszar, gdzie czynnik finansowo-rynkowy ma wysoką siłę wpływu ($SW=4,3$) i umiarkowaną przewidywalność ($P=3,3$). Wysoka siła wpływu wynika z maksymalnych kosztów kapitałowych ($SW=5,0$), które jednak są postrzegane jako przewidywalne i konieczne ($P=3,0$). Inwestycje w cyfryzację i infrastrukturę sieciową są stabilnym trendem o znanym horyzoncie zwrotu ($P=4,0$), co minimalizuje ryzyko nieoczekiwanych zdarzeń rynkowych.

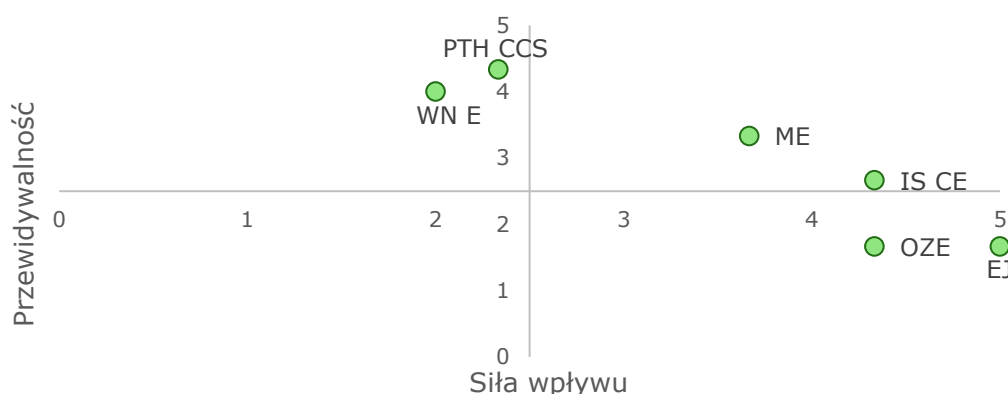
Power-to-heat i czyste ciepło systemowe charakteryzują się umiarkowaną siłą wpływu ($SW=3,0$) i wysoką przewidywalnością ($P=3,7$). Ich wpływ na koszty i rentowność jest istotny, lecz stabilność i przewidywalność polityki taryfowej dla ciepłownictwa ($P=4,0$) minimalizuje ryzyko inwestycyjne. Jest to jeden z najbardziej stabilnych i przewidywalnych finansowo trendów w transformacji.

Wodór niskoemisyjny i e-paliwa wykazują niską siłę wpływu ($SW=2,3$) i najniższą przewidywalność ($P=2,0$). Siła wpływu czynnika finansowego na ten obszar jest obecnie niewielka, lecz brak dojrzałości rynkowej manifestuje się w minimalnym dostępie do finansowania ($SW=1$, $P=1$). Technologia ta jest daleka od komercyjnej realności, a jej rentowność ($P=3,0$) jest całkowicie uzależniona od przyszłych mechanizmów wsparcia.

Reasumując, główne osi niepewności finansowej generują obszary energetyki jądrowej i odnawialnych źródeł energii, gdzie wysoki wpływ łączy się z niską przewidywalnością kosztów i rentowności. W kontraście, power-to-heat i inteligentne sieci tworzą przewidywalną bazę rynkową dla przyszłości transformacji energetycznej Polski.

KRYTERIUM SUWERENNOŚCI

Wykres 6: Porównanie ocen siły wpływu i przewidywalności kryterium suwerenności dla różnych obszarów technologicznych



Legenda: OZE – odnawialne źródła energii; EJ – energetyka jądrowa; WN E – wodór niskoemisyjny i e-paliwa; IS CE – inteligentne sieci i cyfrowa energetyka; ME – magazynowanie energii; PTH CCS – power-to-heat i czyste ciepło systemowe

Źródło: opracowanie własne.

Na wstępie warto podkreślić, że analiza uwzględniająca kryterium suwerenności jest kluczowa dla określenia, w jakim stopniu transformacja energetyczna faktycznie przyczyni się do zwiększenia niezależności państwa i minimalizacji ryzyka geopolitycznego, generując jednocześnie nowe, możliwe do przewidzenia lub nie, zależności. Jest to odniesienie się na wprost do celów bezpieczeństwa energetycznego założonych w tym raporcie, wywodzących się bezpośrednio z dokumentów strategicznych.

Energetyka jądrowa jest obszarem o maksymalnej sile wpływu (SW=5,0) i najniższej przewidywalności (P=1,7), co czyni ją główną osią niepewności w zakresie suwerenności. Bezwzględna siła wpływu (SW=5,0) na dostępność komponentów, zależność od dostawców i geopolitykę wynika z krytycznego znaczenia paliwa i technologii dla bezpieczeństwa narodowego. Jednocześnie, skrajnie niska przewidywalność (P=1,0) dla geopolityki oraz niska pewność (P=2,0) dla dostępności komponentów i zależności od dostawców sygnalizują, że wybór technologii jądrowej jest obarczony najwyższym ryzykiem nieprzewidzianych zawirowań politycznych i logistycznych w horyzoncie strategicznym.

Czynnik suwerenności w obszarze odnawialnych źródeł energii wykazuje wysoką siłę wpływu (SW=4,3) i niską przewidywalność (P=1,7). Maksymalny wpływ na geopolitykę (SW=5,0) wynika ze zdolności rozwiązań stosowanych w tym obszarze technologicznym do radykalnego ograniczenia zapotrzebowania na paliwa kopalne. Jednak niska przewidywalność (P=2,0) we wszystkich trzech kryteriach (dostępność komponentów, zależność od dostawców, geopolityka) odzwierciedla nowe ryzyko suwerenności związane z koncentracją łańcuchów dostaw kluczowych komponentów (np. paneli, turbin) w ograniczonej liczbie regionów.

Inteligentne sieci i cyfrowa energetyka to obszar o wysokiej sile wpływu (SW=4,3) i wysokiej przewidywalności (P=4,0). Oceny czynnika suwerenności w tym obszarze wskazują, że wpływ jest znaczący (SW=5,0 dla geopolityki), a jednocześnie wysoka (P=5,0) jest przewidywalność w zakresie geopolityki oraz pozostałych kryteriów (P=4,0) oznacza, że wyzwania związane z bezpieczeństwem cyfrowym i łańcuchami dostaw sprzętu IT są dobrze rozpoznane i możliwe do zarządzania. Inwestycje w cyfryzację stanowią przewidywalny trend niezbędny dla utrzymania suwerenności operacyjnej systemu.

Czynnik suwerenności w obszarze wodoru niskoemisyjnego i e-paliw charakteryzuje się niską siłą wpływu (SW=1,7) przy umiarkowanej przewidywalności (P=2,0). Minimalny wpływ (SW=1,0) na geopolitykę wynika z wczesnego etapu komercjalizacji. Niska pewność w zakresie dostępności komponentów i zależności od dostawców (P=2,0) odzwierciedla brak ugruntowanych łańcuchów dostaw i technologii. Wodór nie stanowi zatem obecnie głównego czynnika suwerenności, ale jest obciążony ryzykiem stworzenia nowych zależności w przyszłości.

Obszar magazynowania energii elektrycznej w kontekście suwerenności wykazuje umiarkowaną siłą wpływu (SW=2,7) i umiarkowaną przewidywalność (P=3,7). Najwyższa przewidywalność (P=4,0) w kontekście zależności od dostawców świadczy o tym, że ryzyko dostaw, choć istnieje, jest rozpoznane. Jednak umiarkowana siła wpływu na geopolitykę (SW=2,0) sugeruje, że ich rola w suwerenności jest kluczowa, ale może być niedoceniana.

Suwerenność w obszarze power-to-heat i czystego ciepła systemowego ma niską siłą wpływu (SW=2,3) i wysoką przewidywalność (P=4,3). Niska siła wpływu na geopolitykę (SW=2,0) wynika z lokalnego charakteru rozwiązań stosowanych w tym obszarze technologicznym i mniejszej zależności od globalnych łańcuchów dostaw krytycznych komponentów, co czyni je stabilnym i bezpiecznym trendem z perspektywy suwerenności.

Podsumowując, główne osie niepewności w domenie suwerenności stanowią energetyka jądrowa i odnawialne źródła energii, gdzie wysoki wpływ polityczny i geopolityczny łączy się z radykalną nieprzewidywalnością nowych łańcuchów dostaw. W kontraście, inteligentne sieci tworzą przewidywalną bazę suwerenności w obszarze operacyjnym.

PODSUMOWANIE OCEN SIŁY WPŁYWU I PRZEWIDYWALNOŚCI GŁÓWNYCH OBSZARÓW TECHNOLOGICZNYCH

Tabela 2: Porównanie wyników uzyskanych dla głównych obszarów technologicznych

Obszar Technologiczny	Siła wpływu (SW)	Przewidywalność (P)	Pozycja SW	Pozycja P	Klasyfikacja
OZE	3,7	2,6	3	6	umiarkowana siła wpływu / najniższa przewidywalność
Energetyka jądrowa	4,7	2,8	1	5	najwyższa siła wpływu / niska przewidywalność
Wodór niskoemisyjny i e-paliwa	1,9	3,4	6	4	najniższa siła wpływu / umiarkowana przewidywalność
Inteligentne sieci i cyfrowa energetyka	3,8	3,4	2	3	wysoka siła wpływu / umiarkowana przewidywalność
Magazynowanie energii	3,2	3,9	4	2	umiarkowana siła wpływu / wysoka przewidywalność
Power-to-heat i czyste ciepło systemowe	2,8	4,2	5	1	niska siła wpływu / najwyższa przewidywalność

Źródło: opracowanie własne.

Analiza zamieszczonych w tabelach wyników wskazuje, że najwyższe wartości siły wpływu i najmniejsze przewidywalności cechują głównie obszar energetyki jądrowej, a w drugiej kolejności odnawialnych źródeł energii. Z tych dwóch obszarów OZE ma istotnie mniejszą siłę wpływu przy nieznacznie mniejszej przewidywalności, co spowodowało ostateczne skupienie się na energetyce jądrowej. Istotne jest wskazanie, że nie tylko wartości średnie z ocen, ale także poszczególne oceny wchodzące w skład tego obszaru technologicznego, dla kolejnych czynników analizy PESTEL+ pokazują obszar energetyki jądrowej jako zdecydowanie najsilniej wpływający i jednocześnie obciążony niemal najmniejszą przewidywalnością. W kolejnych krokach obszar ten zostanie poddany modelowaniu foresight'owemu, w celu lepszego przygotowania się na możliwości rozwoju obszaru energetyki jądrowej i uchwycenia niezbędnych działań warunkujących powodzenie tego przedsięwzięcia.

FAZA 2. SYNTEZA I MODELOWANIE

Modelowanie scenariuszowe oparto na analizie PESTEL rozszerzonej o wymiar suwerenności, rozumiany jako zdolność państwa do utrzymania kontroli nad strategicznymi kierunkami transformacji energetycznej oraz zapewnienia dostępu do technologii, paliw, komponentów, danych i kompetencji niezbędnych do funkcjonowania systemu. Ocena uwzględniała zarówno skalę zależności od zagranicznych dostawców i koncentrację łańcuchów dostaw, jak i możliwość ich dywersyfikacji, zastępowania lub zabezpieczania w warunkach zakłóceń geopolitycznych i rynkowych. Suwerenność nie oznacza przy tym pełnej samowystarczalności technologicznej, lecz zdolność do podejmowania strategicznych decyzji bez nadmiernej podatności na presję zewnętrzną Polski w ujęciu położenia w Europie Środkowo-Wschodniej (geopolitycznym) oraz – szerzej – międzynarodowym.

Wyłonione w ten sposób kategorie zostały następnie precyzyjnie zważone pod kątem ich znaczenia w poszczególnych scenariuszach oraz wzajemnych powiązań, co pozwoliło na ukształtowanie spójnych wizji przyszłości zaprezentowanych poniżej.

SCENARIUSZ PERYFERYJNY: BLOKADA FINANSOWA I POLITYCZNA

Przedstawia on najbardziej zrównoważoną i realistyczną ścieżkę rozwoju energetyki jądrowej w Polsce. Osią projektu jest przewidywalność i pewność realizacji oparta na zintegrowanej zgodności kluczowych obszarów.

Centralnym i najbardziej decydującym elementem scenariusza jest stabilne i gwarantowane finansowanie inwestycji, zarówno ze źródeł krajowych, jak i unijnych. Ta pewność kapitałowa usuwa największe ryzyko z harmonogramu i pozwala na konsekwentne dążenie do celu. Dzięki tej finansowej gwarancji, program atomowy przebiega jako zaplanowany marsz – w stałym, niezakłóconym tempie, z terminowym osiągnięciem kolejnych kamieni milowych.

Sukces projektu jest możliwy dzięki pełnemu konsensusowi politycznemu na poziomie krajowym i unijnym, co manifestuje się w postaci "zielonego światła" dla tworzenia sprzyjających regulacji i sprawnej obsługi administracyjnej. Akceptacja społeczna wspiera ten proces, eliminując opór i spory, które mogłyby spowalniać prace.

Program zakłada wykorzystanie technologii opartych w całości na dużych reaktorach jądrowych, co przy pewnym finansowaniu i wsparciu politycznym jest realizowane bez przeszkód. Całość odbywa się w warunkach zewnętrznego pokoju, co dodatkowo sprzyja stabilności i pozwala na pełną koncentrację na realizacji wewnętrznych celów transformacji.

W rezultacie, Scenariusz Stabilnego Wdrożenia ustanawia energetykę jądrową jako przewidywalny i trwały filar bezpieczeństwa energetycznego Polski.

SCENARIUSZ AMBITNEJ TRANSFORMACJI: SPOŁECZNA WOLA I TERMINOWA REALIZACJA

Scenariusz ambitnej transformacji opisuje przyszłość, w której polska transformacja energetyczna, oparta na energetyce jądrowej, jest realizowana z maksymalną efektywnością i sprawnością. Sukces ten wynika z połączenia czynników społecznych i wykonawczych, które uzyskały najwyższą siłę sprawczą.

Głównym dowodem na ambicję tego scenariusza i czynnikiem o największej sile sprawczej jest zaplanowany marsz – czyli konsekwentne, stabilne i terminowe tempo realizacji inwestycji. Świadczy to o maksymalnej optymalizacji procesów wykonawczych i silnej woli politycznej, by dotrzymywać złożonych obietnic harmonogramowych.

Ten imponujący postęp jest bezpośrednim wynikiem wysokiej akceptacji społecznej. Pozytywne nastawienie społeczeństwa tworzy idealne warunki dla inwestowania, skutecznie eliminując ryzyko protestów, zatorów administracyjnych i sporów prawnych, co w decydujący sposób ułatwia i przyspiesza realizację.

Elementy o średniej sile sprawczej zapewniają stabilne warunki zewnętrzne. Dynamiczne finansowanie dostarcza niezbędną płynność i zdolność do szybkiego reagowania na potrzeby projektowe, podczas gdy zewnętrzna sytuacja polityczna pozostaje stabilna, eliminując ryzyka międzynarodowe i pozwalając na pełną koncentrację na krajowym projekcie.

Elementy o najniższej sile sprawczej stanowią bezpieczne tło, ale nie są siłą napędową zmian. "Zielone światło" polityczne (krajowe i unijne) jest obecne, ale to nie zgoda polityczna, a sprawność wykonawcza i poparcie obywateli są kluczem do sukcesu. Podobnie, wybór technologiczny – oparcie się na wielkoskalowych inwestycjach państwowych – jest stały, lecz to nie sama technologia, a zdolność do jej terminowego wdrożenia determinuje wynik.

W rezultacie, scenariusz ambitnej transformacji to modelowa opowieść o sukcesie, w którym zaawansowana realizacja jest możliwa dzięki synergii między sprawnością wykonawczą a szerokim poparciem społecznym.

Ewaluacja i walidacja czynników wpływu do oceny technologii jądrowych

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA BUDOWĘ SCENARIUSZY

W procesie budowy scenariuszy strategicznych wykorzystano model PESTEL+, służący do kompleksowej analizy otoczenia oraz identyfikacji najważniejszych czynników zewnętrznych, które mogą kształtować przyszłe warunki funkcjonowania organizacji i całego sektora.

Traktowanie go jako ogólnego kryterium wejściowego umożliwia systematyczne skanowanie i kategoryzowanie sił w otoczeniu, które są niekontrolowane przez organizację, lecz mają potencjał do fundamentalnego kształtowania jej przyszłości. Kategoria Polityczna (P) koncentruje się na roli władzy, rządu oraz jej organów, obejmując stabilność polityczną, ryzyko interwencji państwowej, zmiany w polityce fiskalnej i dotacyjnej, oraz wpływ regulacji ponadnarodowych; czynniki te często stanowią główny impuls do skrajnych, regulacyjnych zmian w scenariuszach. Kryterium Ekonomiczne (E) jest osadzone w globalnej i lokalnej kondycji gospodarczej, analizując kluczowe zmienne, takie jak tempo wzrostu gospodarczego, inflacja, poziom stóp procentowych oraz kursy walutowe, które mają bezpośredni wpływ na koszty operacyjne i dostępność kapitału, definiując w scenariuszach poziom zasobności i ryzyka finansowego. Kategoria Społeczna (S) obejmuje zbiorowe postawy, trendy demograficzne i kulturowe, w tym rosnącą świadomość ekologiczną i zmiany w profilu konsumenta, stanowiąc siłę napędową popytu i określając społeczną legitymizację działalności firmy. Z kolei kryterium Technologiczne (T) koncentruje się na tempie innowacji, transferze wiedzy oraz potencjale nowych technologii do stworzenia rewolucji rynkowej (np. AI, nowe materiały), będąc często kluczową zmienną niepewności, od której zależą koszty, procesy i oferta produktowa w przyszłych scenariuszach. Kategoria Środowiskowa (E) odnosi się do wymogów ekologicznych, zmian klimatycznych i presji na zrównoważone zarządzanie zasobami (standardy ESG oraz gospodarka obiegu zamkniętego), a jej skrajne warianty (od łagodnych do restrykcyjnych regulacji klimatycznych) wymuszają całkowitą transformację biznesową. Ostatnie kryterium, Prawne (L), choć ściśle powiązane z Polityką, skupia się na formalnych ramach prawnych i ich egzekwowaniu (prawo pracy, prawo własności intelektualnej), określając w scenariuszach granice dopuszczalnych działań i potencjalne obciążenia związane z nowymi normami bezpieczeństwa i jakości. Kompleksowa analiza tych sześciu kategorii pozwala na zidentyfikowanie najbardziej krytycznych sił napędowych dla danego sektora, które następnie posłużą do stworzenia osi niepewności, definiujących przestrzeń dla różnorodnych, ale realistycznych wizji przyszłości.

Pominięcie czynnika Środowiskowego (E) jako pierwotnej osi niepewności w analizie scenariuszy strategicznych dla rozwoju energetyki jądrowej w Polsce opiera się na założeniu o uniwersalnej korzystności tej technologii w kontekście polityki klimatycznej. Atom jako źródło energii zero- lub niskoemisyjne w cyklu życia, jest fundamentalnie wspierany przez wszelkie możliwe scenariusze zaostrzenia regulacji klimatycznych, w tym cele dekarbonizacyjne Unii Europejskiej oraz kryteria taksonomii UE. W rezultacie, niezależnie od ewolucji wytycznych środowiskowych, energetyka jądrowa nie napotyka na czynniki hamujące, lecz zyskuje na znaczeniu jako stabilne źródło mocy podstawowej, niezbędne dla stabilizacji sieci opartej na odnawialnych źródłach energii. Z tego względu, waga czynników środowiskowych w kreowaniu skrajnych, alternatywnych wizji przyszłości jest uznawana za marginalną w porównaniu z decydującym wpływem zmiennych politycznych, ekonomicznych i technologicznych.

Taka ocena czynnika środowiskowego (E) strategicznie wymusza jednocześnie specyficzne potraktowanie kategorii Politycznej (P). W analizie scenariuszy czynnik Polityczny nie jest traktowany autonomicznie jako jedna, szeroka siła, lecz zostaje rozbity i zintegrowany z innymi kluczowymi siłami napędowymi. Aspekt polityczny jest realizowany dwójako: jako polityka krajowa i unijna – obejmująca ramy regulacyjne i strategiczne (np. unijne cele dekarbonizacyjne, decyzje o lokalizacji) – oraz jako zewnętrzna sytuacja polityczna – związana z geopolityką, relacjami z dostawcami technologii (USA, Korea Płd.) i ryzykiem ingerencji zewnętrznej. Takie podejście pozwala na precyzyjne umieszczenie decyzyjności i stabilności strategicznej na jednej z osi scenariuszy, a co najważniejsze, w pełni uwzględnia strategiczny charakter bezpieczeństwa energetycznego kraju, który jest bezpośrednio uzależniony od stabilności sojuszy oraz ciągłości polityki zarówno wewnętrznej, jak i międzynarodowej.

CZYNNIKI STANOWIĄCE RZECZYWISTE SIŁY JAKO OSIE NIEPEWNOŚCI

Ustalenie, które z czynników otoczenia stanowią rzeczywiste siły kreujące scenariusze, pozwoliło na ich przekształcenie w konkretne osie niepewności. Czynnik technologiczny został przełożony na Profil technologiczny rynku energetyki jądrowej (100% LSR lub miks LSR i SMR). Czynniki Nastawienie krajowych i unijnych decydentów politycznych oraz Zewnętrzna sytuacja polityczna zostały skondensowane odpowiednio w skrajne stany „zielone światło” i „blok” oraz „pokój” i „konflikt”. Decydujące o przetrwaniu projektu Finansowanie z budżetu krajowego i z UE określono jako „zatrzymane”, „stabilne” i „dynamiczne”, podczas gdy Postawa społeczeństwa zdefiniowano jako „aktywna niezgoda”, „wątpliwości” i „akceptacja”. Ostatnia zmienna, Tempo realizacji inwestycji, stanowiąca funkcję polityki i finansowania, została skwantyfikowana jako „niespieszne”, „zaplanowany marsz” lub „sprint”, co można odnieść do poziomu realizacji prac w stosunku do harmonogramu (poniżej założonego harmonogramu, zgodnie z nim oraz szybciej niż przewidywał harmonogram). Ten proces przekształcenia abstrakcyjnych kategorii PESTEL w tak konkretne, mierzalne warianty umożliwił bezpośrednie przejście do etapu analizy ich wzajemnych oddziaływań, co jest realizowane poprzez budowę matrycy wpływu – niezbędnej do weryfikacji logicznej spójności kombinacji i stworzenia scenariuszy ostatecznych. Zdefiniowane wcześniej czynniki i możliwe ich stany zestawiono poniżej.

Tabela 3. Zestawienie zidentyfikowanych czynników wpływu na scenariusze i dostępnych stanów, w których mogą występować

Czynnik	Stany	
A. Profil technologiczny rynku energetyki jądrowej	A1	A2
	100% LSR	Miks LSR i SMR
B. Nastawienie krajowych i unijnych decydentów politycznych	B1	B2
	Zielone światło	Blok

C. Zewnętrzna sytuacja polityczna	C1	C2	
	Pokój	Konflikt	
D. Finansowanie z budżetu państwa i UE	D1 Zatrzymane	D2	D3
		Stabilne	Dynamiczne
E. Postawa społeczeństwa	E1	E2	E3
	Aktywna niezgoda	Wątpliwości	Akceptacja
F. Tempo realizacji inwestycji	F1	F2	F3
	Niespieszne	Zaplanowany marsz	Sprint

*duże reaktory jądrowe (Large Scale Reactors)

Źródło: opracowanie własne.

Oddziaływania między czynnikami wpływu na scenariusze

PROFIL TECHNOLOGICZNY

Profil technologiczny pełni w procesie budowy scenariuszy funkcję wspierającą, ustępując siłom wpływu czynnikom nadrzędnym, takim jak uwarunkowania polityczne i geopolityczne. Wprowadzenie miksu technologii LSR i SMR, w przeciwieństwie do oparcia programu wyłącznie na reaktorach wielkoskalowych, pozwala na dywersyfikację ryzyka, co nieznacznie ułatwia uzyskanie politycznej akceptacji oraz sprzyja stabilnemu finansowaniu poprzez zaangażowanie kapitału prywatnego. W ujęciu międzynarodowym obecność infrastruktury jądrowej, niezależnie od wybranego wariantu, wprowadza minimalny efekt stabilizujący lub odstraszaający, nie zmieniając jednak fundamentalnego kierunku relacji zewnętrznych. W wymiarze społecznym każda decyzja technologiczna silnie utrwala postawę wątpliwości wynikającą ze statych obaw o bezpieczeństwo, nie wpływając jednocześnie na nastroje skrajnie negatywne lub pozytywne. Z punktu widzenia harmonogramu zróżnicowany model technologiczny stanowi rozwiązanie optymalne, silnie promujące realizację inwestycji zgodnie z planem lub wręcz jej przyspieszenie, podczas gdy wariant oparty w całości na jednostkach LSR jest wyraźnie bardziej podatny na obiektywne opóźnienia.

POLITYKA KRAJOWA I UNIJNA

Analiza oddziaływań wskazuje, że polityka krajowa i unijna stanowi nadrzędny czynnik warunkujący kierunek całego programu jądrowego. Pozytywna decyzja polityczna jest

niezbędna do uruchomienia stabilnego finansowania, wdrożenia wybranego profilu technologicznego oraz utrzymania zaplanowanego harmonogramu inwestycji, stanowiąc jednocześnie wyraźny sygnał legitymizujący projekt i wspierający społeczną akceptację. Z kolei polityczna blokada działa jako absolutny hamulec, który natychmiastowo wstrzymuje przepływy kapitałowe, uniemożliwia realizację jakiegokolwiek technologii i całkowicie zatrzymuje postęp prac, dostarczając jednocześnie argumentów środowiskom sceptycznym wobec atomu. Co warto podkreślić, krajowe decyzje w obszarze polityki energetycznej wykazują pełną neutralność względem globalnej sytuacji międzynarodowej, ustępując w tym ujęciu znacznie potężniejszym siłom geopolitycznym.

ZEWNĘTRZNA SYTUACJA POLITYCZNA

Analiza wykazuje, że zewnętrzna sytuacja polityczna stanowi fundamentalną siłę kształtującą ogólne warunki realizacji programu jądrowego, pozostając przy tym całkowicie neutralną jedynie wobec wyboru konkretnego profilu technologicznego. Stabilne otoczenie międzynarodowe w sposób naturalny wspiera systematyczny rozwój projektu, ułatwiając długoterminowe planowanie finansowe, utrzymanie harmonogramu zgodnie z założeniami oraz budowanie społecznej akceptacji. Z kolei wystąpienie konfliktu zbrojnego generuje skrajne i ambiwalentne oddziaływania na pozostałe zmienne. Z jednej strony drastyczny wzrost zagrożenia może stanowić najsilniejszy impuls decyzyjny do politycznego poparcia atomu i podjęcia ryzykownej próby skokowego zabezpieczenia finansowania w celu szybkiego uniezależnienia energetycznego państwa. Z drugiej strony ten sam kryzys geopolityczny radykalnie potęguje społeczne wątpliwości związane z militarnym bezpieczeństwem instalacji, zwiększa prawdopodobieństwo logistycznych opóźnień i stwarza potężne ryzyko całkowitej blokady inwestycji połączonej z zamrożeniem środków, które w obliczu wojny mogą zostać natychmiast przekierowane na pilne potrzeby obronne.

FINANSOWANIE Z BUDŻETU PAŃSTWA I UE

Finansowanie z budżetu państwa i Unii Europejskiej odgrywa kluczową rolę w determinowaniu wyboru technologicznego oraz kształtowaniu nastrojów społecznych, pozostając jednocześnie czynnikiem całkowicie wtórnym wobec polityki i geopolityki. Dostępność kapitału bezpośrednio warunkuje rozwój infrastruktury, gdzie stabilny lub dynamiczny strumień środków silnie promuje budowę wielkoskalowych reaktorów LSR oraz wspiera wdrożenie miksu z SMR, podczas gdy zamrożenie funduszy drastycznie blokuje postęp prac, uderzając zwłaszcza w inwestycje w pełni zależne od państwowych gwarancji. W wymiarze społecznym konsekwentne nakłady finansowe budują wiarygodność projektu i nieznacznie sprzyjają jego akceptacji, natomiast wstrzymanie wydatków jest odczytywane jako potwierdzenie wad inwestycji, co wyraźnie promuje aktywną niezgodę przeciwników atomu. Jednocześnie strumienie

finansowe wykazują pełną neutralność względem nadrzędnych decyzji politycznych oraz globalnej sytuacji międzynarodowej, stanowiąc wyłącznie narzędzie realizacji wcześniej przyjętej strategii, a nie siłę zdolną do narzucania woli decydentom czy kreowania środowiska geopolitycznego.

POSTAWA SPOŁECZEŃSTWA

Postawa społeczeństwa w odniesieniu do pozostałych zmiennych pełni funkcję istotnego czynnika warunkującego płynność realizacji projektu oraz bezpieczeństwo alokacji kapitału publicznego, pozostając przy tym całkowicie neutralną wobec globalnej sytuacji geopolitycznej. Aktywna niezgoda działa jako wyraźny hamulec, który utrudnia wdrożenie dowolnego profilu technologicznego, znacząco sprzyja powstawaniu opóźnień na skutek ewentualnych protestów czy barier administracyjnych, a decydentom dostarcza dogodnego argumentu do zablokowania programu oraz wstrzymania strumieni finansowych. Z kolei powszechna akceptacja przynosi skutek odwrotny, ponieważ stabilizuje harmonogram prac, minimalizuje ryzyko prawne i silnie wspiera długoterminowe angażowanie środków budżetowych, co znacząco ułatwia władzom utrzymanie pozytywnego kursu dla całej inwestycji. Natomiast bierna postawa naznaczona wątpliwościami nie wywiera bezpośredniej presji na ostateczne rozstrzygnięcia technologiczne czy strategiczne decyzje polityczne, jednak ze względu na podwyższony poziom niepewności dostrzegalnie utrudnia próby maksymalnego przyspieszenia prac oraz dynamicznego, skokowego zwiększania nakładów finansowych państwa.

TEMPO REALIZACJI

Analiza oddziaływań wskazuje, że tempo realizacji inwestycji ma charakter operacyjny i w związku z tym wykazuje pełną neutralność wobec nadrzędnych czynników decyzyjnych, takich jak polityka krajowa oraz globalna sytuacja geopolityczna. Harmonogram prac oddziałuje jednak w sposób zauważalny na kwestie technologiczne, budżetowe i społeczne. Powstawanie opóźnień w naturalny sposób sprzyja wyborowi wielkoskalowych reaktorów LSR, osłabiając jednocześnie sens wdrażania szybkich technologii SMR, a ponadto dostarcza argumentów przeciwnikom atomu i może prowokować decydentów do wstrzymania funduszy lub próby ich skokowego zwiększenia w celu nadrobienia strat. Realizacja inwestycji zgodnie z założonym planem stanowi wariant optymalny, który wspiera rozwój każdego profilu technologicznego, stabilizuje przepływy finansowe oraz buduje zaufanie obywateli, minimalizując aktywną niezgodę. Z kolei maksymalne przyspieszenie prac, chociaż skutecznie wymusza na państwie dynamiczną alokację kapitału w celu utrzymania narzuconego tempa, wywołuje jednocześnie negatywne skutki w wymiarze społecznym, eskalując opór i wątpliwości z uwagi na obawy o obniżenie standardów bezpieczeństwa czy brak odpowiednich konsultacji.

MACIERZ WZAJEMNYCH ODDZIAŁYWAŃ ZIDENTYFIKOWANYCH CZYNNIKÓW WPŁYWU

Graficzne przedstawienie danych zgodnie z opisanymi uprzednio wagami i oddziaływaniami przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Macierz wzajemnych oddziaływań zidentyfikowanych czynników wpływu

	A		B		C		D			E			F		
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	D3	E1	E2	E3	F1	F2	F3
A. Profil technologiczny rynku energetyki jądrowej															
A1 100% LSR			0	0	1	-1	0	0	0	0	3	0	1	2	-1
A2 miks LSR i SMR			1	0	1	-1	0	1	-1	0	3	0	-1	3	2
B. Nastawienie krajowych i unijnych decydentów politycznych															
B1 Zielone światło	1	1					0	3	3	0	0	2	0	2	0
B2 Blok	-3	-3					3	-3	-3	2	1	-1	1	-3	-3
C. Zewnętrzna sytuacja polityczna															
C1 Pokój			1	0			0	1	2	0	0	1	0	2	0
C2 Konflikt			2	2			3	0	1	0	3	0	2	-1	1
D. Finansowanie z budżetu państwa i UE															
D1 Zatrzymane	-3	-2								2	0	-1	-3	-3	-3
D2 Stabilne	3	2								-1	0	1	0	3	2
D3 Dynamiczne	3	3								-1	0	1	0	3	3
E. Nastawienie społeczeństwa															
E1 Aktywna niezgoda	-2	-2	-1	2			2	-1	-1				2	-1	-3
E2 Wątpliwości	0	0	0	0			0	0	-1				0	0	-1
E3 Akceptacja	0	0	1	-1			-2	2	1				-2	1	1
F. Tempo realizacji inwestycji															
F1 Niespieszne	1	-1					1	0	2						
F2 Zaplanowany marsz	1	1					0	1	1						
F3 Sprint	0	0					-1	1	2						

Źródło: opracowanie własne.

Wybór scenariusza wiodącego, rezerwowego i anty-scenariusza

Zaprojektowane w niniejszym Raporcie scenariusze nie stanowią prognozy jednego – najbardziej prawdopodobnego – obrazu przyszłości, lecz uporządkowany zbiór alternatywnych ścieżek rozwoju, wynikających z różnych konfiguracji kluczowych czynników: profilu technologicznego, nastawienia decydentów, zewnętrznej sytuacji politycznej, finansowania, postawy społeczeństwa oraz tempa realizacji inwestycji. Z punktu widzenia polityk publicznych konieczne jest jednak wskazanie scenariusza, który pełni rolę odniesienia dla projektowania działań, scenariusza rezerwowego – odzwierciedlającego ambitniejszą, ale warunkową ścieżkę transformacji – oraz anty-

scenariusza, pełniącego funkcję ostrzegawczą. O wyborze zdecydowały dwie grupy przesłanek:

a) wyniki analizy dźwigni ($\text{Leverage} = C \times S \times U$) dla czynników A–F w każdym z presetów, pozwalające zidentyfikować kombinacje o najwyższej sile sprawczej z perspektywy bezpieczeństwa energetycznego,

b) jakościowa ocena ekspercka stopnia realizacji celów bezpieczeństwa energetycznego w każdym scenariuszu (załącznik 2) oraz komentarze dotyczące ich realistyczności, wrażliwości na szoki i potencjału operacyjnego.

Na tej podstawie przyjęto następujący podział ról scenariuszy:

Scenariusz stabilnego wdrożenia – scenariusz wiodący. Scenariusz ten został uznany za scenariusz wiodący, stanowiący główne odniesienie dla projektowania polityk i działań. Przedstawia on „najbardziej zrównoważoną i realistyczną ścieżkę rozwoju energetyki jądrowej w Polsce”, w której program jądrowy realizowany jest w trybie zaplanowanego marszu, przy stabilnym finansowaniu z budżetu krajowego i środków UE, wysokim poziomie akceptacji społecznej, zielonym światłem politycznym oraz zewnętrznym pokojem. W ujęciu ilościowym scenariusz ten łączy wysoką rangę finansowania i tempa realizacji jako dźwigni o największej sile oddziaływania (wysokie wartości Leverage oraz wysokie miejsca w rankingu), przy jednoczesnym utrzymaniu korzystnych – choć mniej krytycznych – warunków w obszarze nastawienia decydentów, profilu technologicznego i zewnętrznej sytuacji politycznej. W ujęciu jakościowym odpowiada on sytuacji, w której państwo konsekwentnie realizuje przyjęty program, budując energetykę jądrową jako trwały filar bezpieczeństwa energetycznego, bez konieczności polegania na skrajnie sprzyjających ani skrajnie niekorzystnych uwarunkowaniach. Scenariusz Stabilnego Wdrożenia pełni zatem funkcję „centralnego punktu odniesienia” – jest wystarczająco ambitny, by znacząco poprawić bezpieczeństwo energetyczne, a jednocześnie osadzony w konfiguracji, którą eksperci uznają za realistyczną z perspektywy obecnych trendów i zdolności instytucjonalnych państwa.

Scenariusz ambitnej transformacji – scenariusz rezerwowy (aspiracyjny). Scenariusz Ambitnej Transformacji został przyjęty jako scenariusz rezerwowy o charakterze aspiracyjnym. Opisuje on sytuację, w której Polska realizuje transformację energetyczną opartą na energetyce jądrowej z maksymalną sprawnością i efektywnością: tempo realizacji inwestycji („zaplanowany marsz”) osiąga najwyższe wartości Leverage, a bardzo wysoka akceptacja społeczna eliminuje typowe bariery wdrożeniowe, takie jak protesty, zatory administracyjne czy spory prawne. W tym scenariuszu dynamiczne finansowanie oraz stabilna sytuacja międzynarodowa tworzą tło umożliwiające pełne wykorzystanie potencjału wykonawczego. „Zielone światło” polityczne i wybór technologiczny oparte na wielkoskalowych reaktorach jądrowych pozostają istotne, ale ich rola jest wtórna wobec synergii pomiędzy sprawnością wykonawczą a szerokim poparciem społecznym. Scenariusz Ambitnej Transformacji pełni funkcję „górną granicę ambicji” – pokazuje, jak może wyglądać optymalna realizacja programu jądrowego przy spełnieniu szeregu dodatkowych warunków:

konsekwentnego budowania akceptacji społecznej, nadzwyczajnie sprawnych instytucji, zintegrowanych systemów zarządzania projektem oraz dynamicznych, elastycznych mechanizmów finansowania. Zestaw polityk projektowanych w dalszych fazach powinien być w stanie wykorzystać okno możliwości, jeśli rzeczywistość zacznie przesuwać się w kierunku tego scenariusza.

Scenariusz peryferyjny – anty-scenariusz. Scenariusz Peryferyjny pełni funkcję anty-scenariusza, czyli scenariusza ostrzegawczego, opisującego szczególnie niekorzystną konfigurację warunków systemowych. Jego osią jest trwałe zatrzymanie finansowania inwestycji jądrowych (najwyższa wartość dźwigni – Leverage 27) oraz długotrwała blokada polityczna na osi Polska–Unia Europejska (Leverage 18). W tym wariancie wysoka zależność technologiczna (100% LSR) i aktywna niezgoda społeczna dodatkowo wzmacniają podatność projektu na paraliż, podczas gdy tempo realizacji inwestycji staje się niespieszne jako skutek, a nie przyczyna zablokowania programu. Zewnętrzna sytuacja polityczna pozostaje paradoksalnie spokojna – brak konfliktu nie jest jednak wystarczający, by przełamać wewnętrzny impas. W logice foresightu scenariusz Peryferyjny służy jako negatywny punkt odniesienia: pozwala identyfikować progi ostrzegawcze oraz sygnały dryfu w stronę konfiguracji, w której Polska staje się peryferyjnym uczestnikiem europejskiej transformacji energetycznej, pozbawionym zarówno suwerenności energetycznej, jak i korzyści wynikających z budowy krajowego programu jądrowego.

Tabela 5; Uwarunkowania rozwoju scenariuszy przyszłości bezpieczeństwa energetycznego do 2040 roku

Scenariusz	Kluczowe cechy systemu	Konteksty międzynarodowe, decyzje wewnętrzne w PL oraz uwarunkowania rynkowe (trendy), które zwiększają prawdopodobieństwo
Scenariusz stabilnego wdrożenia	– stabilne finansowanie z budżetu i UE; – zaplanowany marsz jako dominujące tempo; – zielone światło polityczne; – akceptacja społeczna; – zewnętrzny pokój; – konsekwentna realizacja programu LSR.	– uchwalenie i utrzymywanie wieloletnich ram finansowania programu jądrowego (fundusze celowe, gwarancje, montaż krajowo-unijny); – budowanie ponadpartyjnego konsensusu i wpisanie energetyki jądrowej do długoterminowych dokumentów strategicznych; – systematyczne działania na rzecz akceptacji społecznej (edukacja, kompensacje lokalne, przejrzysta komunikacja); – wzmacnianie stabilności instytucjonalnej i zdolności do zarządzania dużymi projektami infrastrukturalnymi.

Scenariusz ambitnej transformacji	– maksymalna sprawność wykonawcza; – wysoki wskaźnik tempa realizacji; – bardzo wysoka akceptacja społeczna; – dynamiczne finansowanie; – stabilne otoczenie polityczne; – pełna integracja systemów zarządzania projektem.	– decyzje wzmacniające elastyczne, dynamiczne finansowanie (szybkie uruchamianie rezerw, instrumenty reagujące na potrzeby projektu); – systemowe działania na rzecz bardzo wysokiej akceptacji społecznej (powiązanie programu z realną korzyścią – np. konkurencyjne ceny energii, „dywidenda energetyczna”); – wdrożenie zaawansowanych standardów zarządzania projektami, integracji łańcucha dostaw i zarządzania ryzykiem (w tym lex atom); – aktywna polityka zagraniczna i regulacyjna minimalizująca bariery dla szybkiej realizacji (korzystna implementacja prawa UE, umowy międzypaństwowe dot. technologii i paliwa).
Scenariusz peryferyjny	– zatrzymane finansowanie; – trwała blokada polityczna PL–UE; 100% LSR przy wysokiej zależności technologicznej; – aktywna niezgoda społeczna; – niespieszne tempo realizacji; – brak zewnętrznej presji do przetwarzania impasu.	– odkładanie decyzji o montażu finansowym i prawnej ochronie finansowania; rezygnacja z dostępnych źródeł unijnych lub ich fragmentaryczne wykorzystanie; – pogłębianie konfliktu politycznego wokół energetyki jądrowej na osi PL–UE (spory regulacyjne, brak spójnej narracji, brak mandatu do negocjacji); – zaniechanie działań informacyjnych i edukacyjnych, pozwalające utrwalić lub eskalować aktywną niezgodę społeczną; – utrzymywanie wysokiej zależności technologicznej bez równoległego zabezpieczenia dostępu do technologii, licencji i paliwa oraz brak działań na rzecz utrzymania kompetencji kadr.

Szkice scenariuszy

Przy kalkulowaniu scenariuszy, dla analizy spójności scenariuszy przyjęto zerową maksymalną wartość niespójności. W ten sposób wygenerowano 3 scenariusze, którym, po ich przeanalizowaniu nadano następujące tytuły:

1. Scenariusz peryferyjny,
2. Scenariusz stabilnego wdrożenia,
3. Scenariusz ambitnej transformacji:

Tabela 6: Schemat scenariuszy

Czynnik	Scenariusze		
	Scenariusz peryferyjny	Scenariusz stabilnego wdrożenia	Scenariusz ambitnej transformacji
A. Profil technologiczny rynku energetyki jądrowej	A1 100% LSR		
B. Nastawienie krajowych i unijnych decydentów politycznych	B2 Blok	B1 Zielone światło	
C. Zewnętrzna sytuacja polityczna	C1 Pokój		
D. Finansowanie z budżetu państwa i UE	D1 Zatrzymane	D2 Stabilne	D3 Dynamiczne
E. Postawa społeczeństwa	E1 Aktywna niezgoda	E3 Akceptacja	
F. Tempo realizacji inwestycji	F1 Niespieszne	F2 Zaplanowany marsz	

Źródło: opracowanie własne.

SCENARIUSZ PERYFERYJNY

Tabela 7: Zastosowanie metody dźwigni do scenariusza peryferyjnego

Czynniki preset 1		krytyczność 1-3	sterowalność 1-3	pilność 1-3	mnożnik
Profil technologiczny rynku energetyki jądrowej	LSR 100%	2	3	2	12
Nastawienie krajowych i unijnych decydentów politycznych	blok	3	2	3	18
Zewnętrzna sytuacja polityczna	pokój	1	1	1	1
Finansowanie z budżetu państwa i UE	zatrzymane	3	3	3	27
Postawa społeczeństwa	aktywna niezgoda	2	1	2	4
Tempo realizacji inwestycji	niespieszne	1	2	1	2

Źródło: opracowanie własne.

Filary scenariusza – finansowanie i otoczenie polityczne

Najważniejszą cechą tego scenariusza jest całkowite i nieprzewidywalne zatrzymanie finansowania strategicznych inwestycji jądrowych, co uzyskało najwyższą wartość dźwigni (27). Decyzja ta, zarówno po stronie polskiej, jak i unijnej, pozbawia projekt możliwości realizacji na poziomie podstawowym. Impas ten jest wzmacniany przez trwałą blokadę polityczną na osi PL-UE, która uzyskała drugą najwyższą wartość (dźwignia 18). Brak spójności i woli politycznej uniemożliwia podjęcie działań zaradczych. Te dwa czynniki są kluczowymi determinantami całego scenariusza.

Środowisko – profil technologiczny

Sytuację pogarsza wysoka zależność technologiczna (LSR 100%, dźwignia 12), zakładająca koncentrację na jednej, dużej technologii [LSR], co zwiększa ryzyko i wrażliwość na zatrzymanie finansowania. Zamiast dywersyfikacji technologicznej, projekt jest monolityczny i łatwiejszy do zablokowania.

Minimalizowane czynniki

W rezultacie tych potężnych blokad (finanse i polityka), tempo realizacji inwestycji z natury staje się niespieszne, tj. nie wypełnia zaplanowanych harmonogramów

[dźwignia 2] – jest to efekt, a nie przyczyna. Choć aktywna niezgoda społeczna [dźwignia 4] jest obecna, jej wpływ jest mniejszy niż siła paraliżu finansowego i politycznego. System jest również stabilny w kontekście otoczenia, ponieważ zewnętrzna sytuacja polityczna [dźwignia 1] pozostaje w stanie pokoju, co oznacza brak zewnętrznej presji do przełamania wewnętrznego impasu.

W efekcie, transformacja energetyczna zostaje w praktyce sparaliżowana przez zatrzymanie finansowania i brak decyzji politycznych.

SCENARIUSZ STABILNEGO WDROŻENIA

Tabela 8: Zastosowanie metody dźwigni do scenariusza ambitnego wdrożenia

Definicja czynników preset 2		krytyczność 1-3	sterowalność 1-3	pilność/ryzyko zaniechania 1-3	mnożnik
Profil technologiczny rynku energetyki jądrowej	LSR 100%	1	3	3	9
Nastawienie krajowych i unijnych decydentów politycznych	zielone światło	3	2	1	6
Zewnętrzna sytuacja polityczna	pokój	1	1	1	1
Finansowanie z budżetu państwa i UE	stabilne	3	3	2	18
Nastawienie społeczeństwa	akceptacja	2	1	2	4
Tempo realizacji inwestycji	zaplanowany marsz	2	2	3	12

Źródło: opracowanie własne.

Finansowa gwarancja i planowa realizacja

Scenariusz stabilnego wdrożenia przedstawia najbardziej zrównoważoną i realistyczną ścieżkę dla transformacji energetycznej Polski, osiągniętą dzięki zapewnieniu kluczowych zasobów i stabilnego otoczenia. Zbudowany jest wokół czynników o najwyższej wartości dźwigni (12 i 18), które są motorem postępu.

Filary sukcesu – finansowanie i realizacja harmonogramów

Najważniejszym czynnikiem tego scenariusza, posiadającym największą siłę sprawczą (dźwignia 18), jest stabilne finansowanie. Przewidywalność i gwarancja środków z budżetu krajowego i/lub UE usuwa główne ryzyko projektowe, zapewniając fundament dla wieloletnich inwestycji.

Dzięki tej gwarancji finansowej, system osiąga wysoką efektywność realizacji (zaplanowany marsz, dźwignia 12). Stałe, pewne tempo prac jest konsekwencją braku zatorów finansowych i pozwala na terminowe osiąganie kolejnych kamieni milowych.

Środowisko wsparcia

Program opiera się na strategii technologicznej skupionej na dużych reaktorach jądrowych (LSR 100%, dźwignia 9), która choć jest jednokierunkowa, ma wystarczającą dźwignię, by być realizowana konsekwentnie dzięki pewności finansowej. Proces jest wspierany przez "zielone światło" polityczne (dźwignia 6) na poziomie krajowym i unijnym, co zapewnia niezbędne ramy regulacyjne i administracyjne.

Minimalizowane czynniki, choć obecne, stanowią jedynie tło dla kluczowych determinant:

Akceptacja społeczna (dźwignia 4) jest zminimalizowana jako siła napędowa – jest to ułatwienie, a nie czynnik decydujący o sukcesie, który leży w finansowaniu.

Zewnętrzna sytuacja polityczna (dźwignia 1) jest stabilna (pokój), co oznacza brak niepotrzebnych zakłóceń, ale nie jest źródłem impulsu dla transformacji.

W rezultacie, scenariusz stabilnego wdrożenia gwarantuje postępujące i bezpieczne wprowadzanie energetyki jądrowej, ustanawiając ją jako przewidywalny i trwały element miksu energetycznego kraju.

SCENARIUSZ AMBITNEJ TRANSFORMACJI

Tabela 9: Zastosowanie metody dźwigni do scenariusza ambitnej transformacji

Czynniki preset 3		krytyczność 1-3	sterowalność 1-3	pilność/ryzyko zaniechania 1-3	mnożnik
Profil technologiczny rynku energetyki jądrowej	LSR 100%	1	3	1	3
Nastawienie krajowych i unijnych decydentów politycznych	zielone światło	2	1	1	2
Zewnętrzna sytuacja polityczna	pokój	3	1	2	6
Finansowanie z budżetu państwa i UE	dynamiczne	1	2	3	6
Nastawienie społeczeństwa	akceptacja	3	2	2	12
Tempo realizacji inwestycji	zaplanowany marsz	2	3	3	18

Źródło: opracowanie własne.

Scenariusz ambitnej transformacji: realizacja wzmocniona kapitałem społecznym.

Scenariusz ambitnej transformacji przedstawia przyszłość, w której polska energetyka jądrowa jest wdrażana z najwyższą możliwą sprawnością. Jest to model sukcesu napędzanego przez czynniki o największej sile oddziaływania, co manifestuje się w ich wartościach dźwigni.

Głównym motorem, który nadaje transformacji charakter ambitny, jest zaplanowany marsz w realizacji inwestycji, osiągający najwyższą wartość dźwigni (18). Ta sprawność wykonawcza gwarantuje terminowość i jest kluczem do sukcesu. Ten sukces wykonawczy jest nierozdzielnie związany z powszechną akceptacją społeczną, która ma drugą największą siłę sprawczą (dźwignia 12). Ten kapitał społeczny eliminuje ryzyka protestów, usprawnia procesy administracyjne i radykalnie zwiększa prawdopodobieństwo utrzymania wysokiego tempa realizacji projektów. Bez tej akceptacji osiągnięcie "zaplanowanego marszu" byłoby w praktyce niemożliwe.

Środowisko to jest solidnie wspierane przez dwa czynniki o średniej, ale znaczącej sile (dźwignie po 6). Dynamiczne finansowanie dostarcza płynność niezbędną do efektywnej pracy i szybkiego reagowania na potrzeby projektu, podczas gdy zewnętrzna sytuacja polityczna pozostaje w stanie pokoju, eliminując zewnętrzne szoki i pozwalając na pełne skupienie zasobów na realizacji wewnętrznego programu.

W kontekście tak silnych determinant, pozostałe elementy mają najmniejszą siłę sprawczą, stanowiąc jedynie bezpieczne tło. "Zielone światło" polityczne PL/UE ma najniższą dźwignię [2], co oznacza, że konsensus jest obecny, ale to sprawność wykonawcza i akceptacja społeczna, a nie samo zezwolenie, stanowią klucz do szybkiego i skutecznego wdrożenia. Podobnie, wybór technologiczny (LSR 100%) ma niską dźwignię [3], co sugeruje, że sam wybór technologii jest stały, lecz nie on sam przesądza o sukcesie. W rezultacie, Scenariusz Ambitnej Transformacji jest wzorem efektywności, gdzie realizacja projektów przebiega bez zakłóceń dzięki przewadze czynników wykonawczych i społecznych.

FAZA 3. ANALIZA I SELEKCJA

PROGI DECYZYJNE I SYGNAŁY WCZESNEGO OSTRZEGANIA W ZDEFINIOWANYCH SCENARIUSZACH

Aby analiza scenariuszy nie pozostała jednorazowym ćwiczeniem, konieczne jest powiązanie zdefiniowanych kierunków działań z konkretnymi wskaźnikami oraz progami decyzyjnymi, które pozwolą na bieżąco oceniać, czy rzeczywistość dryfuje w stronę scenariusza peryferyjnego, stabilnego wdrożenia czy ambitnej transformacji. W logice foresightu oznacza to przełożenie czynników A–F [profil technologiczny, nastawienie decydentów, zewnętrzna sytuacja polityczna, finansowanie, postawa społeczeństwa, tempo realizacji] na mierzalne sygnały wczesnego ostrzegania. Proponowany zestaw wskaźników na potrzeby monitorowania obejmuje przede wszystkim wymiary: governance (czas decyzji, przewidywalność regulacyjna), finansowanie i koszty, ryzyko i odporność (w tym łańcuchy dostaw), konkurencyjność (koszty, inwestycje) oraz akceptację i partycypację społeczną. Poniżej przedstawiono propozycję 2–3 kluczowych wskaźników dla każdego kierunku działań wraz z interpretacją – kiedy sygnał oznacza dryf w stronę scenariusza peryferyjnego, a kiedy ambitnej transformacji.

Tabela 10: Progi decyzyjne i sygnały wczesnego ostrzegania w zdefiniowanych scenariuszach

Kierunek działań	Proponowany wskaźnik / sygnał	Sygnał dryfu w stronę scenariusza peryferyjnego	Sygnał dryfu w stronę scenariusza ambitnej transformacji
Strategiczne zarządzanie finansowaniem programu jądrowego	– poziom kontraktacji środków UE i innych funduszy międzynarodowych na projekty jądrowe	– niski poziom kontraktacji (np. < ~50% dostępnej alokacji w połowie okresu programowania); brak nowych projektów we wnioskach; utraty lub zwroty środków	– wysoka kontraktacja (> ~80% alokacji); widoczny pipeline kolejnych projektów; wykorzystanie innowacyjnych instrumentów (zielone finansowanie, gwarancje, blended finance)
	– udział wydatków inwestycyjnych na EJ w wydatkach majątkowych budżetu państwa	– spadek udziału przez kilka kolejnych lat; zamrażanie nowych zobowiązań; cięcia w wieloletnich planach finansowych	– stabilny lub rosnący udział; utrzymanie/rozszerzanie wieloletnich ram finansowych; powołanie funduszy celowych i rezerw pod EJ
Zarządzanie tempem	– odchylenie realizacji	– utrwalone opóźnienia (np. > 12	– realizacja w trybie „zaplanowanego marszu” –

realizacji inwestycji	kluczowych kamieni milowych od harmonogramu	miesiący) bez realnego planu naprawczego; przesuwanie dat oddania bloków bez zwiększenia zasobów/finansowania	większość kamieni milowych w widełkach na kilka miesięcy; przy opóźnieniach – wdrożone działania korygujące (rezerwy, wzmocnienie kadr]
	– średni czas uzyskania kluczowych decyzji i pozwoleń (time-to-decision]	– wydłużający się czas wydawania decyzji; narastający backlog spraw; brak priorytetyzacji projektów EJ w administracji	– stopniowe skracanie czasu procedowania przy utrzymaniu standardów bezpieczeństwa; funkcjonowanie rozwiązań typu „one-stop-shop” dla EJ
	– odsetek kluczowych ryzyk projektowych z przypisanymi działaniami zaradczymi	– wysoki odsetek ryzyk „niezaadresowanych”; brak aktualizacji rejestru ryzyk mimo zmian otoczenia	– regularne aktualizacje; większość kluczowych ryzyk z przypisanymi właścicielami i planami działań; wykorzystanie benchmarków międzynarodowych
Zarządzanie postawą decydentów politycznych (krajowych i unijnych)	– stabilność ram strategicznych i legislacyjnych dot. EJ (częstotliwość i charakter zmian)	– częste zmiany lub zawieszanie realizacji strategii, programów, ustaw; sprzeczne sygnały polityczne; brak aktualizacji mimo zmian w UE	– stabilne, ponadkadencyjne dokumenty z okresowymi aktualizacjami; spójność zapisów krajowych ze stanowiskami prezentowanymi w Brukseli
	– poziom ponadpartyjnego wsparcia dla EJ (głosowania, wspólne deklaracje]	– narastająca polaryzacja; EJ jako oś sporu; brak wspólnych stanowisk w kluczowych głosowaniach krajowych i unijnych	– wysoki stopień ponadpartyjnego konsensusu (uchwały, deklaracje, głosowania ponad podziałami); wspólne stanowiska negocjacyjne PL w UE
	– efektywność implementacji prawa UE z perspektywy EJ	– częste procedury naruszeniowe; implementacja z opóźnieniem lub w sposób pogarszający warunki dla EJ (np. nadmiarowe obciążenia]	– terminowa implementacja; wykorzystanie marginesu krajowego na rzecz bezpieczeństwa energetycznego i programu EJ; aktywne kształtowanie unijnej agendy EU
Zarządzanie postawą społeczeństwa	– poziom akceptacji dla EJ w badaniach opinii (ogółem i w	– utrzymująca się lub rosnąca przewaga postaw negatywnych; szczególnie niska	– stabilna lub rosnąca przewaga akceptacji; wysoki odsetek odpowiedzi „ufam, że projekt będzie

	regionach lokalizacji]	akceptacja w gminach lokalizacyjnych	bezpieczny i korzystny ekonomicznie"
	- nasilenie konfliktów społecznych wokół projektów EJ (liczba i skala sporów/protestów)	- częste protesty, blokady, odwołania i spory sądowe zatrzymujące kluczowe decyzje; brak efektywnych mechanizmów dialogu	- ograniczona liczba sporów; widoczne stosowanie narzędzi partycypacji (konsultacje, panele obywatelskie) oraz pakietów korzyści lokalnych (kompensacje, inwestycje towarzyszące)
	- postrzegana przystępność kosztowa energii (udział rachunków w budżecie gospodarstw, zasięg ubóstwa energetycznego)	- rosnący udział rachunków i wzrost ubóstwa energetycznego bez wiarygodnej narracji, że EJ to odwróci	- komunikacja oraz pierwsze decyzje regulacyjne wskazujące EJ jako stabilizator cen; pojawienie się produktów taryfowych/długoterminowych kontraktów powiązanych z EJ
Zarządzanie zewnętrzną sytuacją polityczną (geopolityka i łańcuchy dostaw)	- indeksy ryzyka geopolitycznego i ratingi stabilności regionu (CEE)	- trwały wzrost ocen ryzyka, pogorszenie ratingów; rosnąca liczba incydentów militarnych/hybrydowych w regionie	- relatywna stabilizacja lub poprawa wskaźników ryzyka; wzmocnienie pozycji Polski w strukturach NATO/UE; skuteczne mechanizmy reagowania kryzysowego
	- liczba i zakres długoterminowych umów międzypaństwowych i komercyjnych dot. technologii, komponentów i paliwa jądrowego	- brak lub wygaszanie takich umów; wysoka koncentracja dostaw od jednego dostawcy/regionu; brak klauzul bezpieczeństwa dostaw	- zawarte i utrzymywane długoterminowe umowy z kilku źródeł; klauzule bezpieczeństwa i dywersyfikacji; mechanizmy solidarnościowe (np. w ramach UE/NATO)
	- dywersyfikacja łańcuchów dostaw (udział kilku niezależnych źródeł komponentów krytycznych)	- silna zależność od pojedynczych dostawców/regionów; powtarzające się przerwy w dostawach; brak planów awaryjnych	- zdywersyfikowane źródła; zapasy bezpieczeństwa; procedury szybkiego przetwarzania dostawców; wspólne zakupy lub magazyny strategiczne
Kompleksowe zabezpieczenie realizacji programu LSR (profil technologiczny)	- dostępność kadr dla sektora EJ (liczba absolwentów kierunków jądrowych, programy	- niedobór kadr; brak nowych programów kształcenia lub ich marginalna skala; odpływ specjalistów za granicę	- systematyczny wzrost liczby specjalistów; dedykowane programy uczelniane i zawodowe; partnerstwa z

kadry, instytucje]	kształcenia, mobilność kadr]		doświadczonymi krajami i operatorami
	– zdolność instytucjonalna organów dozoru, regulacji i wdrożenia (PAA, administracja, spółki Skarbu Państwa]	– długotrwałe niedofinansowanie i niedobór kadr; długi czas procedowania; niska zdolność do pracy w standardach międzynarodowych	– wzmocnione kadrowo i finansowo instytucje; szkolenia międzynarodowe; certyfikacje i audyty zewnętrzne; sprawne procesy regulacyjne
	– spójność i aktualność ram regulacyjnych dla EJ (lex atom, ustawy sektorowe, rozporządzenia]	– fragmentaryczne lub przestarzałe regulacje; kolizje przepisów; brak dostosowania do współczesnych technologii i standardów bezpieczeństwa	– spójny, aktualny zestaw regulacji (w tym specjalne ścieżki dla EJ); regularne przeglądy i aktualizacje; harmonizacja z najlepszymi praktykami międzynarodowymi

Źródło: opracowanie własne.

Kierunki działań

Przedstawione poniżej kierunki działań nie stanowią katalogu pojedynczych projektów ani rekomendacji sektorowych. Są one wynikiem syntezy całego procesu foresightowego: analizy sześciu wymiarów bezpieczeństwa energetycznego, modelowania scenariuszowego, backcastingu dla horyzontu 2040 oraz triangulacji wyników jakościowych i ilościowych. W toku prac zidentyfikowano kilkadziesiąt potencjalnych działań i instrumentów polityki publicznej. Następnie poddano je ocenie według czterech kryteriów: [a] wpływ na bezpieczeństwo energetyczne państwa, [b] odporność na różne warianty scenariuszowe, [c] zdolność do uruchamiania efektów systemowych w wielu obszarach jednocześnie, [d] realne szanse wdrożenia w perspektywie 2026–2040. Za kluczowe uznano te kierunki, które pozostawały istotne we wszystkich analizowanych scenariuszach i jednocześnie wykazywały najwyższy potencjał redukcji ryzyk strategicznych dla Polski.

Tabela 11: Kierunki działań

Kierunek działań	Znaczenie w scenariuszach przyszłości	Uzasadnienie strategiczne
Kompleksowe zabezpieczenie realizacji programu opartego na	Profil technologiczny	Określa podstawową architekturę transformacji energetycznej Polski i warunkuje osiągnięcie

wielkoskalowej energetyce jądrowej (LSR)	rynku energetyki jądrowej	długoterminowego bezpieczeństwa dostaw poprzez rozwój stabilnych mocy dyspozycyjnych.
Zarządzanie postawą decydentów politycznych (krajowych i unijnych)	Nastawienie decydentów politycznych	Zapewnia ciągłość polityczną programu oraz ogranicza ryzyko zmian kierunku transformacji wynikających z cykli wyborczych lub zmian priorytetów politycznych.
Zarządzanie zewnętrzną sytuacją polityczną	Uwarunkowania geopolityczne	Ogranicza wpływ czynników międzynarodowych na realizację programu jądrowego poprzez wzmacnianie współpracy międzynarodowej, bezpieczeństwa oraz odporności łańcuchów dostaw.
Strategiczne zarządzanie finansowaniem programu jądrowego (budżet krajowy i unijny)	Finansowanie programu jądrowego	Zapewnia trwałość finansową programu w całym cyklu inwestycyjnym oraz minimalizuje ryzyko przerwania realizacji z przyczyn budżetowych lub instytucjonalnych.
Zarządzanie postawą społeczeństwa	Nastawienie społeczeństwa	Buduje długoterminową akceptację społeczną dla programu jądrowego, ograniczając ryzyko konfliktów społecznych oraz opóźnień inwestycyjnych.
Zarządzanie tempem realizacji inwestycji	Tempo realizacji inwestycji	Koncentruje się na utrzymaniu harmonogramu, koordynacji procesu inwestycyjnego oraz ograniczaniu ryzyka opóźnień wpływających na bezpieczeństwo energetyczne państwa.

Źródło: opracowanie własne.

KIERUNEK DZIAŁAŃ: KOMPLEKSOWE ZABEZPIECZENIE REALIZACJI PROGRAMU OPARTEGO NA WIELKOSKALOWEJ ENERGETYCE JĄDROWEJ (LSR)

Kierunek działań koncentruje się na budowie trwałych, wielopoziomowych ram (politycznych, regulacyjnych, kapitałowych i technicznych), które są niezbędne dla realizacji kapitałochłonnej i scentralizowanej inwestycji, jaką jest program jądrowy oparty wyłącznie na technologii LSR. Działania te mają na celu zminimalizowanie ryzyk specyficznych dla tej wielkoskalowej technologii w trzech scenariuszach.

DOKUMENTY POLITYCZNE I PROGRAMY PONADPARTYJNE

strategii rozwoju energetyki jądrowej oraz programu rozwoju kadr. Dokumenty te mają ponadpartyjnie potwierdzić wybór technologii LSR jako filaru bezpieczeństwa energetycznego do 2040 r. i zabezpieczyć system kształcenia kadr technicznych niezbędnych do jej budowy i późniejszej obsługi.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: Strategia i programy kadr amortyzują ryzyko całkowitej utraty kompetencji i stanowią polityczną barierę dla zmiany kierunku na alternatywne (mniejsze, zdecentralizowane) technologie w warunkach paraliżu głównego projektu.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: Utrwalają i formalizują "zielone światło" polityczne oraz eliminują potencjalne opóźnienia związane z brakiem wykwalifikowanej kadry dla budowy i eksploatacji dużej floty reaktorów.
- Scenariusz ambitnej transformacji: Zapewniają stałą orientację i zasoby ludzkie dla realizacji fazy wykonawczej, chroniąc przed presją na zmianę technologii w trakcie realizacji.

DZIAŁANIA ADMINISTRACYJNE I PRZEPISY WYKONAWCZE STANOWIĄCE RAMY PRAWNE DLA WYBRANEJ TECHNOLOGII

Działania kierunkowe obejmują ustanowienie dedykowanej i maksymalnie przyspieszonej ścieżki regulacyjnej (tzw. "lex atom") dla całego projektu LSR i towarzyszącej mu infrastruktury krytycznej (np. przyłącza do sieci, składowisko odpadów). Przepisy wykonawcze muszą uwzględniać specyficzne wymagania bezpieczeństwa i skalę inwestycji.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: Utrzymanie uproszczonej ścieżki administracyjnej pozwala na minimalne tempo postępu (np. decyzje lokalizacyjne), chroniąc projekt przed całkowitym zablokowaniem na poziomie lokalnym czy regionalnym.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: Działania kierunkowe minimalizują ryzyko zatorów administracyjnych i sporów prawnych, które są typowe dla dużych projektów infrastrukturalnych, gwarantując dotrzymanie terminów zgodnie z harmonogramem.
- Scenariusz ambitnej transformacji: Zapewnia maksymalną sprawność wykonawczą, usuwając biurokratyczne przeszkody, co jest kluczowe dla osiągnięcia terminowej realizacji wynikającej z ambitnego harmonogramu.

ZABEZPIECZANIE FINANSOWANIA INWESTYCJI

Proponowane działania to ustanowienie państwowych gwarancji i mechanizmów długoterminowego wsparcia dla finansowania, typowych dla projektów o skali LSR (np. gwarancje państwowe dla kredytów międzynarodowych). Działanie to ma potwierdzić

zdolność kraju do sfinansowania inwestycji o wysokich nakładach kapitałowych w fazie początkowej oraz z racji swojego charakteru, niepodzielnej, tj. wymagającej finansowania w całości.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: amortyzuje ryzyko całkowitego zatrzymania projektu, zapewniając kapitał pomostowy na utrzymanie kadry i dokumentacji, nawet w obliczu wstrzymania kluczowych funduszy unijnych i krajowych.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: gwarantuje pewność kapitałową, usuwając największe ryzyko z harmonogramu i umożliwiając stabilne, terminowe tempo realizacji.
- Scenariusz ambitnej transformacji: wspiera dynamiczne finansowanie, dostarczając płynności umożliwiającej szybkie reagowanie na potrzeby projektowe i utrzymanie maksymalnej sprawności wykonawczej.

ZABEZPIECZENIE DOSTĘPNOŚCI TECHNOLOGII I LICENCJI – WSPÓŁPRACA MIĘDZYNARODOWA

Planowane działania obejmują formalizację wiążących umów międzypaństwowych i międzyrządowych z dostawcami wybranej technologii LSR. Umowy te muszą zabezpieczać nie tylko dostawy i licencje na budowę, ale także długoterminowy transfer know-how, dostęp do serwisu i stałe dostawy paliwa na cały cykl eksploatacji elektrowni (60+ lat), co jest wymogiem bezpieczeństwa dla technologii użytkowanej w tak długim horyzoncie.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: utrzymuje technologiczną wiarygodność projektu. Chroni przed utratą dostępu do technologii i licencji, które mogłyby ulec dezaktualizacji lub wycofaniu w warunkach długotrwałego paraliżu finansowego.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: eliminuje ryzyko uzależnienia technologicznego, kluczowego dla bezpieczeństwa dostaw i zapewnia ciągłość know-how, wspierając stabilną realizację inwestycji zgodnie z harmonogramem.
- Scenariusz ambitnej transformacji: wspiera sprawność wykonawczą poprzez zagwarantowanie terminowej dostępności technologii i komponentów, co jest niezbędne dla utrzymania maksymalnego tempa realizacji.

KIERUNEK DZIAŁAŃ: ZARZĄDZANIE POSTAWĄ DECYDENTÓW POLITYCZNYCH (KRAJOWYCH I UNIJNYCH)

Kierunek działań koncentruje się na strategicznym zarządzaniu nastawieniem politycznym na ośi Polska – Unia Europejska oraz wewnętrznym konsensusem

krajowym. Postawa decydentów jest kluczowym, niefinansowym filtrem, decydującym o realizacji transformacji energetycznej na drodze rozwijania energii jądrowej. Analizujemy, jak aktywne zarządzanie tym nastawieniem wpływa na ryzyka i szanse we wszystkich trzech scenariuszach.

WYPRACOWANIE ZGODY POLITYCZNEJ, KTÓREJ EFEKTEM SĄ DOKUMENTY PROGRAMOWE

Działania polegające na formalnym zainicjowaniu i osiągnięciu długoterminowego, ponadpartyjnego porozumienia politycznego w kraju, które jest następnie dyplomatycznie i programowo zabezpieczane na poziomie Unii Europejskiej. Porozumienie to musi skutkować przyjęciem prawnie wiążących dokumentów strategicznych lub uchwał, które wykraczają poza horyzont jednego cyklu wyborczego i jednoznacznie potwierdzają kierunek transformacji.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny (blokada finansowa i polityczna): bezpośrednio amortyzuje główną siłę paraliżu – trwałą blokadę na osi politycznej Polska – Unia Europejska. Ustanowienie formalnej, ponadpartyjnej zgody (nawet symbolicznej w warunkach paraliżu) podważa argumenty o niestabilności politycznej Polski i ułatwia wznowienie dialogu z UE.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: wzmacnia i utrwala filar pełnego konsensusu politycznego na poziomie krajowym i unijnym. Zgoda programowa zamienia "zielone światło" w trwałą, instytucjonalną pewność, co zwiększa zaufanie inwestorów i ułatwia sprawne zarządzanie administracyjne.
- Scenariusz ambitnej transformacji: zapewnia polityczną osłonę i spójność dla będącej główną siłą sprawczą sprawności wykonawczej. Choć ten scenariusz charakteryzuje się dużym poparciem społecznym, formalna zgoda polityczna eliminuje ryzyko późniejszych zawirowań, które mogłyby zakłócić terminowy marsz projektu.

KORZYSTNA DLA KRAJU IMPLEMENTACJA UNIJNYCH POLITYK

Planowane działania to aktywne działania dyplomatyczne, lobbingowe i prawne mające na celu takie ukształtowanie krajowych przepisów wykonawczych i interpretacji regulacji UE (np. pakietów klimatycznych, zasad pomocy publicznej, etc.), aby maksymalnie wykorzystywały one istniejące możliwości prawne, minimalizowały obciążenia i zapewniały największą elastyczność w transformacji. Chodzi o efektywną adaptację prawa UE do krajowych uwarunkowań energetycznych.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: omija i neutralizuje blokadę finansową i polityczną poprzez regulacyjne dostosowanie. Nawet w warunkach braku

bezpośredniego konsensusu, korzystna implementacja minimalizuje kary, umożliwia kontynuację niezbędnych działań (np. modernizację sieci) i ogranicza negatywny wpływ regulacyjny na tempo transformacji.

- Scenariusz stabilnego wdrożenia: zapewnia spójność prawną i administracyjną w długim okresie. Umożliwia projektom infrastrukturalnym (np. rozwój magazynowania, sieci) szybkie i bezkolizyjne uzyskanie niezbędnych zgód regulacyjnych, co sprzyja stabilnemu tempu realizacji.
- Scenariusz ambitnej transformacji: wspiera maksymalną efektywność sprawności wykonawczej. Optymalna implementacja polityk unijnych usuwa wszelkie potencjalne bariery prawne, pozwalając na wykorzystanie maksymalnej siły sprawczej akceptacji społecznej i wykonawczej do osiągnięcia terminowej realizacji.

KIERUNEK DZIAŁAŃ: ZARZĄDZANIE ZEWNĘTRZNĄ SYTUACJĄ POLITYCZNĄ

Ten kierunek działań koncentruje się na strategicznym zarządzaniu ryzykiem geopolitycznym i bezpieczeństwa, które pośrednio warunkuje realizację transformacji energetycznej w kraju. Stabilność międzynarodowa i obronność są kluczowe, ponieważ programy energetyczne (szczególnie wielkoskalowe) są długoterminowe i wrażliwe na zakłócenia zewnętrzne, takie jak konflikty, kryzysy lub utrata zaufania sojuszników.

DZIAŁANIA NA ARENIE MIĘDZYNARODOWEJ, UDZIAŁ W ORGANIZACJACH MIĘDZYNARODOWYCH, PAKTACH POLITYCZNYCH

Działania w tym obszarze, to aktywne wzmacnianie pozycji w kluczowych strukturach bezpieczeństwa (NATO, UE) oraz zawieranie bilateralnych i multilateralnych paktów politycznych i gospodarczych, które mają na celu stworzenie silnej, przewidywalnej i chronionej przestrzeni do prowadzenia transformacji energetycznej. Zasadniczym ich celem jest zabezpieczenie dostaw krytycznych surowców i technologii poprzez sojusze strategiczne.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: silny udział w paktach politycznych działa jako bufor minimalizujący marginalizację programu jądrowego. W przypadku blokady finansowej i politycznej na osi Polska – Unia Europejska, pogłębiona współpraca międzynarodowa (np. w NATO, Trójmorze) może stanowić alternatywne kanały dialogu i źródła wsparcia politycznego, utrudniając trwałą izolację i paraliż tego konkretnego projektu.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: zaangażowanie na arenie międzynarodowej utrwala warunki "zewnętrznego pokoju" i maksymalizuje zaufanie do polskiego rynku. Umacnianie sojuszy gwarantuje, że kluczowi dostawcy technologii i kapitału (np. z USA, Korei Płd., Francji) postrzegają

Polskę jako stabilnego i chronionego partnera, co sprzyja konsekwentnemu, niezakłóconemu tempu realizacji.

- Scenariusz ambitnej transformacji: udział w paktach międzynarodowych ułatwia utrzymanie dynamicznego tempa realizacji poprzez eliminację ryzyka geopolitycznego. Aktywne sojusze umożliwiają szybki transfer technologii i wspierają sprawność wykonawczą poprzez utrzymanie maksymalnej koncentracji na krajowym projekcie, bez konieczności reagowania na nagłe kryzysy zewnętrzne.

INWESTYCJE W OBRONNOŚĆ

Kierunek działań obejmuje zwiększanie wydatków na obronność i modernizację armii zgodnie z planami sojuszniczymi. Inwestycje te, oprócz bezpośredniego efektu militarnego, stanowią sygnał polityczny o poważnym traktowaniu zobowiązań bezpieczeństwa. W kontekście energetyki, inwestycje w obronność pośrednio chronią kluczową infrastrukturę krytyczną (elektrownie, gazociągi, sieci) oraz zwiększają zdolność do reagowania na ewentualne ataki hybrydowe lub cybernetyczne.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: zwiększenie politycznej siły przetargowej kraju. Nawet w warunkach paraliżu programu jądrowego, znaczące inwestycje w obronność utrzymują strategiczne znaczenie Polski dla sojuszników. To minimalizuje ryzyko całkowitej rezygnacji sojuszników ze wsparcia tego konkretnego, zablokowanego projektu w imię szerszej stabilności bezpieczeństwa.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: wzmacnia bezpieczeństwo dostaw technicznych. Oprócz ochrony fizycznej infrastruktury, duża obronność zwiększa ogólną odporność kraju, co sprzyja stabilności i gwarantuje, że "zaplanowany marsz" transformacji nie zostanie zakłócony przez czynniki zewnętrzne.
- Scenariusz ambitnej transformacji: utrzymuje priorytet projektu. Inwestycje w obronność, będące wyrazem sprawności państwa, budują wizerunek silnego wykonawcy. Zapewniają, że sprawność wykonawcza [główna siła sprawcza] może być w pełni skupiona na transformacji, chroniąc system przed koniecznością nagłego przekierowania zasobów na kryzysy bezpieczeństwa.

KIERUNEK DZIAŁAŃ: STRATEGICZNE ZARZĄDZANIE FINANSOWANIEM PROGRAMU JĄDROWEGO (BUDŻET KRAJOWY I UNIJNY)

Kierunek działań koncentruje się na strategicznych mechanizmach zabezpieczenia stabilnego i wystarczającego finansowania dla programu wielkoskalowej energetyki jądrowej [LSR]. Jest to istotny czynnik systemowy, który wprost oddziałuje na tempo i możliwość realizacji w każdym scenariuszu.

LOBBING WSPIERANIA FINANSOWANIA UNIJNEGO ENERGETYKI JĄDROWEJ

Proponowane działania to wzmocnienie strategicznych inicjatyw lobbingowych i dyplomatycznych w Brukseli, mających na celu zapewnienie, że wielkoskalowa energetyka jądrowa będzie w pełni uwzględniana w kluczowych programach i mechanizmach finansowych Unii Europejskiej. Chodzi o stworzenie warunków formalnych i politycznych do pozyskania maksymalnego dostępnego wsparcia zewnętrznego.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: lobbing stanowi bezpośredni i proaktywny mechanizm przełamywania blokady finansowej i regulacyjnej ze źródeł unijnych. Aktywne poszukiwanie unijnych środków i formalnych mechanizmów wsparcia podważa argument o "całkowitym zatrzymaniu finansowania" i utrudnia marginalizację projektu.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: maksymalizuje i utrwala pewność kapitałową. Skuteczny lobbing zapewnia, że program LSR jest nie tylko finansowany, ale i objęty zintegrowaną zgodnością finansową z kluczowymi strategiami UE, co cementuje stabilne i gwarantowane finansowanie.
- Scenariusz ambitnej transformacji: wspiera dynamiczne finansowanie. Skuteczny lobbing pozwala na szybkie pozyskanie dodatkowych środków zewnętrznych, które mogą być wykorzystane do utrzymania i nawet przyspieszenia "zaplanowanego marszu" inwestycji, wspierając sprawność wykonawczą.

WIELOLETNIE PLANY FINANSOWE I REZERWY BUDŻETOWE

Proponowane działania obejmują ustanowienie prawnie wiążących, wieloletnich (np. 15-letnich) planów finansowania dla programu jądrowego, wyodrębnienie specjalnych rezerw celowych lub funduszy celowych w budżecie państwa, które są chronione przed doraźnymi zmianami politycznymi. Celem jest zapewnienie stałej płynności finansowej projektu, niezależnie od rocznych cykli budżetowych.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: ustanowienie prawnie wiążących, wieloletnich rezerw tworzy twardy bufor przeciwko "całkowitemu zatrzymaniu finansowania" ze źródeł krajowych. Nawet w warunkach paraliżu politycznego, istnienie rezerw minimalizuje ryzyko wstrzymania prac nad krytycznymi etapami inwestycji.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: gwarantuje przewidywalność. Wieloletnie plany i rezerwy zintegrowane ze stabilnym finansowaniem stanowią najsilniejszą gwarancję utrzymania stałego, niezakłóconego tempa realizacji, eliminując potrzebę corocznych negocjacji budżetowych.
- Scenariusz ambitnej transformacji: umożliwia maksymalną elastyczność. Dostęp do dużych rezerw finansowych pozwala na szybkie reagowanie na

potrzeby wykonawcze (np. przyspieszenie zamówień, pokrycie wzrostu kosztów surowców), co jest kluczowe dla utrzymania terminowego, "ambitnego marszu".

STRATEGICZNE ZABEZPIECZENIE FINANSOWANIA

Proponowane działania to wykorzystanie bardziej solidnych instrumentów finansowych niż standardowe ustawy, takich jak specjalne gwarancje skarbu państwa, ustanowienie funduszy powierniczych zarządzanych przez niezależne ciała, lub międzynarodowe umowy zabezpieczające spłatę zobowiązań. Te mechanizmy mają chronić finansowanie przed jednostronnym wycofaniem się państwa z projektu przez nową władzę, która nie respektuje wcześniejszego konsensusu.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: tworzy zaporę nie do przejścia dla blokady krajowej. Zabezpieczenie finansowania np. międzynarodowymi gwarancjami utrudnia nowej władzy, niechętniej atomowi, jednostronne zerwanie projektu bez narażenia się na olbrzymie konsekwencje międzynarodowe, co minimalizuje siłę paraliżu politycznego.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: cementuje polityczną wiarygodność. Użycie instrumentów ponadustawowych (np. międzynarodowych gwarancji finansowania) dowodzi maksymalnej wagi z jaką państwo traktuje projekt, co zwiększa zaufanie partnerów zagranicznych i jest idealnie zbieżne z pełnym konsensusem politycznym.
- Scenariusz ambitnej transformacji: maksymalizuje bezpieczeństwo długoterminowe. Zabezpieczenie to gwarantuje, że po osiągnięciu sukcesu wykonawczego, program nie zostanie zdemonstrowany na późniejszych etapach przez polityczne zawirowania, chroniąc dotychczasowe osiągnięcia i inwestycje.

KIERUNEK DZIAŁAŃ: ZARZĄDZANIE POSTAWĄ SPOŁECZEŃSTWA

Ten kierunek działań koncentruje się na budowaniu i utrzymywaniu długoterminowej akceptacji społecznej dla programu wielkoskalowej energetyki jądrowej (LSR). Działania te mają na celu przekształcenie oporu w zrozumienie i poparcie, zarówno na poziomie ogólnokrajowym, jak i w lokalizacjach inwestycji.

KAMPANIE I PROGRAMY EDUKACYJNE

Proponowane działania obejmują opracowanie i wdrożenie wieloletnich, spójnych kampanii informacyjnych i programów edukacyjnych skierowanych do różnych grup docelowych (mediów, opinii publicznej, środowisk akademickich). Programy te mają na celu rzetelne informowanie o technologii, bezpieczeństwie, cyklu paliwowym i korzyściach makroekonomicznych LSR.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: utrzymanie kampanii edukacyjnych jest kluczowym mechanizmem przetrwania programu. Choć program jest zablokowany, edukacja chroni go przed dezinformacją i utratą kapitału społecznego, utrzymując konieczną wiedzę i poparcie na przyszłość.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: wzmacnia bazę konsensusu. Spójna edukacja pogłębia zrozumienie społeczne, co utrwala stabilność polityczną i administracyjną oraz wspiera konsekwentne tempo realizacji projektu.
- Scenariusz ambitnej transformacji: przekłada się na sprawność wykonawczą. Wysoki poziom wiedzy i zrozumienia w społeczeństwie maksymalizuje akceptację, co bezpośrednio ułatwia i przyspiesza procesy administracyjne (brak protestów, szybsze wydawanie zgód, etc.).

WPROWADZENIE EDUKACJI DOTYCZĄCEJ ENERGETYKI ATOMOWEJ NA POZIOMIE PODSTAWY PROGRAMOWEJ

Planowane działania to włączenie rzetelnej wiedzy o energii jądrowej (fizyka, technologia, bezpieczeństwo, rola w transformacji) do programów nauczania na różnych etapach edukacji. Celem jest budowanie pokolenia decydentów i obywateli, którzy posiadają fundamentalną wiedzę na temat tej technologii.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: działanie to jest najbardziej odporne na bieżącą blokadę. Umożliwia budowanie stabilnego, kompetentnego i racjonalnie nastawionego kapitału ludzkiego na przyszłość, przygotowując grunt pod wznowienie projektu po ustaniu blokady.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: zapewnia stabilność kadr i wiedzy. Utrwala akceptację i minimalizuje ryzyko oporu społecznego w perspektywie kilkunastu lat. Gwarantuje także stały dopływ wysoko wykwalifikowanych pracowników niezbędnych do obsługi LSR.
- Scenariusz ambitnej transformacji: utrzymuje dynamiczną sprawność na lata. Buduje przewagę kompetencyjną na etapie eksploatacji i pozwala Polsce stać się regionalnym centrum wiedzy jądrowej, co wspiera ambitną realizację długofalowego programu.

ZARZĄDZANIE POTENCJALNYMI KONFLIKTAMI LOKALNYMI

Proponowane działania obejmują opracowanie i wdrożenie przejrzystych, atrakcyjnych i prawnie zabezpieczonych systemów kompensacyjnych dla właścicieli gruntów i społeczności lokalnych znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie planowanych inwestycji LSR (dofinansowania, ulgi, rekompensaty związane ze zmniejszeniem wartości ziemi). Systemy te muszą wykraczać poza obowiązkowe odszkodowania.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: pomaga rozwiązać jeden z elementów paraliżu. Nawet jeśli blokada jest finansowa lub polityczna, lokalne spory wynikające z braku kompensacji mogą ją pogłębić. Przygotowanie pakietów kompensacyjnych jest gotowością na szybkie przetłamanie blokady, gdy tylko pojawi się finansowanie.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: gwarantuje terminowość. System kompensacji jest kluczowy dla osiągnięcia "zielonego światła" na poziomie lokalnym, co eliminuje spory prawne i protesty, umożliwiając konsekwentne i stabilne tempo budowy.
- Scenariusz ambitnej transformacji: katalizuje maksymalną akceptację. Szerokie i hojne rekompensaty przekształcają lokalny opór w czynnik wspierający, co bezpośrednio przekłada się na maksymalną sprawność i szybkość wykonawczą projektu.

KAMPANIA INFORMACYJNO-PROMOCYJNA

Proponowane działania obejmują wykorzystanie komunikacji masowej, która wiąże program jądrowy z bezpośrednią, odczuwalną korzyścią ekonomiczną dla każdego obywatela – gwarancją konkurencyjnie niskich cen energii elektrycznej w perspektywie długoterminowej. Mogą być to programy dopłat powiązane wysokością ze zwiększaniem się udziału energetyki jądrowej w miksie energetycznym.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: niesie wysokie ryzyko utraty wiarygodności. Ponieważ program jest zablokowany, obietnica "taniego prądu" jest mało wiarygodna, a jej agresywne promowanie może pogłębić cynizm społeczny i wzmocnić argumenty przeciwników blokady. Ma sens tylko, jeśli jest powiązana z realnym planem odblokowania.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: skuteczne narzędzie komunikacji. Łączy stabilny postęp w projekcie z konkretnym zyskiem ekonomicznym, co wzmacnia ogólny konsensus polityczny i społeczny.
- Scenariusz ambitnej transformacji: największa siła mobilizująca. W scenariuszu maksymalnej sprawności wykonawczej, obietnica "taniego prądu" staje się bezpośrednio powiązana z sukcesem państwa, co maksymalizuje entuzjazm i poparcie społeczne dla terminowej realizacji.

KIERUNEK DZIAŁAŃ: ZARZĄDZANIE TEMPEM REALIZACJI INWESTYCJI

Kierunek działań koncentruje się na ustanowieniu i egzekwowaniu mechanizmów, które mają na celu utrzymanie ciągłego, niezakłóconego i terminowego tempa realizacji projektu wielkoskalowej energetyki jądrowej [LSR], niezależnie od zawirowań politycznych czy finansowych.

WIELOLETNIE PLANY FINANSOWE, REZERWY I ZABEZPIECZENIE FINANSOWE (PŁYNNOŚĆ WYKONANIA)

Proponowane działania obejmują ustanowienie funduszy celowych, gwarancji skarbu państwa lub innych ponadustawowych mechanizmów finansowych, które gwarantują stały przepływ środków i pokrycie zobowiązań. Celem jest eliminacja ryzyka opóźnień wynikających z cyklicznych przerw w finansowaniu (np. z powodu zmian budżetowych lub politycznych zawirowań).

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: istnienie tych rezerw i planów minimalizuje ryzyko zatrzymania prac w trakcie blokady. Zapewnia to kapitał na utrzymanie kluczowego personelu i infrastruktury przez okres kryzysu, co umożliwia szybsze wznowienie tempa po ustaniu blokady.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: gwarantuje konsekwencję tempa. Płynność finansowa eliminuje "wąskie gardła" budżetowe, co jest niezbędne do utrzymania stałego, niezakłóconego marszu i terminowego osiągnięcia kamieni milowych.
- Scenariusz ambitnej transformacji: umożliwia maksymalne przyspieszenie. Dostęp do natychmiastowych rezerw pozwala na elastyczne zwiększenie tempa prac, np. poprzez intensyfikację robót w krytycznych momentach, co wspiera sprawność wykonawczą.

INTEGRACJA I STANDARYZACJA PROCESÓW INWESTYCYJNYCH

Proponowane działania obejmują wymóg od wykonawców i partnerów technologicznych integracji ich systemów zarządzania projektem, łańcuchem dostaw i bezpieczeństwem z systemami krajowymi. Działanie to ma na celu uniknięcie opóźnień wynikających z niekompatybilności organizacyjnej, różnic kulturowych w zarządzaniu ryzykiem oraz zapewnienie transparentności postępu prac.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: utrzymuje spójność organizacyjną. Nawet w przypadku formalnego spowolnienia, integracja systemów operacyjnych wykonawców z krajowymi strukturami pozwala na utrzymanie wysokiego poziomu zarządzania informacją i gotowości na wznowienie prac.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: minimalizuje tarcie operacyjne. Standaryzacja procesów wykonawczych i operacyjnych u kontrahentów eliminuje ryzyko błędów i nieporozumień, co jest fundamentalne dla utrzymania przewidywalnego tempa realizacji.
- Scenariusz ambitnej transformacji: katalizuje sprawność wykonawczą. Pełna integracja systemów pozwala na zarządzanie projektem z maksymalną precyzją, co jest kluczowe do realizacji "zaplanowanego marszu" w terminie, a nawet przed nim.

ZABEZPIECZENIE TECHNOLOGII I LICENCJI Z POZIOMU PAŃSTWA

Proponowane działania obejmują formalne zabezpieczenie dostępu do krytycznych licencji i technologii (np. poprzez umowy międzyrządowe lub rezerwację mocy produkcyjnych u dostawców kluczowych komponentów), wykraczające poza standardowe kontrakty handlowe. Zabezpieczenie to ma na celu ochronę tempa realizacji przed zawirowaniami geopolitycznymi, zakłóceniami w łańcuchu dostaw lub nagłą zmianą polityki eksportowej państwa-dostawcy.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: chroni przed utratą zasobów krytycznych. Zabezpieczenie licencji i technologii gwarantuje, że nawet w przypadku blokady finansowej, prawo do realizacji programu pozostaje nienaruszone, a technologia nie zostanie wycofana.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: gwarantuje niezawodność dostaw. Zabezpieczenia na poziomie państwowym zapewniają, że krytyczne elementy programu dotrą na czas, co eliminuje zewnętrzne czynniki ryzyka mogące spowolnić stabilne tempo realizacji.
- Scenariusz ambitnej transformacji: umożliwia priorytetyzację dostaw. Państwowe zabezpieczenia pozwalają na priorytetyzację polskiego programu w globalnym łańcuchu dostaw, co jest niezbędne do utrzymania maksymalnej sprawności wykonawczej i terminowości.

ZABEZPIECZENIA UMOWNE I RZETELNE DOPILNOWANIE UMÓW Z REALIZATORAMI

Proponowane działania obejmują wprowadzenie rygorystycznych mechanizmów egzekwowania umów z wykonawcami, w tym wysokich kar umownych za niedotrzymanie kamieni milowych, precyzyjnego określenia odpowiedzialności prawnej i finansowej, a także osobistej odpowiedzialności kierowników. Celem jest stworzenie silnej, finansowej i prawnej presji na utrzymanie wysokiego tempa realizacji.

Efekt zaproponowanego działania w opracowanych scenariuszach:

- Scenariusz peryferyjny: minimalizuje skutki wstrzymania prac. Nawet w przypadku spowolnienia, rygorystyczne umowy minimalizują straty finansowe państwa, umożliwiając sprawne przejęcie lub renegocjację projektu w przyszłości bez ponoszenia pełnych kosztów.
- Scenariusz stabilnego wdrożenia: dyscyplinuje wykonawców. Rzetelne egzekwowanie umów zapewnia, że wykonawcy przestrzegają stabilnego, ustalonego harmonogramu, zapobiegając dryfowaniu tempa w czasie i gwarantując przewidywalność.
- Scenariusz ambitnej transformacji: egzekwuje maksymalną sprawność. Mechanizmy kar i nagród (jeśli są przewidziane) bezpośrednio wspierają maksymalną sprawność wykonawczą, motywując realizatorów do dotrzymywania ambitnych, krótkich terminów.

FAZA 4. TRANSFORMACJA

Przejście od kierunków działań do pakietów polityk publicznych

Zdefiniowane w niniejszej fazie kluczowe kierunki działań stanowią most pomiędzy scenariuszami przyszłości (moment 2040) a konkretnymi decyzjami politycznymi [2025–2040], które mogą zostać lub zostały podjęte już dziś. Każdy kierunek działań nie jest pojedynczym projektem czy interwencją, lecz obszarem sterowania systemem, w ramach którego można zaprojektować spójny pakiet polityk publicznych: regulacyjnych, finansowych, instytucjonalnych, informacyjnych i infrastrukturalnych. Innymi słowy, kierunki działań wyznaczają „wektory ruchu” (foresight vectors) w przestrzeni scenariuszy, podczas gdy polityki są konkretnymi narzędziami, które ten ruch urzeczywistniają.

Z perspektywy bezpieczeństwa energetycznego kluczowa jest nie tylko sama lista kierunków, ale także ich powiązanie z dźwigniami scenariuszowymi. W Fazie 3. pokazano, że spośród sześciu czynników (profil technologiczny, nastawienie decydentów, zewnętrzna sytuacja polityczna, finansowanie, postawa społeczeństwa, tempo realizacji) szczególnie duże znaczenie mają: finansowanie programu jądrowego oraz tempo realizacji inwestycji – to one w największym stopniu różnicują rozpatrywane scenariusze i decydują, czy Polska zbliża się do ścieżki stabilnego wdrożenia lub ambitnej transformacji, czy też dryfuje w stronę scenariusza peryferyjnego. Nie oznacza to jednak, że pozostałe czynniki są mniej istotne; przeciwnie, to właśnie odpowiednio zaprojektowane polityki w obszarze postaw decydentów, społeczeństwa, geopolityki oraz zdolności instytucjonalnych pozwalają utrzymać finansowanie i tempo we właściwym scenariuszu. Dlatego każdy kierunek działań należy traktować jako punkt wyjścia do zaprojektowania odrębnego pakietu polityk, obejmującego zarówno instrumenty sektorowe (np. lex atom, regulacje rynku energii), jak i horyzontalne (np. polityka edukacyjna, polityka zagraniczna, ramy fiskalne). Przykładowo, kierunek „strategiczne zarządzanie finansowaniem programu jądrowego” przekłada się na zestaw polityk obejmujących: mechanizmy montażu finansowego z udziałem budżetu krajowego i środków UE, specjalne fundusze celowe, gwarancje Skarbu Państwa, zasady wykorzystania zielonego finansowania oraz rozwiązania chroniące program jądrowy przed krótkookresowymi zmianami politycznymi. Z kolei kierunek „zarządzanie tempem realizacji inwestycji” wymaga polityk, które stabilizują harmonogram, upraszczają ścieżki decyzyjne (time-to-decision), integrują zarządzanie ryzykiem oraz zabezpieczają łańcuchy dostaw technologii i komponentów.

Analogicznie, kierunek „zarządzanie postawą decydentów politycznych” powinien zostać rozwinięty w pakiet polityk ponad kadencyjnych, gwarantujących możliwie szeroki konsensus wokół energetyki jądrowej – od uchwał parlamentarnych

i długoterminowych strategii, po spójną linię negocjacyjną wobec instytucji UE. Kierunek „zarządzanie postawą społeczeństwa” wymaga z kolei polityk ukierunkowanych na trwałe budowanie akceptacji: wieloletnich programów edukacyjnych, standardów kompensacji i korzyści lokalnych, mechanizmów partycypacji społecznej oraz ram, które realnie wiążą energetykę jądrową z poprawą sytuacji ekonomicznej gospodarstw domowych (np. stabilizacją cen energii). Wreszcie, kierunki odnoszące się do zewnętrznej sytuacji politycznej i kompleksowego zabezpieczenia programu LSR muszą znaleźć odzwierciedlenie w politykach geostrategicznych (pakty energetyczne, współpraca w ramach UE i NATO, dywersyfikacja łańcuchów dostaw) oraz w politykach rozwoju kadr i instytucji (wzmocnienie dozoru, administracji, szkolnictwa, kompetencji operatorów). Tak rozumiane przejście od kierunków działań do polityk oznacza, że każdy kluczowy kierunek powinien zostać opisany w sposób, który uwzględni:

- jakie cele systemowe ma osiągnąć (np. stabilizacja finansowania, skrócenie czasu decyzji, podniesienie akceptacji społecznej)?
- jakie polityki ogólne są do tego potrzebne (np. polityka stabilnego finansowania programu jądrowego, polityka ponadpartyjnego konsensusu, polityka dywersyfikacji łańcuchów dostaw)?
- jakie konkretne instrumenty mogą te polityki realizować (ustawy, rozporządzenia, programy finansowe, standardy zarządcze, umowy międzynarodowe, kampanie informacyjne).

W rezultacie, między Fazą 3. a Fazą 4. pojawia się wyraźne, metodologiczne przejście od scenariuszy i dźwigni (co najbardziej zmienia obraz przyszłości), przez kierunki działań (gdzie można ingerować w system), aż po pakiety polityk (jakimi konkretnymi narzędziami można to zrobić). Faza 4., poświęcona transformacji, rozwija tę logikę, przypisując do każdego kierunku działań zestaw polityk i działań – takich, które z jednej strony zwiększają odporność systemu we wszystkich scenariuszach, a z drugiej maksymalizują szanse przesuwania się w stronę scenariusza stabilnego wdrożenia lub ambitnej transformacji. Dzięki temu foresight nie kończy się na opisie możliwych przyszłości, lecz zostaje domknięty w postaci konkretnego programu polityk publicznych, który może być wykorzystany przez decydentów jako praktyczne narzędzie zarządzania bezpieczeństwem energetycznym Polski do 2040 roku.

01.

Wzmocnienie systemu odpowiedzialności za rezultaty rozwoju energetyki jądrowej

Rozwój wielkoskalowej energetyki jądrowej zasadne jest ujmować jako długookresowe przedsięwzięcie rozwojowe państwa, a nie wyłącznie jako realizację pojedynczej inwestycji infrastrukturalnej. Wynika to z konieczności równoczesnego prowadzenia działań w obszarze finansowania, infrastruktury sieciowej, transportu, środowiska, bezpieczeństwa, kadr, przemysłu oraz rozwoju regionalnego. W polskim systemie zadania te zostały rozdzielone między organy administracji rządowej, państwowego inwestora, operatorów infrastruktury oraz niezależny dozór jądrowy. Minister Energii odpowiada za kształtowanie polityki w tym obszarze, natomiast Pełnomocnik Rządu do spraw Strategicznej Infrastruktury Energetycznej wykonuje funkcje właścicielskie wobec Polskich Elektrowni Jądrowych oraz Polskich Sieci Elektroenergetycznych. Biuro obsługujące Pełnomocnika posiada również kompetencje w zakresie przygotowywania analiz strategicznych, projektów aktów prawnych i dokumentów rządowych dotyczących infrastruktury energetycznej. Państwowa Agencja Atomistyki pozostaje natomiast niezależnym organem dozoru, którego odpowiedzialność dotyczy bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, a nie realizacji celów inwestycyjnych.

Istotnym rozwiązaniem już funkcjonującym w polskim prawie jest mechanizm koordynacji pierwszej elektrowni jądrowej i inwestycji towarzyszących, określony w specustawie jądrowej. Polskie Elektrownie Jądrowe opracowują zasady koordynacji oraz skonsolidowany harmonogram obejmujący inwestycję główną, infrastrukturę hydrotechniczną, drogową, kolejową i elektroenergetyczną. Ustawa przewiduje także monitorowanie wykonywania zadań przez podmioty odpowiedzialne za poszczególne inwestycje, koordynowanie obiegu informacji oraz przygotowywanie raportów i rekomendacji działań usprawniających. Harmonogram skonsolidowany i zasady koordynacji stają się wiążące po zatwierdzeniu ich przez Pełnomocnika Rządu do spraw Strategicznej Infrastruktury Energetycznej. Podmioty realizujące inwestycje towarzyszące są ponadto zobowiązane do przekazywania informacji o istotnych zdarzeniach mogących wpływać na opóźnienia. Rozwiązanie to tworzy już podstawę do zarządzania odpowiedzialnością za rezultat, a nie tylko do odrębnego nadzorowania prac poszczególnych inwestorów.

Zaleca się wykorzystanie tego mechanizmu jako wzorca dla szerszego systemu zarządzania rozwojem energetyki jądrowej w Polsce. Rozszerzenie mogłoby obejmować przygotowanie drugiej elektrowni, rozwój zaplecza paliwowego, gospodarkę odpadami, działania kadrowe oraz inwestycje przemysłowe nieobjęte obecnym harmonogramem EJ1. Instrumentem wdrożeniowym mogłaby być aktualizacja PPEJ, uzupełniona w razie potrzeby zmianą specustawy jądrowej lub rozszerzeniem zadań Pełnomocnika. W ramach programu warto ustanowić rządową matrycę odpowiedzialności za najważniejsze rezultaty, wskazującą podmiot wiodący, instytucje współpracujące, termin, zależności oraz tryb eskalacji. Dla inwestycji posiadających decyzję zasadniczą matryca mogłaby być rozwijana w postaci międzyinstytucjonalnej karty realizacyjnej, powiązanej z harmonogramem dalszych decyzji i zezwoleń. Takie rozwiązanie rozwijałoby istniejące kompetencje, bez konieczności powoływania nowej instytucji o niejasnej relacji wobec Ministerstwa Energii, Pełnomocnika, PEJ, PSE i PAA.

Uzupełniającym instrumentem może być włączenie najważniejszych rezultatów polityki jądrowej do planu działalności Ministra Energii i systemu kontroli zarządczej. Kontrola zarządcza, zgodnie z ustawą o finansach publicznych, służy zapewnieniu realizacji celów w sposób zgodny z prawem, efektywny, oszczędny i terminowy. Ministerstwo Energii posiada już własne procedury kontroli zarządczej, plany działalności, sprawozdania z realizacji celów oraz mechanizmy zarządzania ryzykiem. W planie działalności można wyodrębnić ograniczony zestaw celów dotyczących gotowości finansowej, regulacyjnej, infrastrukturalnej i kadrowej energetyki jądrowej. Wspólny rejestr ryzyk przekrojowych mógłby natomiast obejmować zagadnienia pozostające na styku kompetencji Ministerstwa Energii, PEJ, PSE, administracji środowiskowej, resortu finansów oraz podmiotów realizujących infrastrukturę towarzyszącą. Kwartalne przeglądy realizacyjne mogłyby być prowadzone na poziomie Pełnomocnika i Departamentu Energii Jądrowej, natomiast problemy o znaczeniu strategicznym przedstawiane Radzie Ministrów.

Rekomendowany kierunek nie sprowadza się zatem do utworzenia kolejnego centrum koordynacji, lecz do operacyjnego powiązania funkcjonujących już mechanizmów. W scenariuszu peryferyjnym taki układ sprzyjałby szybkiemu wskazaniu aktywów, decyzji, dokumentacji i kompetencji wymagających ochrony. W scenariuszu stabilnego wdrożenia wspierałby synchronizację harmonogramu inwestora z działaniami PSE, GDDKiA, PKP PLK, administracji morskiej oraz właściwych resortów. W scenariuszu ambitnej transformacji pozwalałby wcześniej identyfikować decyzje, których podjęcie umożliwia równoległe prowadzenie kolejnych etapów. W praktyce chodzi więc o rozwinięcie istniejącego skonsolidowanego harmonogramu inwestycji w szerszy system odpowiedzialności za

efekty polityki jądrowej. Tak ukształtowany mechanizm wzmacniałby rozliczalność administracji, zachowując jednocześnie ustawową odrębność funkcji inwestorskich, właścicielskich, regulacyjnych i dozorowych.

02.

Przejście od nadzoru nad procedurami do zarządzania rezultatem

Drugim rekomendowanym kierunkiem jest stopniowe uzupełnianie nadzoru nad formalną realizacją procedur o zarządzanie rezultatem osiąganym przez cały system. W praktyce administracyjnej podpisanie umowy, wydanie decyzji lub przeprowadzenie postępowania jest często traktowane jako końcowy efekt działania. W przypadku inwestycji jądrowych znaczenie danego aktu zależy jednak od tego, czy umożliwia on rzeczywiste przejście do kolejnego etapu przygotowania, budowy lub eksploatacji. Decyzja administracyjna, której nie towarzyszy gotowość finansowa albo infrastrukturalna, nie zapewnia utrzymania harmonogramu. Analogicznie zawarcie umowy nie jest równoznaczne z osiągnięciem postępu, jeżeli nie zostały zabezpieczone dostawy, kadry albo warunki techniczne realizacji. Zarządzanie rezultatem powinno zatem łączyć formalne kamienie milowe z oceną faktycznej gotowości całego przedsięwzięcia.

Polski system prawny zawiera instrumenty pozwalające na takie podejście. Decyzja zasadnicza, wydawana na podstawie specustawy jądrowej, potwierdza zgodność inwestycji z interesem publicznym i polityką państwa oraz określa dozwolone parametry inwestycji. Uprawnia ona do ubiegania się o kolejne decyzje dotyczące lokalizacji, realizacji i użytkowania obiektu. Jej uzyskanie może być traktowane jako pierwszy punkt kontroli strategicznej, po którym warto oceniać nie tylko spełnienie wymogów formalnych, lecz również gotowość do finansowania, licencjonowania, przygotowania infrastruktury oraz prowadzenia dialogu lokalnego. Kolejnymi punktami kontroli mogą być decyzja środowiskowa, decyzja lokalizacyjna, zezwolenie Prezesa PAA na budowę oraz pozwolenia dotyczące poszczególnych etapów prac. Dla każdego z tych etapów zasadne jest przygotowanie zestawu warunków wejścia i wyjścia, potwierdzających rzeczywistą zdolność do bezpiecznego rozpoczęcia kolejnej fazy.

Operacjonalizacja tego podejścia może zostać oparta na systemie kontroli zarządczej i planie działalności Ministra Energii. Ustawa o finansach publicznych przewiduje, że plany działalności ministrów zawierają cele, zadania oraz mierniki określające poziom ich realizacji. W odniesieniu do energetyki jądrowej warto zastosować mierniki rezultatu, a nie wyłącznie mierniki aktywności. Przykładowo liczba wydanych decyzji może zostać uzupełniona wskaźnikiem czasu pozostającego do osiągnięcia kolejnego kamienia milowego oraz oceną ryzyka przekroczenia harmonogramu. Liczbę przeszkolonych

pracowników warto zestawiać z prognozowanym zapotrzebowaniem inwestora, dozoru, administracji i przemysłu. Wydatki budżetowe powinny być uzupełnione informacją o prognozowanym koszcie do zakończenia oraz wpływie ewentualnych odchyleń na całkowity koszt publiczny.

Wspólnym narzędziem mogłaby być karta rezultatów rozwoju energetyki jądrowej, aktualizowana wraz z PPEJ i planem działalności Ministra Energii. Karta mogłaby obejmować gotowość finansową, regulacyjną, techniczną, sieciową, transportową, kadrową, przemysłową i społeczną. Dla każdego wymiaru wskazywany byłby rezultat oczekiwany, wartość bazowa, termin oraz podmiot odpowiedzialny za dostarczenie danych. System nie zastępowałby harmonogramów inwestora ani dokumentacji prowadzonej przez organy dozoru. Służyłby syntetycznej ocenie, czy poszczególne części polityki publicznej prowadzą do osiągnięcia wspólnego celu. Warto, aby wyniki karty były wykorzystywane przy aktualizacji PPEJ, Wieloletniego Planu Finansowego Państwa, planów działalności resortów oraz programów inwestycji towarzyszących.

Mechanizm ten pozwalałby również ograniczyć utożsamianie rozwoju krajowego przemysłu z samą wartością udzielonych zamówień. Istotnym rezultatem jest bowiem liczba przedsiębiorstw spełniających wymagania jakościowe, posiadających odpowiednie certyfikaty i zdolnych do realizacji powtarzalnych dostaw. Podobnie w polityce kadrowej bardziej miarodajne od liczby uruchomionych kierunków jest osiągnięcie odpowiedniej liczby specjalistów o kompetencjach odpowiadających rzeczywistym potrzebom sektora. W obszarze komunikacji społecznej rezultat powinien dotyczyć poziomu wiedzy, zaufania i uczestnictwa, a nie wyłącznie liczby przeprowadzonych kampanii. Projekt aktualizacji PPEJ przewiduje dalszy rozwój krajowego łańcucha dostaw, certyfikacji i kompetencji, dlatego wskaźniki tych działań warto powiązać z mierzalną gotowością przedsiębiorstw i instytucji.

W scenariuszu peryferyjnym zarządzanie rezultatem pomagałoby określić minimalny zestaw zdolności, które warto utrzymać mimo ograniczenia tempa inwestycji. W scenariuszu stabilnego wdrożenia umożliwiałoby systematyczne wykrywanie różnicy między postępowaniem formalnym a faktyczną gotowością do realizacji kolejnych etapów. W scenariuszu ambitnej transformacji pozwalałoby kierować dodatkowe zasoby do działań rzeczywiście przyspieszających cały proces. Podejście to nie oznacza rezygnacji z kontroli legalności ani prawidłowości procedur. Stanowi ich uzupełnienie o ocenę skuteczności i wpływu na osiąganie celów strategicznych. W efekcie administracja uzyskiwałaby narzędzie pozwalające oceniać nie tylko to, czy zadanie zostało wykonane, lecz przede wszystkim to, czy jego wykonanie zwiększyło gotowość państwa do dalszego rozwoju energetyki jądrowej.

03.

Wprowadzenie rządowego mechanizmu wczesnego ostrzegania i interwencji

Trzecim kierunkiem jest rozwinięcie mechanizmu wczesnego ostrzegania, pozwalającego reagować przed wystąpieniem trwałego opóźnienia lub istotnego wzrostu kosztów. W inwestycjach o wieloletnim horyzoncie zagrożenia najczęściej nie pojawiają się w postaci jednego nagłego zdarzenia. Są wynikiem stopniowego narastania problemów dotyczących dokumentacji, uzgodnień, dostaw, kadr, finansowania lub infrastruktury towarzyszącej. Standardowe sprawozdanie informujące o przekroczeniu terminu może pojawić się zbyt późno, aby podjęcie działań naprawczych było możliwe bez istotnych konsekwencji. Zasadne jest zatem monitorowanie nie tylko opóźnień już powstałych, lecz również sygnałów wskazujących na wzrost prawdopodobieństwa ich wystąpienia. Mechanizm taki powinien pozostawać elementem zarządzania strategicznego, a nie dodatkową warstwą kontroli formalnej. Podstawę rozwiązania stanowią obowiązujące przepisy dotyczące koordynacji EJI. Podmioty realizujące inwestycje towarzyszące są zobowiązane do przekazywania PEJ informacji o istotnych zdarzeniach mogących wpłynąć na wykonanie skonsolidowanego harmonogramu. PEJ monitoruje realizację zadań, przygotowuje raporty i rekomendacje, a następnie przekazuje informacje Pełnomocnikowi Rządu do spraw Strategicznej Infrastruktury Energetycznej. Zasady koordynacji obejmują standardy komunikacji, częstotliwość spotkań statusowych, zasady aktualizowania harmonogramu oraz zarządzanie ryzykiem i incydentami. Oznacza to, że polski system posiada już formalną podstawę do wdrożenia wczesnego ostrzegania w odniesieniu do pierwszej inwestycji. Rekomendowanym działaniem jest jej rozwinięcie o jednolite progi ostrzegawcze i zasady interwencji.

Warto rozważyć system trzech poziomów sygnalizacji, odpowiadających sytuacji standardowej, podwyższonego ryzyka i zagrożenia dla kamienia milowego. Progi mogłyby dotyczyć między innymi przewidywanego przesunięcia ścieżki krytycznej, wzrostu kosztów, opóźnienia decyzji administracyjnej, utraty kluczowego dostawcy lub niedoboru określonych kompetencji. Dla każdego progu należałoby wskazać oczekiwaną reakcję, odpowiedzialny podmiot i termin przedstawienia planu naprawczego. Problem pozostający w zakresie jednego inwestora lub organu byłby rozwiązywany operacyjnie. Problem wpływający na kilka inwestycji lub polityk publicznych trafiałby do Pełnomocnika i mechanizmu międzyresortowego. Zagadnienia mogące zmienić strategiczny harmonogram, model finansowania lub zobowiązania międzynarodowe byłyby przedstawiane Radzie Ministrów wraz z wariantami działania. Mechanizm warto powiązać z kontrolą zarządczą Ministerstwa Energii i obowiązującym w resorcie systemem zarządzania ryzykiem. Zarządzenie Ministra Energii z listopada 2025 r.

reguluje przygotowywanie planów działalności, monitorowanie ich wykonania oraz ocenę stanu kontroli zarządczej. Dodatkowym instrumentem pozostaje Zespół Zarządzania Kryzysowego w Ministerstwie Energii, utworzony zarządzeniem ze stycznia 2026 r. Zespół może stanowić zaplecze dla reagowania na zdarzenia wykraczające poza zwykłe zarządzanie projektem, zwłaszcza w przypadku zakłóceń dostaw, zagrożeń infrastruktury lub zdarzeń o charakterze hybrydowym. Nie powinien on zastępować mechanizmu sterowania realizacją, lecz przejmować sprawy spełniające przesłanki zarządzania kryzysowego. Takie rozdzielenie pozwala uniknąć zarówno nadmiernego podnoszenia zwykłych problemów projektowych do rangi kryzysu, jak i zbyt późnego uruchamiania struktur odpowiedzialnych za bezpieczeństwo państwa.

Wczesne ostrzeżenie powinno obejmować także ryzyka cybernetyczne i fizyczne. Minister Energii pełni funkcję organu właściwego do spraw cyberbezpieczeństwa w sektorze energii oraz inwestycji energetyki jądrowej, a zadania te są realizowane przez wyspecjalizowaną komórkę Ministerstwa. Nowelizacja ustawy o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa z 2026 r. rozszerzyła katalog podmiotów i obowiązków wynikających z implementacji NIS2. Informacje o incydentach cybernetycznych mogą zatem zostać powiązane z systemem wczesnego ostrzegania dotyczącym harmonogramu i ciągłości inwestycji. Analogicznie ryzyka związane z infrastrukturą krytyczną mogą być integrowane z Krajowym Planem Zarządzania Kryzysowego oraz działaniami Rządowego Centrum Bezpieczeństwa. Ważne jest przy tym zachowanie odrębności informacji chronionych oraz ograniczenie publicznego raportowania do danych, które nie zwiększają podatności infrastruktury.

W scenariuszu peryferyjnym mechanizm umożliwiłby wcześniejsze przejście od realizacji inwestycji do ochrony dokumentacji, kadr, praw i aktywów. W scenariuszu stabilnego wdrożenia ograniczałby kumulowanie się niewielkich opóźnień, które w długim okresie prowadzą do utraty kontroli nad harmonogramem. W scenariuszu ambitnej transformacji pozwalałby identyfikować warunki umożliwiające bezpieczne przyspieszenie prac. Skuteczność mechanizmu zależy jednak od powiązania informacji z kompetencją do podejmowania decyzji. Samo tworzenie rejestrów i raportów nie stanowi wystarczającego działania, jeżeli nie towarzyszy mu wcześniej określona ścieżka eskalacji. Rekomendowany system powinien zatem łączyć monitorowanie, odpowiedzialność za plan naprawczy oraz możliwość szybkiego rozstrzygnięcia problemu na odpowiednim poziomie administracji.

04. Zapewnienie ciągłości decyzji ponad cyklami politycznymi i budżetowymi

Rozwój energetyki jądrowej obejmuje okres znacznie dłuższy niż kadencja parlamentu, roczny cykl budżetowy lub czas pełnienia funkcji przez kierownictwo pojedynczego resortu. Zasadne jest zatem stosowanie instrumentów stabilizujących podstawowe cele, finansowanie i odpowiedzialność instytucjonalną. Ciągłość nie oznacza utrzymywania każdego instrumentu niezależnie od zmieniających się warunków. Oznacza natomiast zachowanie zasadniczego kierunku oraz ograniczenie ryzyka ponownego otwierania wcześniej rozstrzygniętych kwestii bez analizy kosztów i konsekwencji. Aktualizacja harmonogramu lub modelu realizacji może być uzasadniona, ale powinna pozostawać odróżniona od zmiany strategicznego celu polityki. Takie rozróżnienie ma znaczenie dla wiarygodności Polski wobec instytucji finansowych, dostawców technologii, partnerów międzynarodowych i krajowego przemysłu.

Podstawowym instrumentem ciągłości jest PPEJ jako program wieloletni przyjmowany uchwałą Rady Ministrów. Projekt aktualizacji z 2026 r. utrzymuje kierunek budowy dwóch elektrowni opartych na dużych reaktorach wodnych i łączy go z rozwojem przemysłu, kadr i zaplecza instytucjonalnego. Warto, aby kolejne aktualizacje programu były przygotowywane w stałym cyklu i opierały się na z góry określonych przesłankach, takich jak realizacja kamieni milowych, zmiany prognoz zapotrzebowania na energię, dostępność finansowania oraz zmiany regulacyjne w UE. Aktualizacja nie powinna służyć rozpoczynaniu procesu planowania od początku, lecz weryfikowaniu instrumentów w odniesieniu do zachowanego celu strategicznego. Pomocne byłoby również przedstawianie wraz z aktualizacją zestawienia kosztów zmiany, kosztów zaniechania oraz wpływu na bezpieczeństwo energetyczne. Takie rozwiązanie zwiększałoby przejrzystość i ograniczało ryzyko podejmowania decyzji wyłącznie pod wpływem bieżącego cyklu politycznego. W odniesieniu do pierwszej elektrowni ciągłość finansowa została częściowo zabezpieczona ustawą z 20 lutego 2025 r. Ustawa przewiduje możliwość dokapitalizowania PEJ przez Skarb Państwa do kwoty 60,2 mld zł w latach 2025–2030. Wsparcie może być wnoszone w formie pieniężnej lub skarbowych papierów wartościowych, a decyzje o dokapitalizowaniu podejmowane są w ramach ustawowo określonego mechanizmu. Model finansowania zakłada również gwarancje Skarbu Państwa dla finansowania dłużnego oraz

dwukierunkowy kontrakt różnicowy w fazie eksploatacji. Komisja Europejska zaakceptowała w 2025 r. rozwiązanie obejmujące gwarancje dla długu oraz czterdziestoletni kontrakt różnicowy. Instrumenty te pokazują, że w przypadku inwestycji strategicznej ciągłość może być budowana poprzez połączenie programu wieloletniego, ustawy, gwarancji państwowych i długoterminowego mechanizmu przychodowego.

Zgodnie ze scenariuszem ambitnej transformacji, zaleca się rozwinięcie podobnej logiki w odniesieniu do całego ekosystemu działań publicznych warunkujących rozwój energetyki jądrowej. Wieloletnie finansowanie powinno obejmować nie tylko kapitał inwestora, ale również PAA, organizacje wsparcia technicznego, programy kadrowe, przygotowanie krajowego przemysłu oraz działania administracji centralnej i regionalnej. Niedofinansowanie dozoru, edukacji lub infrastruktury towarzyszącej może prowadzić do opóźnień mimo dostępności środków na główną inwestycję. Zasadne jest więc powiązanie PPEJ z Wieloletnim Planem Finansowym Państwa, układem zadaniowym budżetu oraz planami działalności właściwych ministrów. W ramach corocznego budżetu można aktualizować rozkład wydatków, zachowując równocześnie ustawowy limit i wieloletni cel finansowania. Zmiana rocznych limitów powinna być prezentowana wraz z oceną wpływu na harmonogram, koszt kapitału oraz gotowość kolejnych etapów.

Ciągłość powinna dotyczyć również kadr i wiedzy instytucjonalnej. Warto rozwijać stałe zespoły eksperckie w Ministerstwie Energii, PAA, PEJ i innych podmiotach, a kluczowe uzasadnienia decyzji, analizy i wnioski z negocjacji gromadzić w uporządkowanych repozytoriach. Przy zmianie kierownictwa zasadne byłoby przeprowadzanie formalnego przeglądu stanu polityki, obejmującego kamienie milowe, zobowiązania, ryzyka i decyzje oczekujące. Pozwoliłoby to ograniczyć utratę wiedzy nieformalnej oraz ponowne zlecanie analiz wykonanych wcześniej. W administracji można w tym celu wykorzystać system służby cywilnej, procedury przekazywania stanowisk, zarządzanie dokumentacją oraz programy rozwoju kompetencji. Ciągłość personalna nie oznacza braku odpowiedzialności kierownictwa, lecz zapewnienie, że zmiana osób nie powoduje zerwania pamięci instytucjonalnej.

05.

Traktowanie umów jako narzędzia realizacji polityki państwa

Umowy zawierane w związku z rozwojem energetyki jądrowej warto ujmować nie tylko jako instrumenty prawnej ochrony interesów inwestora, lecz także jako narzędzia realizacji celów polityki publicznej. Ich zadaniem jest zabezpieczenie jakości, terminu i kosztu, ale również ciągłości dostępu do technologii, dokumentacji, kompetencji i krytycznych dostaw. Kontrakty powinny pozostawać spójne z modelem finansowania, zasadami pomocy publicznej, rozwojem krajowego przemysłu oraz interesem bezpieczeństwa państwa. Nie oznacza to podporządkowania każdego zamówienia wszystkim celom polityki jednocześnie. Zasadne jest jednak stosowanie wspólnego zestawu strategicznych zasad kontraktowania, pozwalającego uniknąć sytuacji, w której poszczególne umowy są prawidłowe oddzielnie, ale tworzą niespójny system ryzyka i odpowiedzialności. Zasady te powinny dotyczyć zarówno głównej inwestycji, jak i zamówień związanych z siecią, transportem oraz infrastrukturą towarzyszącą.

W praktyce instrumentem może być rządowa lub właścicielska polityka kontraktowa dla strategicznych inwestycji jądrowych, zatwierdzana przez Pełnomocnika i stosowana przez państwowego inwestora. Nie musiałaby ona regulować szczegółowych postanowień handlowych ani zastępować zarządów spółek. Określałaby natomiast minimalne standardy dotyczące przypisania ryzyka, kamieni milowych, raportowania zmian, praw do dokumentacji, ciągłości licencji, zarządzania roszczeniami oraz rozwoju kompetencji krajowych. Dla głównych kontraktów można zastosować matrycę ryzyk wskazującą, które ryzyka pozostają po stronie państwa, inwestora, dostawcy technologii, wykonawcy i podwykonawców. Zasadą powinno być przypisanie ryzyka podmiotowi posiadającemu największą zdolność do jego kontrolowania i ograniczania. Pozwoliłoby to ograniczyć zarówno nadmierne przenoszenie ryzyka na wykonawców, prowadzące do wzrostu cen, jak i nadmierne obciążenie finansów publicznych skutkami błędów wykonawczych.

Dobrym rozwiązaniem, w ślad za scenariuszem ambitnej transformacji, mogą być płatności powiązane ze zweryfikowanymi kamieniami milowymi, a nie jedynie z poniesieniem określonych nakładów. Kamień milowy powinien potwierdzać faktyczną gotowość do rozpoczęcia kolejnego etapu, obejmując kompletność dokumentacji, zgodność jakościową oraz spełnienie warunków bezpieczeństwa. W umowach warto przewidywać obowiązek wczesnego zgłoszenia ryzyka, przedstawienia planu naprawczego oraz aktualizacji wpływu na koszt

i harmonogram. Sankcje finansowe pozostają uzasadnione w przypadku zawinionego niewykonania zobowiązań, zatajenia informacji albo braku realizacji uzgodnionego planu naprawczego. Możliwe premie za wcześniejsze zakończenie prac powinny być powiązane z jakością, brakiem wad i osiągnięciem realnej gotowości, a nie wyłącznie z datą formalnego odbioru. Uzupelnieniem mogą być zabezpieczenia należytego wykonania, gwarancje spółek dominujących, procedury zastępstwa wykonawcy oraz stałe rady rozstrzygania sporów ograniczające ryzyko wieloletnich postępowań.

Polityka kontraktowa może być także narzędziem rozwoju krajowego przemysłu. Aktualny projekt PPEJ przewiduje wspieranie certyfikacji przedsiębiorstw, zwiększanie potencjału wykonawczego oraz budowanie długoterminowych relacji z dostawcami technologii. W dokumentacji zamówień można zatem określać obowiązki dotyczące przedstawiania planów kwalifikacji dostawców, transferu wiedzy, szkoleń i rozwoju zdolności serwisowych. Kryteria te powinny jednak pozostawać zgodne z prawem zamówień, zobowiązaniami międzynarodowymi i wymaganiami bezpieczeństwa. Celem nie powinno być osiągnięcie udziału krajowego niezależnie od jakości, lecz stopniowe włączanie polskich firm do segmentów o rosnącej wartości i odpowiedzialności. Ocena wykonawców może uwzględniać nie tylko deklarowaną wartość zamówień krajowych, lecz również liczbę zakwalifikowanych przedsiębiorstw, zakres przekazanych kompetencji i możliwość wykorzystania ich podczas eksploatacji.

06. Budowa zdolności państwa do reagowania na zatrzymanie lub opóźnienie transformacji

Polityka rozwoju energetyki jądrowej powinna uwzględniać zarówno wariant terminowej realizacji, jak i możliwość czasowego spowolnienia lub zatrzymania określonych działań. Przyczyny takiej sytuacji mogą mieć charakter finansowy, polityczny, regulacyjny, wykonawczy, społeczny lub geopolityczny. Przygotowanie wariantów reakcji nie oznacza zakładania niepowodzenia przedsięwzięcia. Stanowi element zarządzania odpornością projektu o wielodekadowym horyzoncie i wysokiej wartości dla bezpieczeństwa państwa. Celem powinno być ograniczenie kosztów zatrzymania, zachowanie już osiągniętych rezultatów i utrzymanie możliwości późniejszego wznowienia działań. W scenariuszu peryferyjnym zdolność ta nabiera znaczenia równorzędnego wobec samej zdolności inwestycyjnej.

W scenariuszu stabilnego wdrożenia pierwszym instrumentem może być plan ciągłości transformacji jądrowej, uzupełniający harmonogram

skonsolidowany inwestycji. Plan powinien określać minimalny poziom finansowania, zatrudnienia i aktywności niezbędny do zabezpieczenia dokumentacji, licencji, decyzji, terenu, zamówionych komponentów oraz kluczowych zespołów. Warto wskazać działania możliwe do odłożenia bez trwałej utraty wartości oraz działania, których przerwanie prowadziłoby do nieproporcjonalnie wysokich kosztów odtworzenia. Dla każdego krytycznego kontraktu zasadne jest określenie procedury kontrolowanego wstrzymania, zabezpieczenia wykonanych prac oraz ponownego uruchomienia. Plan powinien obejmować również utrzymanie relacji z partnerami zagranicznymi, instytucjami finansującymi, samorządami i społecznościami lokalnymi. W przypadku drugiej elektrowni podobnej ochrony wymagałyby wyniki analiz lokalizacyjnych, dialogu z partnerami technologicznymi i przygotowania modelu finansowania.

Rozwiązanie to warto powiązać z polskim systemem zarządzania kryzysowego i ochrony infrastruktury krytycznej. Ustawa o zarządzaniu kryzysowym obejmuje zapobieganie sytuacjom kryzysowym, przygotowanie do reagowania, usuwanie skutków oraz odtwarzanie zasobów i infrastruktury. Właściciele i operatorzy infrastruktury krytycznej przygotowują plany ochrony oraz utrzymują rozwiązania rezerwowe pozwalające podtrzymać funkcjonowanie infrastruktury do czasu jej odtworzenia. Rządowe Centrum Bezpieczeństwa prowadzi Krajowy Plan Zarządzania Kryzysowego i koordynuje zagadnienia dotyczące ochrony infrastruktury krytycznej. W miarę przechodzenia inwestycji jądrowych do kolejnych faz zasadne będzie integrowanie ich planów ciągłości z krajowymi i wojewódzkimi strukturami zarządzania kryzysowego. Pozwoli to objąć jednym systemem zagrożenia dotyczące inwestycji, sieci, transportu, dostaw wody, cyberbezpieczeństwa i ochrony fizycznej.

Planowanie odporności powinno obejmować także krytyczne łańcuchy dostaw. Zasadne jest identyfikowanie komponentów i usług charakteryzujących się małą liczbą dostawców, długim czasem produkcji albo ograniczeniami eksportowymi. Dla takich elementów można rozważyć rezerwowanie mocy produkcyjnych, wcześniejsze zamówienia, kwalifikowanie alternatywnych dostawców lub utrzymywanie strategicznych zapasów. W odniesieniu do paliwa jądrowego istotna pozostaje dywersyfikacja dostaw oraz utrzymywanie odpowiednich zapasów operacyjnych. W przypadku usług projektowych i regulacyjnych zasobem krytycznym może być natomiast wiedza ekspercka, której nie można szybko odtworzyć po rozwiązaniu zespołu. Plan ciągłości powinien więc obejmować zarówno zasoby materialne, jak i kompetencje, dane oraz prawa do korzystania z wykonanych prac.

W odniesieniu do scenariusza stabilnego wdrożenia, odrębnym – ważnym wymiarem pozostaje cyberbezpieczeństwo. Od 2026 r.

inwestycje energetyki jądrowej zostały wyraźnie uwzględnione w systemie kompetencji Ministra Energii jako organu właściwego do spraw cyberbezpieczeństwa sektora. Podmioty objęte krajowym systemem cyberbezpieczeństwa mają obowiązki dotyczące zarządzania ryzykiem, zgłaszania incydentów i współpracy z właściwymi zespołami CSIRT. Plany ciągłości inwestycji powinny zatem obejmować scenariusze utraty dostępności systemów projektowych, danych, łączności oraz narzędzi sterowania procesem inwestycyjnym. Warto prowadzić ćwiczenia obejmujące jednocześnie inwestora, administrację, operatorów infrastruktury i służby odpowiedzialne za cyberbezpieczeństwo. Takie działania powinny być skoordynowane z wymogami bezpieczeństwa jądrowego i ochrony informacji, aby nie tworzyć równoległych, niespójnych systemów reagowania.

W scenariuszu peryferyjnym gotowość do kontrolowanego zatrzymania ogranicza ryzyko utraty całego dorobku inwestycji i skraca czas potrzebny do jej wznowienia. W scenariuszu stabilnego wdrożenia zwiększa odporność na przejściowe kryzysy, zakłócenia dostaw i czasowe problemy budżetowe. W scenariuszu ambitnej transformacji pozwala podejmować szybsze decyzje, ponieważ warianty awaryjne i koszty ryzyka zostały wcześniej rozpoznane. Istotnym elementem jest również komunikowanie przyczyn i konsekwencji ewentualnego spowolnienia. Brak informacji może przekształcić przejściowy problem wykonawczy w trwały kryzys zaufania społecznego i politycznego. Zdolność reagowania na zatrzymanie warto zatem uznać nie za politykę defensywną, lecz za jeden z elementów dojrzałego zarządzania strategiczną inwestycją państwa.

07. Wykorzystanie transformacji jądrowej do budowy trwałych zdolności instytucjonalnych i przemysłowych Polski

Rozwój energetyki jądrowej stwarza możliwość trwałego podniesienia zdolności państwa, gospodarki oraz sektora nauki. Rezultatem procesu nie powinny być wyłącznie nowe jednostki wytwórcze, lecz również kompetencje umożliwiające ich bezpieczną eksploatację, utrzymanie, modernizację i przygotowanie kolejnych przedsięwzięć. Obejmuje to zdolności administracyjne, dozоровe, inżynierskie, finansowe, badawcze, edukacyjne i przemysłowe. Aktualny projekt PPEJ wyraźnie łączy rozwój energetyki jądrowej z rosnącym udziałem polskich przedsiębiorstw i tworzeniem wysoko kwalifikowanych miejsc pracy. Kierunek ten warto rozwinąć jako długoterminową politykę budowy krajowych kompetencji, wykraczającą poza potrzeby pojedynczej elektrowni. Wytworzone zdolności mogą być wykorzystywane także w innych sektorach infrastruktury krytycznej, energetyce, przemyśle obronnym oraz zaawansowanej produkcji.

Punktem wyjścia może być aktualizowana mapa krajowego łańcucha dostaw, właściwa dla wszystkich trzech scenariuszy. Według katalogu

publikowanego przez administrację blisko 80 polskich firm wykonywało w ostatniej dekadzie prace lub dostawy dla zagranicznych obiektów jądrowych, a ponad 250 kolejnych posiada potencjał pozwalający na wejście do sektora po przeprowadzeniu odpowiednich inwestycji i procesów dostosowawczych. Ministerstwo prowadzi szkolenia dotyczące standardów jakościowych, konstrukcji, badań nieniszczących i wymagań obowiązujących w międzynarodowych projektach jądrowych. Działania te warto rozwinąć w wieloletni program kwalifikacji dostawców, powiązany z harmonogramem zamówień PEJ i zagranicznych partnerów. Program mógłby obejmować audyt gotowości przedsiębiorstwa, plan inwestycji, wsparcie certyfikacji, szkolenia oraz pomoc w nawiązywaniu relacji z wykonawcami pierwszego poziomu. Jego rezultatem powinno być nie tylko wpisanie firmy do katalogu, lecz uzyskanie rzeczywistej zdolności do wykonywania zamówień zgodnie ze standardami jądrowymi.

Instrumenty wsparcia mogą być oparte na istniejącym systemie instytucji rozwoju. PARP może wspierać rozwój kompetencji zarządczych i kadrowych przedsiębiorstw, natomiast NCBR finansować projekty badawczo-rozwojowe i programy współpracy nauki z przemysłem. BGK, ARP i KUKE mogą uczestniczyć w finansowaniu inwestycji produkcyjnych, ekspansji zagranicznej oraz zabezpieczaniu ryzyka kontraktów, o ile zostaną stworzone odpowiednie instrumenty i spełnione warunki pomocy publicznej. PAIH może wspierać przedsiębiorstwa w dostępie do zagranicznych łańcuchów dostaw i wydarzeń branżowych. Sieć Badawcza Łukasiewicz oraz NCBJ mogą natomiast rozwijać zaplecze badawcze, kwalifikacyjne, materiałowe i szkoleniowe. Zasadne byłoby utworzenie międzyinstytucjonalnej ścieżki wsparcia „przemysł dla atomu”, pozwalającej firmie przejść od oceny potencjału, przez finansowanie dostosowania, do certyfikacji i pierwszego zamówienia.

Analogicznej koordynacji wymaga polityka kadrowa. Ministerstwo Energii realizuje inicjatywę „Atom na uczelniach”, którego celem jest włączanie do programów nauczania zagadnień jądrowych na kierunkach, takich jak budownictwo, mechanika, elektrotechnika, automatyka i inżynieria materiałowa. W 2026 r. rozpoczęto również prace nad krajową mapą drogową rozwoju kadr i kompetencji w ramach międzynarodowej inicjatywy FIRST. Uzupełnieniem są projekty NCBR, w tym program 4NEW, oraz działania dotyczące staży i praktycznego przygotowania studentów. Warto połączyć te inicjatywy w jeden system prognozowania zapotrzebowania na zawody i kompetencje, aktualizowany wspólnie przez administrację, PEJ, PAA, uczelnie i przemysł. System powinien obejmować nie tylko absolwentów kierunków jądrowych, ale również tzw. nuklearyzację specjalistów z innych sektorów, czyli przygotowanie ich do pracy zgodnej ze standardami jądrowymi.

Szczególne znaczenia dla obu scenariuszy wzrostowych (wdrożenia oraz transformacji) nabiera rozwój zdolności Państwowej Agencji

Atomistyki i krajowego zaplecza eksperckiego. PAA prowadzi programy szkoleń swojej kadry i korzysta z systemu autoryzowanych laboratoriów oraz organizacji wsparcia technicznego. Prawo atomowe przewiduje możliwość korzystania przez Prezesa PAA z wyspecjalizowanych podmiotów eksperckich przy wykonywaniu czynności związanych z dozorem elektrowni jądrowych. System ten warto rozwijać w sposób zapewniający niezależność, odpowiednią jakość oraz dostępność kompetencji w całym cyklu życia obiektów. Krajowe instytuty i laboratoria mogą stopniowo przejmować większą część zadań wsparcia, pod warunkiem spełnienia wymagań dotyczących autoryzacji i braku konfliktu interesów. Wzmocnienie PAA i organizacji wsparcia technicznego powinno być traktowane jako element suwerenności regulacyjnej państwa, a nie jako administracyjny koszt towarzyszący inwestycji.

Rozwój kompetencji warto także powiązać z polityką regionalną. W lokalizacjach inwestycji zasadne jest tworzenie porozumień terytorialnych obejmujących szkolnictwo zawodowe, infrastrukturę społeczną, transport, usługi publiczne i wsparcie lokalnych przedsiębiorstw. Instrumenty Funduszy Europejskich dla regionów, programy transformacji obszarów energetycznych oraz środki krajowe mogą wspierać przygotowanie zaplecza gospodarczego i edukacyjnego. Korzyści lokalne powinny być projektowane w sposób wykraczający poza okres budowy i prowadzący do trwałej specjalizacji regionu. W scenariuszu peryferyjnym rozwinięte kompetencje pozwalają zachować potencjał sektora nawet przy czasowym zahamowaniu inwestycji. W scenariuszu stabilnego wdrożenia ograniczają ryzyko niedoboru pracowników i dostawców, natomiast w scenariuszu ambitnej transformacji umożliwiają równoległe przygotowywanie kolejnych projektów. Transformację jądrową warto zatem oceniać zarówno przez pryzmat uruchomionych mocy, jak i przez trwałą zmianę jakości działania administracji, przemysłu, nauki i systemu edukacji.



PODSUMOWANIE

Bezpieczeństwo energetyczne Polski do 2040 roku będzie zależało nie od pojedynczej technologii czy jednego źródła energii, lecz od zdolności do równoległego rozwijania i integrowania różnych elementów systemu energetycznego. Obejmuje to rozwój odnawialnych źródeł energii, energetyki jądrowej, magazynowania energii, inteligentnych sieci, technologii wodorowych i e-paliw oraz czystego ciepła. Kluczowe znaczenie ma przy tym nie tylko dostępność poszczególnych technologii, ale zdolność całego systemu do ich integracji, zapewnienia odpowiedniej infrastruktury, elastyczności i stabilności dostaw. W tym ujęciu bezpieczeństwo energetyczne należy rozumieć jako zdolność systemu do utrzymania ciągłości dostaw i odporności na zakłócenia przy jednoczesnym prowadzeniu transformacji energetycznej. Szczególne znaczenie dla długoterminowej odporności systemu ma energetyka jądrowa, której rozwój pozostaje jednak przedsięwzięciem obciążonym istotną niepewnością. O powodzeniu programu decydować będą przede wszystkim stabilność finansowania, ciągłość decyzji politycznych i instytucjonalnych, sprawność realizacji inwestycji oraz zdolność do utrzymania odpowiedniego tempa prac. Jednocześnie rozwój energetyki jądrowej wymaga budowy szerszego ekosystemu obejmującego kompetencje, zaplecze przemysłowe, infrastrukturę, regulacje i akceptację społeczną. Oznacza to, że powodzenie programu nie może być oceniane wyłącznie przez pryzmat realizacji pojedynczych projektów inwestycyjnych, lecz przez zdolność państwa do stworzenia warunków dla trwałego rozwoju całego sektora.

Analiza możliwych ścieżek rozwoju pokazuje, że przyszłość programu może kształtować się w kilku kierunkach – od scenariusza marginalizacji i spowolnienia, przez stabilne wdrożenie, po ambitną transformację. O wyborze między tymi trajektoriami decydować będzie przede wszystkim zdolność do ograniczania ryzyk finansowych, politycznych, wykonawczych i społecznych oraz do reagowania na zmieniające się warunki otoczenia. Szczególne znaczenie ma zatem nie tylko osiąganie kolejnych kamieni milowych, ale również bieżące rozpoznawanie sygnałów wskazujących na narastanie ryzyka opóźnień, wzrost kosztów, problemy z finansowaniem, osłabienie poparcia społecznego czy bariery w realizacji inwestycji. Wczesne identyfikowanie takich sygnałów powinno umożliwiać odpowiednio szybkie działania korygujące. Z perspektywy bezpieczeństwa energetycznego najważniejszym wyzwaniem jest więc utrzymanie ciągłości i sprawności realizacji transformacji w warunkach wysokiej niepewności. Wymaga to stabilnego i przewidywalnego otoczenia regulacyjnego oraz finansowego, sprawnego zarządzania strategicznymi inwestycjami, rozwoju krajowych kompetencji i łańcuchów dostaw, a także wzmocnienia zdolności systemu do reagowania na zakłócenia. Istotne pozostaje również zapewnienie społecznej akceptacji dla zmian oraz wykorzystanie transformacji

jako impulsu do rozwoju krajowego przemysłu, kompetencji technologicznych i gospodarki.

Wnioski z analizy wskazują tym samym, że kluczowym warunkiem powodzenia transformacji energetycznej jest zdolność państwa do długookresowego, skoordynowanego zarządzania zmianą. Priorytetem powinno być wzmacnianie istniejących mechanizmów koordynacji, zarządzania ryzykiem i monitorowania realizacji, tak aby umożliwiały one szybkie identyfikowanie problemów i podejmowanie działań korygujących. Równocześnie konieczne jest utrzymanie ciągłości strategicznych decyzji ponad cyklami politycznymi i budżetowymi oraz zapewnienie, aby rozwój energetyki jądrowej i pozostałych technologii transformacyjnych wzajemnie się uzupełniał. Tak rozumiana transformacja może jednocześnie wzmacniać bezpieczeństwo energetyczne, odporność państwa i konkurencyjność gospodarki.

Bezpieczeństwo energetyczne Polski do 2040 roku będzie zależało przede wszystkim od zdolności do konsekwentnej realizacji długoterminowej strategii przy jednoczesnym zachowaniu elastyczności wobec zmieniających się warunków. Największym ryzykiem pozostaje nie sama transformacja technologiczna, lecz utrata ciągłości, opóźnienia w realizacji inwestycji, niewystarczająca koordynacja oraz brak odpowiednio wczesnej reakcji na pojawiające się bariery. Z kolei konsekwentne wzmacnianie odporności systemu, sprawności wykonawczej, kompetencji i zaplecza przemysłowego oraz zdolności do monitorowania i korygowania kierunku działań zwiększa prawdopodobieństwo realizacji stabilnej i ambitnej ścieżki transformacji.



Spis tabel i wykresów

TABELA 1: SCENARIUSZE ROZWOJU ENERGETYKI ATOMOWEJ W POLSCE	7
TABELA 2: PORÓWNANIE WYNIKÓW UZYSKANYCH DLA GŁÓWNYCH OBSZARÓW TECHNOLOGICZNYCH	32
TABELA 3: ZESTAWIENIE ZIDENTYFIKOWANYCH CZYNNIKÓW WPŁYWU NA SCENARIUSZE I DOSTĘPNYCH STANÓW, W KTÓRYCH MOGĄ WYSTĘPOWAĆ	37
TABELA 4: MACIERZ WZAJEMNYCH ODDZIAŁYWAŃ ZIDENTYFIKOWANYCH CZYNNIKÓW WPŁYWU	41
TABELA 5: UWARUNKOWANIA ROZWOJU SCENARIUSZY PRZYSZŁOŚCI BEZPIECZEŃSTWA ENERGETYCZNEGO DO 2040 ROKU	43
TABELA 6: SCHEMAT SCENARIUSZY	45
TABELA 7: ZASTOSOWANIE METODY DŹWIGNI DO SCENARIUSZA PERYFERYJNEGO	46
TABELA 8: ZASTOSOWANIE METODY DŹWIGNI DO SCENARIUSZA AMBITNEGO WDROŻENIA	47
TABELA 9: ZASTOSOWANIE METODY DŹWIGNI DO SCENARIUSZA AMBITNEJ TRANSFORMACJI	49
TABELA 10: PROGI DECYZYJNE I SYGNAŁY WCZESNEGO OSTRZEGANIA W ZDEFINIOWANYCH SCENARIUSZACH	51
TABELA 11: KIERUNKI DZIAŁAŃ	54
WYKRES 1 PORÓWNANIE OCEN SIŁY WPŁYWU I PRZEWIDYWALNOŚCI KRYTERIUM TECHNOLOGICZNEGO DLA RÓŻNYCH OBSZARÓW TECHNOLOGICZNYCH	21
WYKRES 2 PORÓWNANIE OCEN SIŁY WPŁYWU I PRZEWIDYWALNOŚCI KRYTERIUM POLITYCZNO-REGULACYJNEGO DLA RÓŻNYCH OBSZARÓW TECHNOLOGICZNYCH	22
WYKRES 3: PORÓWNANIE OCEN SIŁY WPŁYWU I PRZEWIDYWALNOŚCI CZYNNIKA SPOŁECZNEGO DLA RÓŻNYCH OBSZARÓW TECHNOLOGICZNYCH	24
WYKRES 4: PORÓWNANIE OCEN SIŁY WPŁYWU I PRZEWIDYWALNOŚCI KRYTERIUM ŚRODOWISKOWEGO DLA RÓŻNYCH OBSZARÓW TECHNOLOGICZNYCH	26
WYKRES 5: PORÓWNANIE OCEN SIŁY WPŁYWU I PRZEWIDYWALNOŚCI KRYTERIUM FINANSOWEGO DLA RÓŻNYCH OBSZARÓW TECHNOLOGICZNYCH	28
WYKRES 6: PORÓWNANIE OCEN SIŁY WPŁYWU I PRZEWIDYWALNOŚCI KRYTERIUM SUWERENNOŚCI DLA RÓŻNYCH OBSZARÓW TECHNOLOGICZNYCH	30



DR KAMIL BROMSKI

Główny specjalista ds. badawczych w Centrum Analiz i Rozwoju Technologii

Doktor nauk społecznych, magister stosunków międzynarodowych. Specjalizuje się w badaniach ekosystemu nauka-biznes i społeczno-gospodarczego wpływu technologii. Posiada doświadczenie w realizacji projektów B+R, komercjalizacji innowacyjnych rozwiązań oraz wspierania i rozwijania przedsiębiorstw typu start-up. Specjalizuje się w opracowywaniu analiz rynkowych i badań typu foresight technologiczny. Posiada doświadczenie w przygotowywaniu strategii rozwoju, planów internacjonalizacji i diagnoz potrzeb rozwojowych jednostek naukowych i przedsiębiorstw.

DR INŻ. NATALIA ZIEMIŃSKA

Główna specjalistka ds. badawczych – Zastępczyni Kierownika w Centrum Analiz i Rozwoju Technologii

Doświadczony menadżer i inżynier, specjalizujący się w prowadzeniu badań, wdrażaniu innowacji technologicznych oraz optymalizacji procesów przemysłowych. Posiada interdyscyplinarne wykształcenie: tytuł magistra inżyniera w zakresie Biotechnologii w Inżynierii Środowiska uzyskała na Politechnice Warszawskiej, a stopień doktora nauk leśnych obroniła na Wydziale Leśnym i Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego

w Poznaniu. Jej wiedza naukowa jest silnie połączona z wieloletnią praktyką inżynierską w sektorze automotive, gdzie z sukcesem zajmowała się działalnością badawczo-rozwojową [B+R]. Doktorat zrealizowała w trybie wdrożeniowym, koncentrując się na opracowaniu innowacyjnej metody zagospodarowania odpadów przemysłowych, co bezpośrednio realizowało założenia Gospodarki o Obiegu Zamkniętym (GOZ). Ostatnio, w ramach współpracy z Siecią Badawczą Łukasiewicz – ITECH, dr inż. Natalia Ziemińska zajmuje się kluczowymi obszarami, w tym prowadzeniem badań foresightu energetycznego i technologicznego oraz analitykę w zakresie ESG.

MGR KINGA PANEK

Starsza specjalistka ds. badawczych w Centrum Analiz i Rozwoju Technologii

Biotechnolog i analityk specjalizujący się w prognozowaniu rozwoju wysokich technologii. W swojej pracy koncentruje się na analizie wpływu innowacji technologicznych na gospodarkę i społeczeństwo. Posiada interdyscyplinarne doświadczenie w zarządzaniu projektami i analizie strategicznej, zdobyte we współpracy z podmiotami publicznymi, biznesem oraz NGO. W Łukasiewicz – ITECH zajmuje się oceną dojrzałości technologicznej oraz opracowywaniem scenariuszy rozwoju dla kluczowych gałęzi przemysłu. Łączy warsztat badawczy (doktorat realizowany na Gdańskim Uniwersytecie Medycznym i Uniwersytecie Gdańskim) z praktycznym podejściem do komercjalizacji wiedzy z obszaru innowacyjności oraz suwerenności technologicznej. Współautor raportów strategicznych i foresightowych o technologiach.



ISBN 978-83-60561-41-6

