

# Program

*„Nowe technologie w zakresie energii”*

Warszawa, grudzień 2020 r.

## Spis treści

Streszczenie (Executive summary) .....	6
1. Wprowadzenie .....	10
2. Diagnoza sytuacji w obszarach nauki i gospodarki objętych programem .....	11
Zastosowane podejście do diagnozy .....	11
Obszar objęty Programem .....	11
Wyniki analiz .....	12
Energetyka solarna .....	12
Energetyka wiatrowa na lądzie .....	13
Morska energetyka wiatrowa .....	13
Technologie wytwarzania i wykorzystania wodoru .....	14
Magazyny energii i mikrosieci energetyczne i ciepłe .....	14
Energetyczne wykorzystanie odpadów i ciepła z gazów poprocesowych .....	15
Geotermia .....	15
Analiza potencjału B&R .....	16
Analiza zgodności z dokumentami strategicznymi, komplementarność i synergia, korzyści społeczne ....	16
3. Cel główny i cele cząstkowe Programu .....	19
4. Zakres tematyczny Programu .....	22
T1. Energetyka solarna .....	22
T1.1. System fotowoltaiczny zintegrowany z uprawą roślin w strefach suszy glebowej i atmosferycznej .....	22
T1.2. Nowatorskie zastosowania ogniw fotowoltaicznych w budownictwie, rolnictwie, transporcie lub innych dziedzinach .....	23
T1.3. Urządzenia fotowoltaiczne nowej generacji .....	23
T2.1. Energetyka wiatrowa na lądzie .....	23
T2.1.1 Inteligentna farma wiatrowa .....	23
T2.1.2. Rozwój technologii utylizacji lub recyklingu komponentów elektrowni wiatrowych .....	24
T2.2 Morska energetyka wiatrowa .....	25
T2.2.1. Pierwsza pływająca turbina wiatrowa na Bałtyku .....	25
T3. Technologie wytwarzania i wykorzystania wodoru .....	25
T3.1. Zintegrowane systemy procesu elektrolizy wody przeznaczone do produkcji wodoru wykorzystujące energię ze źródeł odnawialnych (biomasa, wiatr lub fotowoltaika) wraz z magazynowaniem wodoru lub wprowadzaniem do gazu ziemnego .....	25

T3.2. Zgazowanie biomasy leśnej/rolniczej względnie biodegradowalnych odpadów.....	26
w celu wytworzenia gazu syntezowego możliwego do produkcji wodoru względnie jego pochodnych (metan, metanol amoniak itp.) .....	26
T3.3. Wysokotemperaturowa piroliza metanu i technologie termochemicznego rozkładu wody w celu wytworzenia wodoru .....	26
T3.4. Konwersja instalacji energetycznych wykorzystujących paliwa konwencjonalne na paliwo wodoronośne (wodór, metanol, amoniak itd.).....	26
T4. Magazyny energii i mikrosieci energetyczne i ciepłne.....	27
T4.1. Budowa lokalnych magazynów energii w różnych technologiach, zintegrowanych z OZE ....	27
T4.2. Budowa energetycznie zintegrowanej mikrosieci (obszarowa integracja źródeł generacji energii elektrycznej, ciepła i chłodu, z uwzględnieniem różnych technologii magazynowania energii i jej obszarowego bilansowania) .....	27
T5. Energetyczne wykorzystanie odpadów i ciepła z gazów poprocesowych .....	27
T5.1. W pełni regulacyjna instalacja ko- lub trigeneracyjna zasilana gazem odpadowym (metan kopalniany, gaz koksowniczy lub gaz wielkopieczowy, inne gazy palne przemysłowe) przystosowana do ciągłej, stabilnej pracy.....	27
T5.2. Instalacja przetwarzająca palne odpady stałe (odpady pochodzenia komunalnego, spożywcze, drewno z przecinek wycinek ogrodowych i sadowniczych, odpady leśne) na paliwo wraz z instalacją do jego wykorzystania .....	28
T5.3. Opracowanie instalacji przewoźnego magazynu ciepła pozwalającego na wykorzystanie ciepła odpadowego do zasilania odległej (kilkanaście, kilkadziesiąt kilometrów) instalacji ciepłowniczej	28
T6. Energetyczne wykorzystanie ciepła geotermalnego (geotermia).....	28
T6.1. Kogeneracyjny układ geotermalny.....	28
T6.2. Instalacja wykorzystująca głębokie wody geotermalne do zintegrowanej produkcji ciepła i energii elektrycznej.....	29
T6.3. Innowacyjne wykorzystanie energii i wód geotermalnych w rolnictwie w Polsce .....	29
T6.4. Technologie umożliwiające eksploatację i wykorzystanie wysokozmineralizowanych wód geotermalnych.....	29
5. Sposób interwencji i warunki realizacji projektów w ramach Programu .....	30
6. Sposób monitorowania i oceny realizacji celów Programu .....	33
7. Określenie ryzyka dla osiągnięcia celów Programu .....	37
8. Harmonogram realizacji Programu .....	40
9. Budżet i plan finansowy Programu oraz źródła finansowania .....	41
10. System realizacji i zarządzanie Programem .....	42
11. Matryca logiczna projektu .....	44
Załącznik nr 1 Geneza problemu i strategia innowacyjnego rozwoju technologii energetycznych .....	47
Załącznik nr 2 Diagnoza problematyki ujętej w Programie wraz z propozycją rozwiązań .....	51

T1. Energetyka solarna .....	52
Analiza strategiczności tematyki.....	52
Ww. raport „ FINANSOWANIE PROJEKTÓW OZE...” wskazuje też, że ogólne nakłady na energetykę odnawialną w latach 2020-2030 wyniosą ponad 116,4 mld zł, w tym 101 mln zł (86%) to inwestycje w źródła pogodowo zależne i zeroemisyjne (energia słoneczna i energia wiatrowa). W szczególności 28% tej kwoty zostanie przeznaczona na fotowoltaikę, a 35% na morskie elektrownie wiatrowe, 23% lądowe elektrownie wiatrowe.....	56
Proponowana metoda rozwiązania .....	56
Potencjał instytucjonalny i społeczny .....	58
Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów) .....	58
Ostateczni odbiorcy .....	58
T2.1 Energetyka wiatrowa na lądzie.....	59
Analiza strategiczności tematyki.....	59
Proponowana metoda rozwiązania .....	61
Potencjał instytucjonalny i społeczny .....	62
Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów) .....	62
Ostateczni odbiorcy .....	62
T2.2 Morska energetyka wiatrowa.....	63
Analiza strategiczności tematyki.....	63
Proponowana metoda rozwiązania .....	65
Potencjał instytucjonalny i społeczny .....	65
Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów) .....	66
Ostateczni odbiorcy .....	66
T3. Technologie wytwarzania i wykorzystania wodoru .....	66
Analiza strategiczności tematyki.....	66
Proponowana metoda rozwiązania .....	73
Potencjał instytucjonalny i społeczny .....	73
Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów) .....	74
Ostateczni odbiorcy .....	74
T4. Magazyny energii i mikrosieci energetyczne i ciepłe.....	74
Analiza strategiczności tematyki.....	74
Proponowana metoda rozwiązania .....	80
Potencjał instytucjonalny i społeczny .....	82
Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów) .....	82

Ostateczni odbiorcy .....	83
T5. Energetyczne wykorzystanie odpadów i ciepła z gazów poprocesowych .....	84
Analiza strategiczności tematyki .....	84
Proponowana metoda rozwiązania .....	88
Potencjał instytucjonalny i społeczny .....	90
Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów) .....	90
Ostateczni odbiorcy .....	90
T6. Energetyczne wykorzystanie ciepła geotermalnego (geotermia).....	90
Analiza strategiczności tematyki .....	90
Proponowana metoda rozwiązania .....	92
Potencjał instytucjonalny i społeczny .....	92
Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów) .....	92
Ostateczni odbiorcy .....	92

## Streszczenie (Executive summary)

Niniejszy dokument zawiera opracowanie programu strategicznego „Nowe technologie w zakresie energii” i odzwierciedla cały proces przygotowania, realizacji i ewaluacji programu. Dokument powinien być postrzegany w świetle Wprowadzenia opisującego zasadność jego celów i efektów.

### Zakres dokumentu

Zakres niniejszego dokumentu opiera się na strategii wynikającej z dokumentów krajowych i unijnych poświęconych transformacji energetycznej kraju zmierzającej do zwiększenia energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w ogólnym miksie energetyczny kraju. Strategia zawiera trzy cele: 1) rozwój energetyki odnawialnej, w tym prosumenckiej, 2) rozwój inteligentnej infrastruktury sieciowej zintegrowanej z lokalnymi źródłami energii i krajowym systemem energetycznym, 3) osiągnięcia neutralności klimatycznej gospodarki przez zwiększenie wykorzystania surowców biodegradowalnych oraz produktów odpadowych.

### Diagnoza sytuacji w obszarze nauki i gospodarki (rozdział 2)

Komisja Europejska przedstawiła długoterminową strategiczną wizję ograniczenia emisji gazów cieplarnianych (Clean Planet for All)<sup>i</sup>, pokazując, jak Unia Europejska może wyznaczyć światu drogę do neutralności klimatycznej<sup>ii</sup> tworząc gospodarkę o zerowej emisji gazów cieplarnianych. W dokumencie tym zwraca się szczególną uwagę na rolę badań naukowych i innowacyjnych rozwiązań. Dobrze skoordynowany program badań strategicznych, innowacji i inwestycji pozwoli obniżyć koszty już istniejących rozwiązań zeroemisyjnych i pracować nad nowymi. Konieczna będzie interwencja Państwa na wszystkich etapach cyklu życia innowacji, od wczesnych badań, rozwoju i demonstracji (R&D) po wdrożenie przedkomercyjne. Okres do 2030 r. jest krytycznym oknem dla promowania badań i rozwoju, które mogą wspierać innowacje i ulepszenia wydajności technologii potrzebne do głębokich redukcji emisji gazów cieplarnianych, które będą miały miejsce w okresie po 2030 r. Przedstawiony Program odpowiada na te wyzwania ukierunkowując badania polskich ośrodków na prace w obszarach najbardziej innowacyjnych takich jak: energetyka wiatrowa i solarna, technologie wytwarzania i wykorzystania wodoru, magazyny energii i mikrosieci energetyczne/ciepłne, energetyczne wykorzystanie odpadów biodegradowalnych i ciepła z gazów poprocesowych, geotermia. Jednocześnie Program pomija zagadnienia takie jak energetyka jądrowa, które znalazło odzwierciedlenie w Programie Polskiej Energetyki Jądrowej, której realizacja jest dopiero projektowana.

### Cel główny i cele cząstkowe Programu (rozdział 3)

Program „Nowe technologie w zakresie energii” z założenia jest zgodny ze strategicznymi celami polskiej polityki energetycznej i klimatycznej. Według projektu Polityki Energetycznej Polski do 2040 r. i przesłanego przez polski rząd do KE „Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030” oraz zgodnie z zapowiedziami Ministra Klimatu dotyczącymi uwzględnienia kierunków wyznaczonych przez politykę Komisji Europejskiej wyrażonych w dokumencie politycznym „Zielony Ład 2020” konieczne jest ustanowienie nowego programu badawczo-rozwojowego, który pozwoli zrealizować krajowej gospodarce następujące cele strategiczne w perspektywie roku 2040. Program skupiono wokół zagadnień, których rozwiązanie pozwoli osiągnąć **cel główny Programu jakim jest wsparcie osiągnięcia neutralności klimatycznej Polski, poprzez wdrożenie rozwiązań podnoszących bezpieczeństwo energetyczne kraju i zwiększających konkurencyjność polskiej gospodarki**. W

efekcie zwiększy się o 20-50% (w stosunku do poziomu z roku 2020) udział energii pochodzącej z OZE w ogólnym miksie energetycznym kraju.

Tak sformułowany cel główny Programu jest odpowiedzią na zidentyfikowany **problem główny** jakim jest brak neutralności klimatycznej Polski związanej między innymi z niskim udziałem OZE w ogólnym systemie energetycznym kraju.

Poprzez sformułowany w ten sposób cel główny, Program będzie odpowiedzią na wsparcie transformacji energetycznej Polski, w drodze do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 r. (zgodnie z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu). Realizacja celu będzie odbywać się poprzez rozwiązywanie zadań badawczo-technologicznych w sześciu obszarach programu, wybranych na podstawie szerokiego rozeznania problemów strategicznych w obszarze badawczym.

#### **Zakres tematyczny (rozdział 4)**

Cele strategiczne krajowe i europejskie w prezentowanym Programie, zostaną osiągnięte poprzez realizację zadań badawczo-rozwojowych o dużym potencjale innowacyjnym i stopniu zaawansowania technologii (TRL 8-9) w następujących 6 obszarach technologicznych:

- T1. Energetyka solarna;
- T2. Energetyka wiatrowa na lądzie i na morzu
- T3. Technologie wytwarzania i wykorzystania wodoru;
- T4. Magazyny energii i mikrosieci energetyczne i ciepłe;
- T5. Energetyczne wykorzystanie odpadów i ciepła z gazów poprocesowych.
- T6. Energetyczne wykorzystanie ciepła geotermalnego (geotermia)

Wybrane obszary zgodne są także z wytycznymi SET Planu Komisji Europejskiej oraz Krajowymi inteligentnymi Specjalizacjami (KIS). Pozwalają na osiągnięcie przewagi technologicznej w obszarach będących już domeną polskich ośrodków badawczych i przedsiębiorstw lub budujące przewagę technologiczną w potencjalnych obszarach rozwojowych.

Każdy z obszarów został zdefiniowany przez 1-4 tematów szczegółowych opisujących potencjalne zagadnienia badawcze.

#### **Sposób interwencji i warunki realizacji (rozdział 5)**

Program jest realizowany na zasadach określonych w ustawie o NCBR i w towarzyszących aktach wykonawczych. Realizacja Programu polega na finansowaniu projektów i zarządzaniu nimi w sposób zapewniający osiągnięcie celów oraz zgodność z harmonogramem i planem finansowym. Konkursy są ogłaszane przez Dyrektora Centrum zgodnie z art. 36 ust. 1 ustawy o NCBR i realizowane zgodnie z obowiązującym w NCBR systemem zarządzania programami strategicznymi.

Projekty będą wybierane w konkursach otwartych czyli tematycznych ogłaszanych co najmniej dwa razy w roku. Realizacja projektów jest podzielona na fazy, których efektem ma być osiągnięcie konkretnego rezultatu (kamienia milowego) warunkujące możliwość ubiegania się o przekazanie dofinansowania kolejnej fazy. Przewidywane rezultaty poszczególnych faz:

- Faza I – opracowane studium wykonalności techniczno-ekonomiczne wskazujące na zasadność realizacji propozycji będącej przedmiotem wniosku o dofinansowanie, czas realizacji do 9 miesięcy,
- Faza II – osiągnięcie 6 poziomu gotowości technologicznej (TRL 6) propozycji będącej przedmiotem wniosku o dofinansowanie; czas realizacji do 2 lat,
- Faza III – osiągnięcie co najmniej 8 poziomu gotowości technologicznej (TRL 8) propozycji będącej przedmiotem wniosku o dofinansowanie, czas realizacji do 3 lat.

Podział na fazy służy etapowej weryfikacji osiągniętych rezultatów. Wsparcie finansowe w kolejnych etapach jest udzielane tylko tym projektom, które otrzymają pozytywną rekomendację podczas oceny rezultatu danej fazy, tzn. wykazują wysokie prawdopodobieństwo skutecznej komercjalizacji przy osiągnięciu zakładanych parametrów technologicznych rozwiązania.

Dopuszcza się możliwość wyboru kilku projektów, których celem będzie opracowanie alternatywnych rozwiązań tego samego problemu. Taki mechanizm zakłada konkurowanie proponowanych rozwiązań nie tylko na etapie wyboru projektów, ale również ich realizacji.

#### **Sposób monitorowania i oceny realizacji (rozdział 6)**

W celu umożliwienia skutecznego monitorowania i oceny stopnia realizacji celów Programu w odniesieniu do celu głównego oraz każdego celu cząstkowego zaproponowano zestaw mierzalnych wskaźników, obejmujących kwantyfikowalne wyniki planowane do uzyskania w ramach Programu. Wskaźniki zostały podzielone na trzy grupy: wpływu, rezultatu, produktu, dla których określono wskaźniki szczegółowe z podaniem ich wartości bazowej i docelowej.

W trakcie realizacji Programu będzie prowadzona jego ewaluacja, w szczególności w celu rozstrzygnięcia, czy kontynuacja Programu prowadzi do osiągnięcia jego celów oraz czy jest on zgodny z celami polityki naukowej państwa i polityki wspierania innowacyjności. Po zakończeniu realizacji Programu będzie przeprowadzona ewaluacja mająca na celu ocenę stopnia osiągnięcia jego celów, a w przypadku ich nieosiągnięcia – określenie przyczyn niepowodzenia. Proces ewaluacji będzie realizowany zgodnie z obowiązującą w NCBR Procedurą PG2-2: Ewaluacja programu.

#### **Określenie ryzyka osiągnięcia celów (rozdział 7)**

Ryzyka związane z nieosiągnięciem celów Programu mają charakter zewnętrzny (niezależny od NCBR) oraz wewnętrzny – w tym przypadku możliwe jest podjęcie działań minimalizujących ryzyka wewnętrzne. Poniżej przedstawiono główne ryzyka – rozwinięte w rozdziale 7.

Do głównych ryzyk zewnętrznych zaliczyć należy:

- ryzyka polityczne, społeczne, prawne, ekonomiczne – nowe okoliczności mogą uniemożliwić realizację zamierzonych działań. Przykładem takiego czynnika może być polityczny odgórny zakaz rozwoju pewnego rodzaju rozwiązań;
- wpływ pandemii COVID-19 na implementację Programu, w szczególności w kontekście ryzyka przedłużenia czasu trwania projektów;
- niski potencjał wdrożeniowy rozwiązań – w przypadku zbyt teoretycznego podejścia do problemu, wynikającego z nieuwzględniania złożonych realiów, może dojść do formułowania rozwiązań



niekompatybilnych z dostępnymi systemami, ekonomicznie nieopłacalnych, nie mających potencjału wdrożeniowego w obecnych realiach.

W przypadku ryzyk wewnętrznych należy zwrócić uwagę na poniżej wybrane ryzyka:

- niedopasowany czas trwania projektu (harmonogram) do czasu wdrożenia lub zły moment ogłoszenia Konkursu – ryzyko niedopasowania czasu trwania realizacji projektu w stosunku do przyjętego czasu na osiągnięcie zakładanych celów Programu (np. ogłoszenie konkursu dla rolnictwa w nieodpowiednim okresie roku może skutkować utrudnionym okresem dla zebrania danych do automatyzacji rolnictwa),  
*działania mitygujące:* uwzględnienie przez Komitet Sterujący krytycznych czynników w szczegółowym harmonogramie realizacji Programu;
- dezaktualizacja agendy badawczej – w przypadku zbyt długiego okresu czasu pomiędzy zdiagnozowaniem problemu a wypracowaniem rozwiązań może dojść do dezaktualizacji agendy badawczej,  
*działania mitygujące:* aktualizacja zakresu tematycznego Programu, uwzględnienie trybu projektów zamawianych, stanowiących odpowiedź na problemy niezidentyfikowane w zakresie tematycznym Programu;
- źle oszacowane koszty Konkursu – z uwagi na innowacyjny charakter Programu możliwe jest zróżnicowanie w zakresie wysokości kosztów pomiędzy obszarami. Istnieje ryzyko przeszacowania lub niedoszacowania kosztów realizacji projektów;  
*działania mitygujące:* elastyczne podejście Komitetu Sterującego oraz NCBR, umożliwiające dostosowanie do zaistniałej sytuacji z możliwością relokacji szacunkowych kosztów pomiędzy tematami w zakresie tematycznym Programu; ewentualnie decyzje o zmianie budżetu Programu.
- brak realnego odbiorcy rozwiązań – brak ścisłej współpracy pomiędzy wykonawcą i instytucją, mającą potencjał do wdrożenia danego rozwiązania, może doprowadzić do sformułowania propozycji nie mających realnego odbiorcy;  
*działania mitygujące:* analiza składanych raportów w ramach projektów i formułowanie odpowiednich ocen/rekomendacji

Zarządzanie ryzykiem w Programie prowadzone będzie przez koordynatora Programu według obowiązującej w NCBR Procedury nr PZ3-1: Zarządzanie Ryzykiem.

### **Harmonogram realizacji programu oraz budżet i plan finansowy (rozdziały 8 i 9)**

Program ustanawiany jest na okres 2020 – 2029 z możliwością wydłużenia lub skrócenia czasu trwania Programu. Szczegółowy harmonogram realizacji Programu proponuje Komitet Sterujący mając na względzie dostępny budżet NCBR na rok bieżący oraz kolejne lata realizacji Programu.

Na budżet Programu składają się:

- środki NCBR na realizację Programu wynoszące 800 mln PLN i pochodzące z dotacji celowej na realizację strategicznych programów badań naukowych i prac rozwojowych, o której mowa w art. 46 ust. 1 pkt 1 ustawy o NCBR;
- środki pozabudżetowe – środki przedsiębiorców i innych instytucji działających w obszarze Programu.

W związku z możliwością wydłużenia/skrócenia czasu trwania Programu przewiduje się możliwość zmiany wysokości budżetu w trakcie jego realizacji.

Maksymalna wartość dofinansowania pojedynczego projektu w kolejnych fazach wynosi:

- w Fazie I – 100 tys. PLN,
- w Fazie II – 20 mln PLN,
- w Fazie III – 100 mln PLN.

Koszty zarządzania Programem, w tym koszty wynagrodzeń pracowników NCBR zaangażowanych we wdrażanie Programu, koszty oceny wniosków o dofinansowanie wykonywanych przez niezależnych ekspertów oraz koszty związane z działalnością Komitetu Sterującego Programu, będą pochodziły z dotacji podmiotowej na pokrycie bieżących kosztów zarządzania zadaniami realizowanymi przez NCBR, o których mowa w art. 46 ust. 1 pkt 2 ustawy o NCBR. Zakłada się, że koszty zarządzania Programem nie przekroczą 5% budżetu NCBR przeznaczanego na finansowanie projektów w ramach Programu.

## 1. Wprowadzenie

Pierwsze dwadzieścia lat obecnego stulecia cechuje istotna zmiana w polityce energetycznej wielu krajów świata, w tym także krajów Unii Europejskiej. Technologie energetyki wiatrowej i solarnej dostarczają coraz więcej energii elektrycznej po kosztach konkurencyjnych do paliw kopalnych, w tym także węgla.

W związku z rozwojem technologicznym następuje istotna zmiana modelu gospodarczego, którego cechą charakterystyczną jest transformacja do gospodarki (w szczególności energetyki) niskoemisyjnej, która nie tylko stanowi naturalną drogę do obniżenia kosztów środowiskowych, ale staje się rozwiązaniem problemu wyczerpywania się szeroko rozumianych zasobów paliw kopalnych i coraz większego kosztu ich pozyskania. Niezależnie od czynników środowiskowych i ekonomicznych transformacja energetyczna staje się kołem napędowym rozwoju innowacyjnych technologii. Przykład niektórych krajów unijnych pokazuje, że zdecydowane działania zmierzające do redukcji emisji w konkretnych sektorach lub odważna zmiana miksu energetycznego może pobudzić rozwój eko-innowacyjności, wykreować nowe sektory gospodarki, a także spowodować zwiększenie eksportu. W Załącznik nr 2 Diagnoza problematyki ujętej w Programie wraz z propozycją rozwiązań przedstawiono genezę rozwoju gospodarczego w oparciu o transformację energetyczną.

Celem Programu „Nowe technologie w zakresie energii” jest wsparcie transformacji energetycznej Polski poprzez między innymi rozwój rozproszonych, odnawialnych źródeł energii i metod ich zarządzania w ogólnym miksie energetycznym kraju. W szczególności za bardzo ważny uznano rozwój potencjału energetyki prosumenckiej wraz z rozwojem inteligentnej infrastruktury sieciowej w połączeniu z lokalnymi źródłami energii, a także poprawę integracji rozwiązań bazujących na odnawialnych źródłach energii z krajowym systemem energetycznym. Stało się to jednym z celów cząstkowych Programu. Za istotne uznano także obniżenie emisyjności wielkoskalowej energetyki, a także zwiększenie wykorzystania surowców biodegradowalnych i produktów odpadowych na cele energetyczne.

Program zakłada praktyczne zastosowanie stworzonych rozwiązań. Koncentracja działań na kilku wybranych obszarach technologicznych oraz sposób prowadzenia konkursów w poszczególnych fazach Programu powinny, poprzez wewnętrzną konkurencję, doprowadzić do stworzenia ulepszonych konkurencyjnych rozwiązań.

Założenia przyjęte w Programie, wychodzą naprzeciw potrzebom zwiększania wartości dodanej wynikającej z inwestycji w innowacyjne rozwiązania technologiczne, rozwoju polskich specjalności, wprowadzaniu zmian legislacyjnych niezbędnych do odpowiedniego rozwoju rynku, zwiększaniu tempa komercjalizacji, ekspansji zagranicznej i zmniejszaniu importu.

Program poprzez zaangażowanie konsorcjów naukowo- przemysłowych doprowadzi do silniejszych związków biznesu i nauki oraz pozwoli polskim zespołom naukowym stworzyć potencjał do współpracy z najlepszymi uniwersytetami i instytutami w świecie w obszarze nowej energetyki.

## 2. Diagnoza sytuacji w obszarach nauki i gospodarki objętych programem

### Zastosowane podejście do diagnozy

Poniższa diagnoza opiera się na analizach opracowanych na potrzeby Programu „Nowe technologie w zakresie energii” w ramach prac zespołu redakcyjnego.

W każdym obszarze dokonano odrębnej, wnikliwej analizy strategiczności omawianej tematyki. Uwzględniając definicję problemu strategicznego – jako sytuację realnie istniejącą, możliwą do zweryfikowania w oparciu o dostępne źródła danych, o istotnym znaczeniu dla rozwoju społecznego i gospodarczego kraju, uznaną przez różne grupy interesariuszy za podstawową kwestię do rozwiązania w oparciu o proponowany projekt Programu - przeanalizowano cztery wymiary strategiczności:

- „strategiczność” pod względem polityki w obszarze programu - zapewnienie zgodności z polityką innowacyjności/ dokumentami strategicznymi;
- „strategiczność” pod względem tematyki – najważniejsze wyzwania, priorytety rozwojowe w perspektywie wieloletniej;
- „strategiczność” co do skali wdrożeń - w rozumieniu zapewnienia znaczącej skali wdrożeń rozwiązań technologicznych w obszarze produktów/ procesów/ usług i oddziaływania rynkowego lub społecznego;
- „strategiczność” pod względem horyzontu oddziaływania - zapewnienie długookresowego horyzontu programów z uwzględnieniem możliwości wsparcia gospodarki w okresie wychodzenia z kryzysu spowodowanego epidemią COVID-19.

Na tej podstawie, w każdym obszarze badawczym sformułowano cel prac badawczo-rozwojowych, przeanalizowano stan obecny i docelowy danej tematyki, a także zaproponowano metodę rozwiązania zidentyfikowanych problemów. W kolejnych punktach opracowania wskazano potencjał instytucjonalny i społeczny niezbędny przy realizacji projektów, a także potencjał wykonawczy, czyli beneficjentów projektów oraz wskazano ostatecznych odbiorców wyników prac. Całość przeprowadzonych analiz zaprezentowano szczegółowo w Załącznik nr 2 Diagnoza problematyki ujętej w Programie wraz z propozycją rozwiązań.

### Obszar objęty Programem

Dbając o wysoką jakość i użyteczność rozwiązań jakie mają powstać w ramach Programu realizacja projektów została podzielona na fazy, których efektem ma być osiągnięcie konkretnego rezultatu (kamienia milowego) warunkujące możliwość ubiegania się o przekazanie dofinansowania kolejnej fazy. Taka formuła ma na celu

promowanie wewnętrznej konkurencji oraz wybranie najlepszych projektów warunkujących rozwój w jednym z proponowanych obszarów. Przewidywane rezultaty poszczególnych faz:

- Faza I – opracowane studium wykonalności techniczno-ekonomiczne wskazujące na zasadność realizacji propozycji będącej przedmiotem wniosku o dofinansowanie;
- Faza II – osiągnięcie 6. poziomu gotowości technologicznej (TRL 6) propozycji będącej przedmiotem wniosku o dofinansowanie;
- Faza III – osiągnięcie co najmniej 8. poziomu gotowości technologicznej (TRL 8) propozycji będącej przedmiotem wniosku o dofinansowanie.

Biorąc pod uwagę:

- 1) zgłoszone przez interesariuszy zainteresowanie poszczególnymi tematami Programu,
- 2) fakt, że istnieją obszary wymagające wsparcia prowadzenia prac B&R,
- 3) potrzebę wzmocnienia prowadzonych prac B&R w obszarach innowacyjnych,

Programem objęte będą zakresy tematyczne takie jak: energetyka wiatrowa i solarna, technologie wytwarzania i wykorzystania wodoru, magazyny energii i mikrosieci energetyczne i ciepłne, energetyczne wykorzystanie odpadów i ciepła z gazów poprocesowych, geotermia.

## Wyniki analiz

W pracach analitycznych wzięto pod uwagę zarówno dokumenty UE, energetycznych organizacji międzynarodowych jak i rządowe programy krajowe. Niedawno ogłoszona nowelizacja Polityki Energetycznej Polski do 2040<sup>iii</sup> zakłada m.in. spadek udziału węgla w wytwarzaniu energii elektrycznej do 60 proc. w 2030 r. Przewiduje się istotny wzrost udziału OZE w finalnym zużyciu energii brutto. Ważnym także zadaniem jest wdrożenie energetyki jądrowej do 2033 r. Celem ogłoszonego „Programu polskiej energetyki jądrowej”<sup>iv</sup> jest budowa w Polsce od 6 do 9 GWe zainstalowanej mocy jądrowej w oparciu o sprawdzone, wielkoskalowe technologie. Ranga tego zagadnienia jest bardzo wysoka. Jego rozwiązanie wykracza jednak poza możliwości niniejszego programu, który nie obejmuje ani energetyki jądrowej ani węglowej. Program koncentruje się na technologiach związanych z wytwarzaniem i dystrybucją energii elektrycznej i ciepła. Nie obejmuje natomiast obszaru efektywnego użytkowania energii.

Zakres Programu Strategicznego obejmie następujące obszary:

## Energetyka solarna

Wg Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030 (KPEiK) wykorzystanie energii słonecznej stanowi alternatywę dla wykorzystania terenów przemysłowych i słabej jakości gruntów. Jednym ze sposobów na ich zagospodarowanie jest zainstalowanie na nich systemów fotowoltaicznych służących do przetwarzania energii słonecznej. Instalacji fotowoltaicznych powstających w różnych miejscach na terenie Polski będzie coraz więcej, ale nawet jak będą budowane w sposób rozproszony, to ich całkowita moc zainstalowana będzie mieć coraz większy wpływ na funkcjonowanie krajowego systemu energetycznego (KSE). Ocenia się, że źródła fotowoltaiczne osiągną pełną dojrzałość ekonomiczno-techniczną po 2022 r. Wg Instytutu Energetyki Odnawialnej do 2018r. polskie firmy dostarczały na rynek ok 50% kluczowych urządzeń (modułów fotowoltaicznych) i zapewniały niemalże 100% usług instalacyjnych. Jednak już w 2019 r. potrzeby szybko rosnącego rynku w coraz większym stopniu zaczęły zaspokajać firmy zagraniczne.

Dynamicznemu rozwojowi krajowego rynku, który już w 2019r. miał wartość ok. 4 mld zł (w 2020 roku może osiągnie wartość rzędu 10 mld zł) , poza pojedynczymi projektami nie towarzyszą adekwatne, odpowiednio szeroko zakrojone prace badawcze nad: i) rozwojem nowych technologii, ii) wspieraniem konkurencyjności polskich firm przemysłowych i instalacyjnych w łańcuchu dostaw na rynku krajowym oraz iii) wsparciem eksportu. Branża osiągnęła już odpowiednią „masę krytyczną” do finansowania rozwoju technologii, pozyskiwania know-how i wdrażania innowacji, ale brak strategicznie ukierunkowanego na przemysł programu badawczego zmniejsza wartość dodaną wynikającą z masowych inwestycji, utrudnia ekspansję zagraniczną rozwój polskich specjalności, zwiększa import oraz zmniejsza tempo komercjalizacji fotowoltaiki i jej zdolności do obniżania cen energii.

### Energetyka wiatrowa na lądzie

W sektorze energii elektrycznej z OZE kluczową rolę odegra lądowa energetyka wiatrowa (z czasem wspierana morskimi farmami wiatrowymi) z udziałem rosnącym odpowiednio z 45% w 2015r. do ponad 60% w 2030r., co wymaga dwukrotnego wzrostu generacji wiatrowej w latach 2021-2030. Na drodze do utrzymania na odpowiednio wysokim poziomie technicznym istniejących zdolności wytwórczych oraz rozwoju nowych stoją bariery uniemożliwiające efektywne wykorzystanie potencjału technicznego i ekonomicznego lądowych farm wiatrowych w Polsce. Problem ten i stojące za nim ograniczenia mogą być rozwiązywane w ramach co najmniej dwóch kierunków innowacji energetycznych wskazanych w KPEiK: (1) „optymalizacja wykorzystania zasobów” (2) „efektywne wytwarzanie energii łączące ograniczenie wpływu na środowisko z bezpieczeństwem energetycznym”.

### Morska energetyka wiatrowa

Zgodnie z ambitnym Krajowym planem na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030 (KPEiK) Polska ma plany aby w perspektywie 2030 r. zainstalować na Bałtyku ok. 5 GW mocy w morskich farm wiatrowych, a w 2040r. ok. 10 GW. Pierwsza morska elektrownia wiatrowa w polskiej wyłącznej strefie ekonomicznej zostanie włączona do sieci w 2025 r. Plany te w pełni wpisują się w Europejski Zielony Ład, którego założenia odwołują się w sposób szczególny do wzmocnienia UE jako światowego lidera w morskiej energetyce wiatrowej.

Silną stroną są znaczące zasoby energii wiatru na polskim Bałtyku – ze względu na długą linię brzegową i duże obszary morskie oraz duże prędkości wiatru, porównywalne z najlepszymi lokalizacjami na Morzu Północnym. Trzeba jednak pamiętać, że polskie lokalizacje pod przyszłe inwestycje ma morzu znajdują się stosunkowo daleko od lądu, a ich fundamenty będą realizowane na dużych głębokościach, co stanowi wyzwanie dla przemysłu.

Niestety Polska pozostała co najmniej o dekadę w tyle w stosunku do stanu rozwoju morskiej energetyki wiatrowej w wiodących krajach UE, takich jak Niemcy, Wielka Brytania, Dania, Holandia, Belgia, które już obecnie dysponują łączną mocą zainstalowaną rzędu 16 GW. Nie dysponuje też realnym doświadczeniem we współpracy naukowo-badawczej w tym zakresie. Jednym z ostatnich projektów badawczych z zakresu morskiej energetyki wiatrowej z polskim udziałem (EC BREC/IEO) był projekt Offshore Grid: Offshore Electricity Infrastructure in Europe zakończony w 2011 roku. Pomimo uwzględnienia w „Krajowym planie na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030” z 2010 roku budowy 0,5 GW morskich farm wiatrowych (MFW) do 2020r., żadne realne działania inwestycyjne nie zostały podjęte do dnia dzisiejszego. Polska nie włączyła się też we współpracę międzynarodową w ramach tzw. The EU Economic Recovery Plan (UE na rozwój MFW przeznaczyła 565 mln euro, które wsparły projekty niemieckie i duńskie oraz rozwój infrastruktury na rzecz morskich farm wiatrowych na Morzu Północnym). Do budowy MFW w innych krajach i obsługi MFW włączył się polski przemysł okrętowy i morski

(np. poprzez dostawy dźwigów pływających oraz konstrukcji betonowych i stalowych) i polskie porty (np. Świnoujście, Gdynia).

### Technologie wytwarzania i wykorzystania wodoru

Wodór staje się jednym z wyznaczników nowej polityki klimatycznej "New Green Deal" i pojawiających się coraz większych aspiracji używania tylko zielonej energii i eliminacji paliw kopalnych. Wodór rozwiązuje w podejściu koncepcyjnym właściwie podstawowe problemy energetyki:

- Wodór jest potencjalnie doskonałym nośnikiem energii (Power to Gas) dla niestabilnych źródeł OZE. Nadwyżki energii odnawialnej mogą służyć dla produkcji wodoru - zwykle w procesie elektrolizy, a następnie wodór może być składowany, transportowany aby w końcu być użyty energetycznie. Wraz z coraz bardziej eksponencjalnym wzrostem produkcji ze źródeł odnawialnych rośnie konieczność magazynowania, jeśli jeszcze wyeliminujemy źródła z paliw kopalnych potrzeba magazynowania rośnie jeszcze bardziej i przy 100-procentowym systemie OZE - około 25-30% energii należałoby magazynować - a wodór na dzień dzisiejszy jest jedynym potencjalnym magazynem energii w takiej skali.
- Wodór jest "eleganckim" nośnikiem energii w gospodarce zamkniętej - produkcja w ogniwach paliwowych nie wytwarza żadnych produktów ubocznych, ponieważ produktem końcowym jest woda - wobec czego staje się idealnym pomysłem na energetykę, a zwłaszcza na ciepłownictwo.
- Wodór można stosować zarówno w energetyce, w przemyśle jak i w transporcie. Wykorzystanie wodoru prowadzi także do czystych zastosowań przemysłowych (m.in. przemysł stalowy i eliminacja koksu) oraz do czystego transportu (samochody, kolej, statki).
- Wodór w gazowych systemach przesyłowych i dystrybucyjnych. Już obecnie wykonywane są testy dodatkowego zasilania wodorem istniejących systemów gazowniczych. Daje to możliwość działania całej gospodarki energetycznej w obiegu zamkniętym na wodorze.

Biorąc powyższe pod uwagę technologie wodorowe rozwiązują potencjalnie następujące problemy:

- Wysoką emisyjność energetyki, przemysłu oraz transportu.
- Niski udział źródeł odnawialnych (OZE) oraz nisko i zeroemisyjnych źródeł energii w systemie elektroenergetycznym.
- Długookresowe magazynowanie energii z nadwyżek OZE.
- Efektywne wykorzystanie biomasy odpadowej i biodegradowalnych odpadów, gazów i ciepła poprocesowych
- Intensyfikację rozwoju rozproszonego użytkownika nieemisyjnych źródeł energii i transportu.

### Magazyny energii i mikrosieci energetyczne i ciepłne

Ponad 75% emisji gazów cieplarnianych w krajach Unii Europejskiej pochodzi z produkcji i wykorzystania energii w różnych sektorach gospodarki. Stan ten wskazuje na stworzenie sektora energetycznego bazującego w dużej mierze na źródłach odnawialnych, jednocześnie w szybkim tempie ograniczając wykorzystanie – a docelowo wycofując węgiel, jako nośnik energii. Osiągnięcie zamierzonego celu wymaga dokonania całkowitej przemiany tradycyjnej, korporacyjnej energetyki wielkoskalowej na energetykę rozproszoną, opartą w szczególności na wytwarzaniu energii elektrycznej i/lub ciepła w obiektach małej skali z wykorzystaniem źródeł odnawialnych (OZE). Perspektywa ta wymaga także osiągnięcia zdolności do bieżącego równoważenia popytu i podaży w zakresie konsumpcji energii, a także efektywnego bilansowania krajowego systemu energetycznego, w szczególności wobec gwałtownego przyrostu generacji OZE, charakteryzującej się dużą zmiennością produkcji energii.

## Energetyczne wykorzystanie odpadów i ciepła z gazów poprocesowych

Wyzwania cywilizacyjne podejmowane przez kraje Unii Europejskiej związane są przede wszystkim potrzebą znaczącego ograniczenia oddziaływania gospodarki na środowisko definiowane w postaci dwóch globalnych powiązanych ze sobą programów:

- neutralności klimatycznej (climate neutrality) oraz
- koniecznej do realizacji tego celu Gospodarki Obiegu Zamkniętego (Circular Economy).

Istotnym składnikiem pozwalającym ten cel osiągnąć jest między innymi energetyczne wykorzystanie strumieni substancji i ciepła, które dotychczas miały status odpadów poprocesowych lub komunalnych. W Polsce taki energetyczny potencjał mają przede wszystkim:

- palne gazy poprocesowe, w tym głównie:
  - metan kopalniany,
  - gaz wielkopiecowy,
  - gaz konwertorowy,
  - gaz koksowniczy;
- ciepło poprocesowe,
- odpady komunalne, przemysłowe oraz jednorodne palne odpady specjalne.

Efektywne wykorzystanie tego potencjału w kraju, ale w wielu przypadkach w skali międzynarodowej wymaga opracowania innowacyjnych, technologii, najczęściej przeznaczonych dla grupy odpadów o określonych własnościach. W rezultacie opracowania i wdrożenia nowych technologii zwiększy się przede wszystkim efektywność wykorzystania surowcowego w przemyśle i zmniejszenie zapotrzebowania na energię pierwotną.

## Geotermia

Wody termalne stanowią cenny surowiec wykorzystywany w wielu dziedzinach gospodarki krajowej, cieszący się rosnącym zainteresowaniem ze strony inwestorów. Dlatego też niezbędny jest rozwój i wdrożenia optymalnych metod i technologii w kluczowych obszarach związanych z poszukiwaniem, udostępnianiem, eksploatacją i wykorzystywaniem ciepła Ziemi. Zważywszy na wielkość potencjału geotermalnego naszego kraju uzasadnione jest poszukiwanie nowoczesnych metod produkcji nie tylko ciepła sieciowego, ale również prądu elektrycznego. Produkcja energii elektrycznej przy wykorzystaniu niskotemperaturowych zasobów geotermalnych jest technicznie możliwa dzięki zastosowaniu technologii binarnych jednak do tej pory nigdzie nie powstała instalacja, która komercyjnie produkuje ciepło sieciowe i prąd elektryczny.

Wykorzystanie potencjału geotermalnego niewątpliwie przyczynia się do powstania korzystnego efektu ekologicznego w postaci ograniczenia niskiej emisji (smogu). Jednak w skali globalnej zastąpienie konwencjonalnych paliw kopalnych energią geotermalną może spowodować zwiększenie emisji szkodliwych gazów do atmosfery. Zjawisko to związane jest z faktem, iż wydobycie wód termalnych ze złoża, a także ich ponowne zatłoczenie zazwyczaj wymaga użycia systemu pomp zasilanych prądem elektrycznym. Prąd elektryczny w warunkach naszego kraju produkowany jest z węgla kamiennego i brunatnego. A zatem zwiększone zapotrzebowanie na prąd elektryczny powoduje również zwiększenie emisji globalnej szkodliwych gazów. Wydaje się, zatem konieczne poszukiwanie rozwiązań hybrydowych zapewniających zasilanie w ekologicznie czysty prąd elektryczny dla ciepłowni geotermalnych.

## Analiza potencjału B&R

Kluczowym dla rozwoju sektora energii jest rozwój badań naukowych i innowacji, które winny przysłużyć się przemianom sektorowym, przy jednoczesnym zachowaniu konkurencyjności gospodarki. W działania należy angażować, oprócz ośrodków badawczych, także podmioty komercyjne.

Istotne jest aby wspólne inicjatywy projektów badawczych i wdrożeniowych przyniosły dodatni efekt synergii współpracy pozwalający na przyspieszenie rozwoju i wdrażania innowacyjnych technologii energetycznych. Mając na uwadze aktualny kształt sektora oraz kierunek jego zmian największe oczekiwania wiąże się z rozwojem efektywnych ekonomicznie niskoemisyjnych technologii wytwarzania energii, poprawy efektywności energetycznej, jak również magazynowania energii i digitalizacji systemu elektroenergetycznego. Bardzo pożądane są rozwiązania pozwalające na rozwój mocy opartych o odnawialne źródła energii w sposób nie zagrażający bezpieczeństwu pracy Krajowego Systemu Energetycznego. Wszystkie te obszary zostały objęte Programem „Nowe technologie w zakresie energii”, a ich szerszy aspekt wraz z przywołaniem dokumentów został przedstawiony w Załącznik nr 2 Diagnoza problematyki ujętej w Programie wraz z propozycją rozwiązań. Istnieją też koncepcje rozwiązania problemu emisyjności energetyki przez rozproszoną energetykę atomową. Rozwiązania te nie zostały ujęte w Programie.

## Analiza zgodności z dokumentami strategicznymi, komplementarność i synergia, korzyści społeczne

Program „Nowe technologie w zakresie energii” z założenia jest zgodny ze strategicznymi celami polskiej polityki energetycznej i klimatycznej. Według projektu Polityki Energetycznej Polski do 2040 r. i przesłanego przez polski rząd do KE „Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030” oraz zgodnie z zapowiedziami Ministra Klimatu dotyczącymi uwzględnienia kierunków wyznaczonych przez politykę Komisji Europejskiej wyrażonych w dokumencie politycznym „Zielony Ład- 2020” konieczne jest ustanowienie nowego programu badawczo-rozwojowego, który pozwoli zrealizować krajowej gospodarce następujące cele strategiczne w perspektywie roku 2040:

- maksymalizacja efektywności energetycznej;
- zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE);
- zwiększenie produkcji czystych paliw dla energetyki i transportu;
- zwiększenie konkurencyjności przemysłu i gospodarki poprzez redukcję emisji gazów cieplarnianych;
- rozwój odpowiedniej inteligentnej infrastruktury sieciowej w szczególności w połączeniu z lokalnymi źródłami energii;
- pełne wykorzystanie zalet biogospodarki i stworzenie efektywnych technologii wykorzystania surowców biodegradowalnych;
- istotne zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub>.

Tematyka badawcza przedstawiona w programie „Nowe technologie w zakresie energii” wpisuje się w określone cele strategiczne oraz następujące dokumenty strategiczne:

- Porozumienie Paryskie Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (4 listopada 2016) – zobowiązanie się Stron do działań na rzecz obniżenia przewidywanego wzrostu temperatury otoczenia poniżej 2°C ponad temperaturę z okresu przed-industrialnego; efektem jest dążenie do neutralności klimatycznej w roku 2050, tj. uzyskania zerowej emisji CO<sub>2</sub> netto poprzez



kompensację emisji CO<sub>2</sub> metodami sekwestracyjnymi lub zupełne wyeliminowanie emisji CO<sub>2</sub>, co oznaczałoby dekarbonizację gospodarki,

- Polityka klimatyczno-energetyczna do roku 2030 (październik 2014 r.). Jednym z celów polityki jest ograniczenie o co najmniej 40% emisji gazów cieplarnianych (w stosunku do poziomu z 1990 r.). Cele polityki mają służyć wypełnieniu zobowiązań Unii Europejskiej wobec Porozumienia paryskiego,
- Czysta planeta dla wszystkich. Europejska długoterminowa wizja strategiczna dobrze prosperującej, nowoczesnej, konkurencyjnej i neutralnej dla klimatu gospodarki. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego, Komitetu Regionów i Europejskiego Banku Inwestycyjnego (Bruksela, dnia 28.11.2018 r. COM(2018) 773 final); dokument bezpośrednio wskazuje potrzebę wprowadzenia na dużą skalę wydajnych technologii magazynowania energii,
- Energy Storage for a Decarbonised Europe by 2050 (Bruksela, listopad 2019). Najnowszy dokument Europejskiego Stowarzyszenia na rzecz Magazynowania Energii kształtujący pogląd na temat roli systemów magazynowania energii w dobie dekarbonizacji gospodarek europejskich,
- Czysta energia dla wszystkich Europejczyków. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej z dnia 5 czerwca 2019 r. ustanawiające Agencję Unii Europejskiej ds. Współpracy Organów Regulacji Energetyki. Określa politykę UE związaną ze wspieraniem regionów węglowych w transformacji (Coal regions in transitions),
- Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030. Założenia i cele oraz polityki działania (MAP, grudzień 2019). Dokument zwraca uwagę na istotny wpływ OZE na rozwój instalacji magazynowania energii w Polsce,
- Krajowe inteligentne Specjalizacje; KIS 4: Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii,
- Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku. Projektowany dokument zakłada m.in. podjęcie działań na rzecz ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>, które miałyby doprowadzić do znacznego zmniejszenia wielkości emisji na jednostkę produkowanej energii,
- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne z póź. zm.; Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych,
- Strategiczność tematyki wpisuje się w opublikowany przez Ministerstwo Energii w maju 2017 r. dokument nt. innowacji w sektorze energii pt. **Kierunki Rozwoju Innowacji Energetycznych**. Dokument ten w sposób kompleksowy opisuje optymalny model rozwoju innowacji energetycznych w Polsce – zarówno od strony technologii, procesów, źródeł i modeli finansowania, jak i implementacji nowych rozwiązań.
- Europejski Zielony Ład (grudzień 2019 r.) Komunikat Komisji Europejskiej do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i komitetów Regionów w zakresie wykorzystania ciepła i gazów poprocesowych jest to przede wszystkim Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2002 z dnia 11 grudnia 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej (Recast EED 2012/27/EU).
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (RED II), która musi zostać wdrożona przez wszystkie państwa członkowskie Unii Europejskiej do 30 czerwca 2021 r. Stawia ona za główny cel zmniejszenie do 2030 r. emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 40 % w stosunku do poziomów

z roku 1990 oraz osiągnięcie 32 % udziału energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii. Założenia RED II priorytetowo traktują rozwój biopaliw zaawansowanych zakładając zwiększenie udziału tych paliw z 0,5 % w 2020 r. do 3,5 % w 2030r.

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/851 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2008/98/WE w sprawie odpadów. Szczegółowe odniesienie do celów strategicznych znajduje się w Załącznik nr 1 Geneza problemu i strategia innowacyjnego rozwoju technologii energetycznych.

### **Komplementarność i synergia**

Program "Nowe technologie w zakresie energii" kontynuuje strategiczne oraz sektorowe wspieranie i finansowanie przez NCBR prac badawczo-rozwojowych w obszarze energetyki ze względu także na swoją kompleksowość podejścia do tematyki energetyki OZE, technologii wytwarzania i wykorzystania wodoru, energetycznego wykorzystywania ciepła opadowego oraz odpadów bio frakcji odpadów komunalnych wraz z odpadami specjalnymi, czy wreszcie metod masowego magazynowania energii. Program wychodzi naprzeciw realnemu zapotrzebowaniu sektora energetyki i uzupełnia wraz z dotychczasową ofertą NCBR-u w tym obszarze. W latach 2010-2015 w ramach tematyki zbliżonej do tej ze strategicznego programu "Zaawansowane technologie pozyskiwania energii" realizowane były prace badawcze ukierunkowane na opracowanie rozwiązań technologicznych, które przyczynią się do zmniejszenia negatywnego wpływu sektora energetyki na środowisko. Cztery zadania badawcze, również z obszaru energetyki odnawialnej, finansowano w ramach budżetu w wysokości 300 mln. PLN Z kolei w latach 2010-2013 strategiczny projekt "Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków" (z budżetem w wysokości prawie 27 mln. PLN) pozwolił na realizację siedmiu zadań badawczych, w tym projektów zwiększających wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym kraju. W 2017r. wsparcie z działania 1.2 POIR zostało skierowane do sektora elektroenergetycznego w ramach programu PBSE, a jego głównym celem był wzrost innowacyjności tego sektora. Tym razem środki (150 mln PLN) na prowadzenie prac B+R i prac przedwdrożeniowych zarówno w obszarze energetyki konwencjonalnej, odnawialnej, prosumenckiej jak i wsparcia rozwoju sieci elektroenergetycznych zostały skierowane wyłącznie do przedsiębiorców. Aktualnie w ramach konkursu Szybkiej Ścieżki (POIR 1.1.1.) „OZE w transporcie” finansowane są badania nad technologiami wytwarzania biopaliw z odpadów biodegradowalnych lub surowców do wytwarzania biopaliw wyłącznie z przeznaczeniem do celów transportowych. Konkurs z budżetem w wysokości 200 mln nie koliduje z agendą badawczą programu „Nowe technologie w zakresie energii”, stanowi jej uzupełnienie.

Program "Nowe technologie w zakresie energii" koncentrując się wyłącznie na energetyce odnawialnej stanowi jednocześnie kooperację czynników (strategiczny poziom dofinansowania i skala wdrożenia, kompleksowość grupy odbiorców - jednostki naukowe, przedsiębiorstwa, jednostki administracyjne I inne podmioty publiczne) dotychczasowych programów wsparcia. Tym samym daje szansę na osiągnięcie efektów synergii. Również w kontekście aktualnie wspieranych przez NCBR ze środków POIR (4.1.3) projektów w formule problem-driven research, czyli ukierunkowanych na rozwiązanie z góry określonego problemu technologicznego w obszarze energetyki. Projekty te realizowane są w formule partnerstwa innowacyjnego lub zamówień przedkomercyjnych (PCP) i ich podstawowym celem jest opracowanie innowacyjnego produktu na drodze prac badawczo-

rozwojowych. Do tej pory uruchomiono cztery takich projektów: Bloki 200+ (190 mln. PLN) , e-Van (53 mln. PLN) uniwersalny pojazd dostawczy o napędzie elektrycznym kat. N1, Inno PKP oraz Magazynowanie wodoru (32 mln. PLN). Pierwszy i ostatni z wskazanych projektów tematycznie wpisuje się w działania planowane w ramach ewaluowanego programu strategicznego. Co istotne planowany w ramach programu "Nowe technologie w zakresie energii" trójfazowy model finansowania i realizacji projektów koresponduje z trzyetapowym (opracowanie koncepcji, prace B+R w skali laboratoryjnej, sprawdzanie prototypu w rzeczywistym środowisku testowym) modelem prowadzenia prac badawczo-rozwojowych w projektach ukierunkowanych na konkretne rozwiązania. Tym sposobem Program o charakterze strategicznym może znacząco zwiększyć skalę praktycznych rozwiązań uzyskanych w obszarze energetyki, które sumarycznie odpowiedzą na wyzwania krajowego systemu energetycznego. Co więcej, osiągnięcie strategicznych celów Programu ma szansę być wzmocnione poprzez efekt synergii z innymi programami strategicznymi Centrum - Gospostrateg, Biostrateg i Techmatstrateg.

Z pierwszym, który jest skoncentrowany na wdrażaniu polityk, strategii, dokumentów operacyjnych i konkretnych rozwiązań, w tym rozwiązań w zakresie energetyki oraz technologii wodorowej. Z drugim, który jest ukierunkowany na badania zmierzające do przeciwdziałania i adaptacji do zmian klimatu, ze szczególnym uwzględnieniem racjonalnego gospodarowania zasobami naturalnymi. I z trzecim, który dostarcza sektorowi energetycznemu rozwiązań z zakresu inżynierii materiałowej. program Techmatstrateg, skupia się na rozwoju nowoczesnych technologii materiałowych do przetwarzania, magazynowania i przesyłu energii, w tym materiałów dedykowanych do ogniw fotowoltaicznych, materiałów elektrolitycznych i elektrodowych dla energetyki wodorowej oraz materiałów zmiennofazowych (PCM) do magazynowania energii i ciepła odpadowego. Nowoczesne materiały stanowią obecnie podstawę innowacyjnych technologii, zapewniając odpowiednią wydajność i żywotność powstałych na ich bazie instalacji. Poruszane w ramach obu programów zagadnienia badawcze są zatem w stosunku do siebie komplementarne a powstałe nowoczesne technologie materiałowe mogą stanowić bazę rozwiązań opracowywanych w ramach programu Nowe technologie w zakresie energii.

#### **Korzyści społeczne**

W wyniku wdrożenia efektów i promocji Programu wśród najważniejszych potencjalnych korzyści dla społeczeństwa można wskazać: poprawę stanu środowiska naturalnego, znaczną redukcję kosztów za energię elektryczną, poprawę zdrowia i jakości życia, oszczędność środków prywatnych i publicznych, które będą mogły być przeznaczone na inne cele, zmianę postaw społecznych i zwiększenie świadomości społeczeństwa odnośnie ochrony środowiska.

### **3. Cel główny i cele cząstkowe Programu**

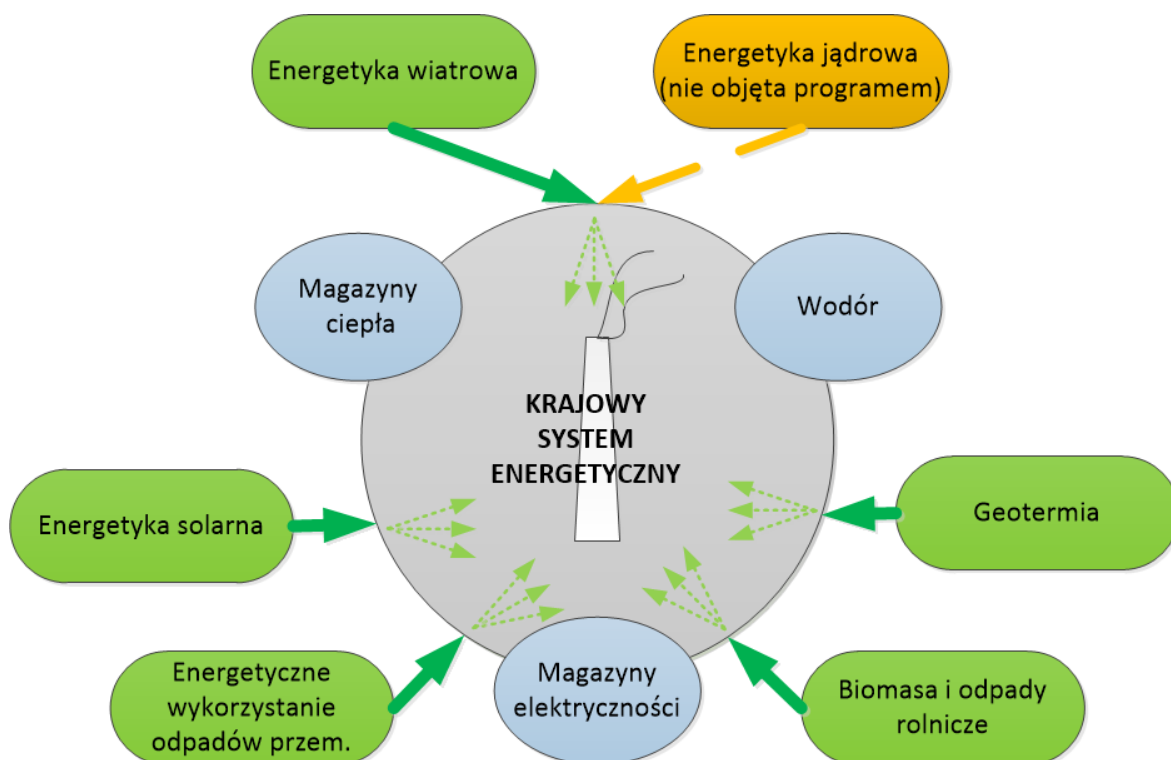
Z przeprowadzonych w poprzednich rozdziałach analiz związanych z sytuacją w obszarze nauki i gospodarki jak i analiz dokumentów strategicznych wynika potrzeba wsparcia w obszarze energii umożliwiając podążanie polskich firm i ośrodków badawczych za trendami i budowanie przewag konkurencyjnych w obszarach już

rozwijanych. Cele te, w prezentowanym Programie, zostaną osiągnięte poprzez realizację zadań badawczo-rozwojowych o dużym potencjale innowacyjnym i stopniu zaawansowania technologii (TRL 8-9) w 6 obszarach technologicznych. Prowadzi to do sformułowania celu głównego Programu.

Celem głównym Programu jest wsparcie osiągnięcia neutralności klimatycznej Polski, poprzez wdrożenie rozwiązań podnoszących bezpieczeństwo energetyczne kraju i zwiększających konkurencyjność polskiej gospodarki. W efekcie, bazując na technologiach wytworzonych w ramach Programu, nastąpić powinno zwiększenie o 20-50% (w stosunku do poziomu z roku 2020) udziału energii pochodzącej z OZE w ogólnym miksie energetycznym kraju.

Tak sformułowany cel główny Programu jest powiązany z istniejącym problemem głównym jakim jest brak neutralności klimatycznej Polski związanej między innymi z niskim udziałem OZE w ogólnym systemie energetycznym kraju.

Cel ten integruje wszystkie obszary i tematy badawcze programu zgodnie z poglądowym schematem przedstawionym poniżej.



Rysunek 1 Poglądowy schemat technologicznej transformacji energetycznej kraju i związku z Programem

Pola zielone – technologie dotyczące efektywnego przekształcania energii pierwotnej w elektryczność/ciepło/chłód objęte tematyką Programu. Pola niebieskie – technologie magazynowania energii objęte tematyką Programu.

#### **Cele cząstkowe Programu:**

**C1:** wzrost potencjału przemysłu energetyki odnawialnej (w tym prosumenckiej)

W szczególności cel ten dotyczy:

- zwiększenia udziału polskich firm w dostawach urządzeń i elementów instalacji fotowoltaicznych na rynek krajowy oraz zwiększanie potencjału polskich dostaw w niszach ważnych dla Polski i tworzenie w tych obszarach polskich specjalności eksportowych
- wzrostu możliwości wykorzystania potencjału technologii energetyki wiatrowej w warunkach polskich;
- wzrostu potencjału firm przemysłowych (przemysł okrętowy) i budowlanych umożliwiającą szerokie włączenie się w łańcuch dostaw na tworzonej rynku krajowym, inwestycji w morskie farmy wiatrowe (MFW), a także w określonych atrakcyjnych niszach na szybko rozwijającym się rynku europejskim i perspektywnym rynku azjatyckim;
- wzrostu wykorzystania ciepła Ziemi w ciepłownictwie i produkcji energii.

**C2:** rozwój inteligentnej infrastruktury sieciowej (energetycznej)

W szczególności cel ten dotyczy:

- wzrostu bezpieczeństwa energetycznego kraju poprzez zwiększenie zdolności regulacyjnych systemu energetycznego poprzez rozwój infrastruktury scentralizowanych i/lub rozproszonych systemów magazynowania energii;
- wzrostu wykorzystania nadwyżek energii odnawialnej wytwarzanych w farmach wiatrowych i fotowoltaicznych do produkcji wodoru i jego pochodnych poprzez elektrolizę;
- wzrostu synergii wytwarzania energii przez źródła rozproszone z jej magazynowaniem – oddziaływanie na kształt krzywej dobowej zapotrzebowania na energię, oddziaływanie na proces lokalnego i ogólnego bilansowania systemu, oddziaływanie na proces rozwoju sieci elektroenergetycznych i in.;
- poprawy lokalnego bezpieczeństwa energetycznego, utrzymania parametrów jakościowych energii na wymaganym poziomie;
- poprawy elastyczności i stabilności pracy lokalnego systemu energetycznego, z wykorzystaniem lokalnego potencjału przemysłu rolnictwa i prosumentów.

**C3:** obniżenie emisyjności energetyki poprzez zwiększenie wykorzystania surowców biodegradowalnych oraz produktów odpadowych..

W szczególności cel ten dotyczy:

- wzrostu wykorzystania zeroemisyjnych technologii wytwarzania energii opartych na wykorzystaniu krajowych odnawialnych zasobów energii;
- opracowania technologii i instalacji w skali minimum demonstracyjnej, które pozwoliłyby znacząco poprawić efektywność wykorzystania przemysłowych gazów poprocesowych;
- dostarczenia nieemisyjnego surowca lub paliwa dla dużych odbiorców (przemysł, energetyka rozproszona, transport, gospodarka komunalna);
- wzrostu energetycznego zagospodarowania odpadowej biomasy i odpadów dla produkcji gazów syntezowych i wodoru;
- wzrostu energetycznego wykorzystania strumieni substancji i ciepła, które dotychczas miały status odpadów poprocesowych lub komunalnych.

## 4. Zakres tematyczny Programu

Realizacja podstawowego celu głównego i celów szczegółowych Programu będzie możliwa dzięki skoncentrowaniu prac badawczych w niżej wymienionych obszarach technologicznych.

- T1. Energetyka solarna;
- T2. Energetyka wiatrowa na lądzie i na morzu;
- T3. Technologie wytwarzania i wykorzystania wodoru;
- T4. Magazyny energii i mikrosieci energetyczne i ciepłne;
- T5. Energetyczne wykorzystanie odpadów i ciepła z gazów poprocesowych.
- T6. Energetyczne wykorzystanie ciepła geotermalnego (geotermia)

Tematy zostały wyselekcjonowane ze względu na duży potencjał w transformacji polskiej energetyki. Podane przy tematach budżety są orientacyjne. Ostateczne budżety zostaną określone przez Komitet Sterujący. Istnieje możliwość przesuwania kwot dofinansowania pomiędzy obszarami i projektami. Warunkiem tych zmian jest dostępność środków wynikająca z poziomu udzielonego dofinansowania. Dokładny schemat finansowania projektów został przedstawiony w Tabeli 1 Konstrukcja Programu. Zaproponowane tematy badawcze spełniają następujące wymagania:

- przedstawione Studium Wykonalności wskazuje na potencjał ekonomiczny rozwiązania ;
- realizacja tematów powinna prowadzić do stworzenia innowacyjnego rozwiązania
- w tematach ma dominować aspekt stworzenia instalacji demonstracyjnej (TRL8/9)
- dla zaproponowanych tematów powinien istnieć jasno określony, ilościowy sposób porównywania między sobą różnych rozwiązań.

Wypracowane w wyniku realizacji tematów rozwiązania będą konkurencyjne komercyjnie co najmniej skali europejskiej.

### T1. Energetyka solarna

#### T1.1. System fotowoltaiczny zintegrowany z uprawą roślin w strefach suszy glebowej i atmosferycznej

**Prototyp:** fotowoltaiczna instalacja eksperymentalna w strefie rolniczej suszy glebowej z systemem nawadniania na areale 2 ha (bliźniaczy areal bez instalacji fotowoltaicznej celem eksperymentalnych badań rozwojowych agrotechnicznych),

- *Okres badań przemysłowych:* 2 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty:* zmniejszenie zapotrzebowania na wodę do nawadniania, zmniejszenie ryzyka stresu termicznego dla roślin, zwiększenie plonów na glebach o najniższej klasie bonitacyjnej, zweryfikowanie możliwości zwiększenia sprawności paneli PV w efekcie obniżenia temperatury spodu modułów, bardziej efektywne ekonomicznie zużycie zasobów naturalnych.

**Demonstracja:** system fotowoltaiczny zintegrowany z uprawą roślin ze zoptymalizowanym doбором modułów i konstrukcji nośnych na powierzchni 10 ha ziemi uprawnej.

- *Okres badań rozwojowych:* 1 rok

- *Efekt demonstracji*: instalacja pilotażowa w pełnej skali gotowa do monitoringu (okres trwałości projektu 3 lata) i komercjalizacji (replikacji) w strefach suszy glebowej i atmosferycznej i dostosowaniu do różnych upraw.

T1.2. Nowatorskie zastosowania ogniw fotowoltaicznych w budownictwie, rolnictwie, transporcie lub innych dziedzinach.

Przykładowe zastosowanie:

- instalacja oparta na modułach dwustronnych o nowej architekturze optymalizująca zyski energetyczne z promieniowania odbitego

**Prototyp**: fotowoltaiczna instalacja eksperymentalna o skali co najmniej 100 kW.

- *Okres badań przemysłowych*: 2 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty*: wykazanie możliwości praktycznego wykorzystania ogniw lub modułów fotowoltaicznych w nowym zastosowaniu lub nowej konfiguracji dających przewagę konkurencyjną nad dotychczasowymi rozwiązaniami, w tym dostosowania zarówno urządzeń fotowoltaicznych jak i systemów fotowoltaicznego do zapotrzebowania na rynku, pozwalająca na rozwiązanie konkretnych problemów w budownictwie, rolnictwie, transporcie lub innych dziedzinach.

**Demonstracja**: nowatorska instalacja fotowoltaiczna o skali co najmniej 1 MW.

- *Okres badań rozwojowych*: 1 rok
- *Efekt demonstracji*: instalacja pilotażowa w pełnej skali gotowa do monitoringu (okres trwałości projektu 3 lata) i komercjalizacji (replikacji).

T1.3. Urządzenia fotowoltaiczne nowej generacji

**Prototyp**: Eksperymentalna laboratoryjna linia produkcyjna ogniw nowej generacji lub urządzeń o sprawnościach oraz parametrach technicznych i ekonomicznych przewyższających urządzenia dostępne na rynku stosowanych w sektorach elektromobilności (transport drogowy, szynowy, wodny), budynków (BIPV, BAPV) lub innych.

- *Okres badań przemysłowych*: 2 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty*: linia produkcyjna w skali laboratoryjnej zdolna do wytworzenia: a) ogniw, których parametry, pozwalają konkurować na rynku i potwierdzone zostały międzynarodowymi certyfikatami takimi standardy IEC lub b) urządzeń, których koszt produkcji w małej skali potwierdza zasadność zastosowania nowych rozwiązań w dużej skali.

**Demonstracja**: Fabryka modułów (lub urządzeń fotowoltaicznych) o wydajności minimum 50 MW/rok, posiadających przewagę konkurencyjną uzyskaną na podstawie wyższej sprawności (ogniwa tandemowe/hybrydowe/cienkowarstwowe) lub parametrów technicznych (pokrycia dachów samochodów elektrycznych, dachówki solarne lub podobne rozwiązania)

- *Okres badań rozwojowych*: 2 lata
- *Efekt demonstracji*: fabryka urządzeń lub modułów fotowoltaicznych o mocy 50 MW.

T2.1. Energetyka wiatrowa na lądzie

T2.1.1 Inteligentna farma wiatrowa

**Prototyp**: Model cyfrowy farmy wiatrowej zweryfikowany danymi z co najmniej 50 funkcjonujących w Polsce farm wiatrowych (w tym minimum 5 z wykonanym monitoringiem po realizacyjnym), umożliwiające

modelowanie efektów pracy elektrowni w odpowiednich skalach czasowych i przestrzennych, oddziaływanie farmy na środowisko (w tym zdrowie ludzi, awifaunę itp.), sieć energetyczną i rynek energii oraz jednocześnie obniżanie kosztów wytwarzania energii elektrycznej i kosztów energii w systemie energetycznym.

- *Okres badań przemysłowych:* 2 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty:* udostępnienie wszystkim interesariuszom (bez ograniczeń) systemu informatycznego adresowanego do inwestorów, samorządów i dostawców dla potrzeb:
  - lokalizacji turbin wiatrowych obejmującego m.in. klasy glebowe, pokrycie planami zagospodarowania przestrzennego, infrastrukturę techniczną, strefy hałasu wokół lokalizacji farm wiatrowych (z uwzględnieniem infradźwięków, wibracji oraz hałasu słyszalnego), ograniczenia związane z obszarową ochroną przyrody
  - prognozowania wydajności farm wiatrowych i energetyki wiatrowej w krajowym systemie energetycznym oraz prognozowania cen energii w celu optymalnego kontraktowania energii (PPA) oraz lokalnego bilansowania i ograniczania negatywnych efektów pracy farm wiatrowych na system energetyczny
  - integracji farm wiatrowych z sektorem ciepłowniczym w formule zielonego elektroogrzewnictwa (P2H) opartego na wykorzystaniu niezbilansowanej energii z farm wiatrowych w formule „sectors coupling” z możliwością magazynowania energii w systemach ciepłowniczych (magazynowanie dobowo-tygodniowe)
  - zmniejszenie bezpośredniego oddziaływania farm wiatrowych z systemem energetycznym poprzez wykorzystanie możliwości wytwarzania i magazynowania wodoru (power-to-x)
  - odwzorowania w czasie rzeczywistym pracy pojedynczej turbiny wiatrowej i jej wirnika w modelu *digital twin*.

**Demonstracja:** wyposażenie farmy wiatrowej w rozwiązania z najnowszymi dostępnymi dla danej lokalizacji turbinami wiatrowymi z wykorzystaniem efektów innowacji i optymalizacji wprowadzonych na etapie projektowania modelu cyfrowego (prototyp) inwestycji realizowanej w formule „repowering” (w miejscu starej budowanej w latach 2005-2010) o mocy minimum 20 MW.

- *Okres badań rozwojowych:* 3 lata
- *Efekt demonstracji:* inteligentna farma wiatrowa zoptymalizowana w całym cyklu życia (od fazy projektu do utylizacji), składająca się z nowoczesnych turbin wiatrowych, o zmniejszonej uciążliwości hałasowej dla okolicznych mieszkańców, niższych kosztach wytwarzania energii (LCOE) o 60%, zdolna do zagospodarowania 100% niezbilansowanej mocy elektrycznej w formule Power-to-X (power-to heat lub *power to hydrogen*).

#### T2.1.2. Rozwój technologii utylizacji lub recyklingu komponentów elektrowni wiatrowych

**Prototyp:** Eksperymentalna laboratoryjna linia do rozdrabniania i separacji fragmentów i składników łopat wirników i innych komponentów elektrowni wiatrowych wykonanych z polimerów wzmocnionych włóknem szklanym (GFRP) i włóknem węglowym (CFRP) wraz z oceną możliwości wykorzystania produktu w przemyśle (np. cementowym i w budownictwie) lub recyklingu.

- *Okres badań przemysłowych:* 2 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty:* linia do przetwarzania w skali laboratoryjnej elementów zużytych wirników, zdolna do badań możliwości nowego wykorzystania lub recyklingu starych łopat wirników (technologie



z początku lat 2000 bazujące na GFRP) i łopat wykonywanych z nowych materiałów (lżejszych, trwalszych i w większym zakresie pozyskanych lokalnie).

**Demonstracja:** Linia pilotażowa do przetwarzania zużytych łopat do wirników elektrowni wiatrowych o wydajności minimum 1200 kg/h

- *Okres badań rozwojowych:* 2 lata
- *Efekt demonstracji:* pełnoskalowa linia do przetwarzania zużytych łopat do wirników elektrowni wiatrowych i separacji włókien (szkła) i polimerów zapewniająca możliwość recydingu w kraju 100% demontowanych wirników.

## T2.2 Morska energetyka wiatrowa

### T2.2.1. Pierwsza pływająca turbina wiatrowa na Bałtyku

**Prototyp:** Model struktury wsporczej dla pływającej morskiej elektrowni wiatrowej (*floating offshore*) dostosowanej do warunków Bałtyku

- *Okres badań przemysłowych:* 3 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty:* model konstrukcji wsporczej dla pływającej morskiej elektrowni wiatrowej (*floating offshore*) dostosowanej do warunków Bałtyku wraz z programami do projektowania i optymalizacji konstrukcji i wytycznymi do budowy pierwszej demonstracji, w tym nowych komponentów pływającej morskiej elektrowni wiatrowej takich jak rozwiązania z zakresu okablowania i przyłączenia do sieci (np. podmorskie GPZ osadzone na dnie), wytyczne do budowy systemu sieci bałtyckich.

**Demonstracja:** Budowa pierwszej pływającej turbiny wiatrowej na Bałtyku na oryginalnej strukturze wsporczej zdolnej do zainstalowania morskiej turbiny wiatrowej o mocy +10 MW i prowadzącej do redukcji LCOE technologii pływających do poniżej 110 EUR/MWh; produkcja morskich turbin wiatrowych pływających wraz z wdrożonymi innowacjami procesowymi np. w zakresie wytwarzania i instalacji struktur wsporczych oraz instalacji turbiny bez udziału ciężkich dźwigów; innowacje z zakresu eksploatacji i serwisowania morskich turbin wiatrowych (O&M)

- *Okres badań rozwojowych:* 3 lata
- *Efekt demonstracji:* pierwsza pływająca turbina wiatrowa na Bałtyku.

## T3. Technologie wytwarzania i wykorzystania wodoru

T3.1. Zintegrowane systemy procesu elektrolizy wody przeznaczone do produkcji wodoru wykorzystujące energię ze źródeł odnawialnych (biomasa, wiatr lub fotowoltaika) wraz z magazynowaniem wodoru lub wprowadzaniem do gazu ziemnego.

**Prototyp:** energia ze źródeł OZE - elektroliza – magazyn wodoru - ogniwo paliwowe dla zastosowań w budynkach indywidualnych, komunalnych i biurowych.

- *Okres badań przemysłowych:* 2 lata
- *Skala źródła energii:* 3-5 kW
- *Efekt:* opracowanie autonomicznych systemów wytwarzających energię elektryczną na bazie wodoru wykorzystując rozproszone układy OZE np. PV, wiatr, biomasa.

**Demonstracja:** zintegrowany układ źródło OZE - elektroliza – magazyn wodoru dla zastosowań przemysłowych i energetycznych.

- *Okres badań rozwojowych:* 3 lata
- *Skala układu elektrolizy:* co najmniej 5 MWe
- *Efekt demonstracji:* instalacja demonstrująca zintegrowany układ produkcji wodoru w konfiguracji ze zmiennym wydajnościowo źródłem OZE w skali dużych źródeł energii OZE.

T3.2. Zgazowanie biomasy leśnej/rolniczej względnie biodegradowalnych odpadów w celu wytworzenia gazu syntezowego możliwego do produkcji wodoru względnie jego pochodnych (metan, metanol amoniak itp.)

Preferowane rozwiązania z wykorzystaniem tlenu z elektrolizy wody.

**Prototyp:** prototypowy układ zgazowania wraz z układem przygotowania gazu syntezowego.

- *Okres badań przemysłowych:* 2 lata
- *Skala zgazowania:* 100-300kg/h biomasy
- *Efekt:* opracowanie rozwiązań procesowych dla układu zgazowania biomasy i produkcji gazu syntezowego.

**Demonstracja:** pełnoskalowy układ zgazowania

- *Okres badań rozwojowych:* 3 lata
- *Skala układu:* co najmniej 20 – 50 tys. ton/rok biomasy
- *Efekt demonstracji:* instalacja demonstrująca zintegrowany układ produkcji wodoru (lub pochodnych) poprzez zgazowanie korzystnie w konfiguracji z wykorzystaniem tlenu z układu elektrolizy.

T3.3. Wysokotemperaturowa piroliza metanu i technologie termochemicznego rozkładu wody w celu wytworzenia wodoru

Preferowany zakres temperatur do 700°C.

- *Okres badań przemysłowych:* 2 lata
- *Skala docelowa:* TRL 6/7
- *Skala:* co najmniej 100 m<sup>3</sup>/h przerobu metanu (gazu ziemnego) lub 100kW w ciepłe dostarczonym do rozkładu wody.

T3.4. Konwersja instalacji energetycznych wykorzystujących paliwa konwencjonalne na paliwo wodoronośne (wodór, metanol, amoniak itd.).

**Prototyp:** prototypowy układ produkcji energii elektrycznej i ciepła wykorzystujący wodór lub jego pochodne.

- *Okres badań przemysłowych:* 2 lata
- *Skala:* kilka kWe
- *Efekt:* opracowanie rozwiązań procesowych dla układu konwersji paliwowej na wodór lub jego pochodne.

**Demonstracja:** pełnoskalowy układ umożliwiający zamianę dotychczas stosowanych paliw węglowodorowych na wodór (lub jego pochodne).

- *Okres badań rozwojowych:* 3 lata
- *Skala układu:* co najmniej 2 MWe
- *Efekt demonstracji:* instalacja demonstrująca zintegrowany układ produkcji energii elektrycznej i/względnie ciepła z wykorzystaniem wodoru lub jego pochodnych.

## T4. Magazyny energii i mikrosieci energetyczne i ciepłne

### T4.1. Budowa lokalnych magazynów energii w różnych technologiach, zintegrowanych z OZE

**Prototyp:** modele różnych technologicznie rozwiązań magazynów energii do zastosowania lokalnego przez prosumentów indywidualnych/prosumentów zbiorowych

- *Okres badań przemysłowych:* 2 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty:* poprawa ciągłości zasilania, poprawa efektywności zarządzania energią, ustabilizowanie pracy lokalnych OZE

**Demonstracja:** Wysokowydajne magazyny nadwyżek produkowanej energii w systemach prosumenckich i w systemach ciepłowniczych (akumulacja ciepła) oraz w systemach farm fotowoltaicznych/wiatrowych (w tym: produkcja i magazynowanie wodoru)

- *Okres badań rozwojowych:* 1 rok
  - *Efekt demonstracji:* pełnoskalowa instalacja demonstracyjna magazynu/magazynów energii umożliwiająca bilansowanie pracy lokalnych źródeł OZE w okresie co najmniej 48 godzin.

### T4.2. Budowa energetycznie zintegrowanej mikrosieci (obszarowa integracja źródeł generacji energii elektrycznej, ciepła i chłodu, z uwzględnieniem różnych technologii magazynowania energii i jej obszarowego bilansowania)

**Prototyp:** Moduł lokalnej mikrosieci integrujący różne technologicznie źródła wytwarzania energii elektrycznej, ciepła i chłodu oraz magazynowania energii, realizujący m.in. funkcje zakupu/sprzedaży energii w ujęciu prosumenta indywidualnego i/lub zbiorowego

- *Okres badań przemysłowych:* 2 lata
- *Koszt dofinansowania:* (moduł lokalnej mikrosieci integrującej źródła energii o mocy do 3 MW)
- *Cele i oczekiwane rezultaty:* moduł lokalnej mikrosieci umożliwiający generację energii wraz z jej magazynowaniem i efektywnym bilansowaniem w ściśle określonym obszarze działania.

**Demonstracja:** obszarowo wydzielona sieć energetyczna z przyłączonymi urządzeniami rozproszonej generacji i magazynów energii, z funkcją integracji bilansowej obszaru

- *Okres badań rozwojowych:* 1 rok
- *Efekt demonstracji:* jedna instalacja demonstracyjna w pełnej skali gotowe do monitoringu i komercjalizacji.

## T5. Energetyczne wykorzystanie odpadów i ciepła z gazów poprocesowych

### T.5.1. W pełni regulacyjna instalacja ko- lub trigeneracyjna zasilana gazem odpadowym (metan kopalniany, gaz koksowniczy lub gaz wielkopieczowy, inne gazy palne przemysłowe) przystosowana do ciągłej, stabilnej pracy

**Prototyp:** zintegrowana instalacja wykorzystująca gazy przemysłowe będące ubocznym produktem procesów technologicznych dla potrzeb produkcji energii elektrycznej.

- *Okres badań przemysłowych:* 2 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty:* efektywne zarządzanie energią odpadową i uniknięcie nieefektywnej emisji CO<sub>2</sub>. Skala co najmniej 1 MW w paliwie.

**Demonstracja:** Demonstracja układu w pełnym skojarzeniu.

- *Okres badań rozwojowych:* 3 lata

- *Efekt demonstracji*: instalacja w skali co najmniej 2 MWe skojarzona z wytwarzaniem ciepła użytkowego lub (co korzystniejsze) ciepła i chłodu.

T.5.2. Instalacja przetwarzająca palne odpady stałe (odpady pochodzenia komunalnego, spożywcze, drewno z przecinek wycinek ogrodowych i sadowniczych, odpady leśne) na paliwo wraz z instalacją do jego wykorzystania

**Prototyp**: Instalacja odzysku energii w celu produkcji ciepła lub w kogeneracji ciepła i energii elektrycznej zapewniająca spełnienie standardów emisyjnych.

- *Okres badań przemysłowych*: 2 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty*: efektywne wykorzystanie stałych paliw odpadowych 300-500kW w paliwie.

**Demonstracja**: Demonstracja układu w konfiguracji docelowej

- *Okres badań rozwojowych*: 3 lata
- *Efekt demonstracji*: Instalacja w skali co najmniej 10tys. ton paliwa rocznie.

T.5.3. Opracowanie instalacji przewoźnego magazynu ciepła pozwalającego na wykorzystanie ciepła odpadowego do zasilania odległej (kilkanaście, kilkadziesiąt kilometrów) instalacji ciepłowniczej

**Prototyp**: magazyn ciepła wykorzystujący przemiany fazowe lub procesy chemiczne.

- *Okres badań przemysłowych*: 2 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty*: efektywne zarządzanie ciepłem w układach rozproszonych o mocy w ciepłe 50kW.

**Demonstracja**: Demonstracja układu mobilnego.

- *Okres badań rozwojowych*: 3 lata
- *Efekt demonstracji*: instalacja w skali co najmniej 2 MWh ciepła pozyskanego z magazynu.

**Uwaga**: potrzeba opracowania takiego rozwiązania wynika z informacji napływających z rynku, przede wszystkim od właścicieli biogazowni, których efektywność by bardzo wzrosła gdyby dało się wykorzystać ciepło poprocesowe. W typowej cysternie można by zmagazynować około 1,5 – 2 MWh ciepła, jeżeli do magazynowania byłaby wykorzystywana woda (ciepło właściwe), a 3 – 3,5 MWh jeżeli byłby to materiał zmienno fazowy (PCM - ciepło przemiany fazowe). Dla wielu budynków użyteczności publicznej byłaby to ilość ciepła zaspakajająca potrzeby na ciepłą wodę użytkową przez kilka dni lub ogrzewania na około dobę.

## T6. Energetyczne wykorzystanie ciepła geotermalnego (geotermia)

### T.6.1. Kogeneracyjny układ geotermalny

**Prototyp**: geotermalna instalacja eksperymentalna funkcjonująca w systemie kogeneracyjnym, produkująca ciepło i prąd elektryczny.

- *Okres badań przemysłowych*: 2 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty*: lokalna sieć umożliwiająca generację energii cieplnej i elektrycznej wraz z efektywnym jej bilansowaniem w ściśle określonej grupie odbiorców (prąd elektryczny, ciepło sieciowe na potrzeby c.o. i cwu, rekreacja, rolnictwo, suszarnie, hodowla)

**Demonstracja:** Elektrociepłownia geotermalna o mocy elektrycznej minimum 0,5 MW<sub>e</sub> + mocy cieplnej około 10 MW<sub>t</sub>, z której energia wykorzystywana jest w systemie kogeneracyjnym.

- *Okres badań rozwojowych:* 3 lata
- *Efekt demonstracji:* elektrociepłownia geotermalna o mocy elektrycznej nie mniejszej niż 0,5 MW<sub>e</sub>.

## T6.2. Instalacja wykorzystująca głębokie wody geotermalne do zintegrowanej produkcji ciepła i energii elektrycznej

**Prototyp:** Geotermalna instalacja eksperymentalna produkująca ciepło i prąd elektryczny.

- *Okres badań przemysłowych:* 2 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty:* lokalny system i sieć umożliwiająca zintegrowaną generację energii cieplnej i elektrycznej wraz z efektywnym jej bilansowaniem i wykorzystaniem w ściśle określonej grupie odbiorców (prąd elektryczny, ciepło sieciowe na potrzeby c.o. i c.w.u.), a także inne zastosowania służące efektywnemu zagospodarowaniu wód i energii geotermalnej (rekreacja, rolnictwo, suszenie, przetwórstwo rolno-spożywcze, hodowla – dobór tych zastosowań w zależności od uwarunkowań lokalnych). Uwzględnienie możliwości produkcji chłodu.

**Demonstracja:** Instalacja geotermalna o mocy elektrycznej minimum 0,5 MW<sub>e</sub> i mocy cieplnej minimum 10 MW<sub>t</sub>

- *Okres badań rozwojowych:* 3 lata
- *Efekt demonstracji:* Instalacja geotermalna o mocy elektrycznej nie mniejszej niż 0,5 MW<sub>e</sub> i mocy cieplnej nie mniejszej niż 10 MW<sub>t</sub>

## T6.3. Innowacyjne wykorzystanie energii i wód geotermalnych w rolnictwie w Polsce

**Prototyp:** Geotermalna innowacyjna instalacja eksperymentalna wykorzystująca energię i wody geotermalne w rolnictwie

- *Okres badań przemysłowych:* 2 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty:* Instalacja geotermalna oraz uprawy (otwarte, po osłonami, szklarnie, in.), biotechnologie, oraz instalacje stosujące wszechstronnie i efektywnie energię oraz wody geotermalne w łańcuchu produkcji rolnej i przetwórstwa rolno-spożywczego (z możliwością hybrydyzacji z innymi niskoemisyjnymi źródłami energii, w tym OZE)

**Demonstracja:** Geotermalna innowacyjna instalacja eksperymentalna wykorzystująca energię i wody geotermalne w rolnictwie o mocy cieplnej co najmniej 4 MW<sub>t</sub>

- *Okres badań rozwojowych:* 3 lata
- *Efekt demonstracji:* Geotermalna innowacyjna instalacja eksperymentalna wykorzystująca energię i wody geotermalne w rolnictwie o mocy cieplnej co najmniej 4 MW<sub>t</sub>

## T6.4. Technologie umożliwiające eksploatację i wykorzystanie wysokozmineralizowanych wód geotermalnych

**Prototyp:** Geotermalna instalacja eksperymentalna dla eksploatacji i wykorzystania wysokozmineralizowanych wód geotermalnych

- *Okres badań przemysłowych:* 2 lata
- *Cele i oczekiwane rezultaty:* lokalny system i sieć do zrównoważonej, efektywnej eksploatacji i produkcji energii cieplnej z wysokozmineralizowanych wód geotermalnych wraz z jej wykorzystaniem w ściśle określonej grupie odbiorców (ciepło sieciowe na potrzeby c.o. i c.w.u., a także inne sposoby efektywnego zagospodarowania wód i energii geotermalnej (dobór tych zastosowań w zależności od uwarunkowań lokalnych). Stabilne w czasie zatłaczanie schłodzonych wód. Możliwość zagospodarowania wykorzystanych energetycznie wód jako surowca do różnych celów.

**Demonstracja:** Instalacja geotermalna o mocy cieplnej min. 8-10 MW<sub>t</sub> umożliwiająca stabilną, efektywną eksploatację i produkcję energii cieplnej z wysokozmineralizowanych wód geotermalnych poprzez dobór i zastosowanie właściwych materiałów i wyposażenia otworów oraz instalacji, dobór i metod skutecznego zapobiegania i ograniczania korozji i kolmatacji, spadku produktywności i chłonności otworów i skał zbiornikowych wód geotermalnych

- *Okres badań rozwojowych:* 3 lata
- *Efekt demonstracji:* Instalacja geotermalna o mocy cieplnej min. 8-10 MW<sub>t</sub>

## 5. Sposób interwencji i warunki realizacji projektów w ramach Programu

Program jest realizowany na zasadach określonych w ustawie o NCBR i w towarzyszących aktach wykonawczych. Realizacja Programu polega na finansowaniu projektów i zarządzaniu nimi w sposób zapewniający osiągnięcie celów oraz zgodność z harmonogramem i planem finansowym. Konkursy są ogłaszane przez Dyrektora Centrum zgodnie z art. 36 ust. 1 ustawy o NCBR i realizowane zgodnie z obowiązującym w NCBR systemem zarządzania programami strategicznymi. Szczegółowy tryb ogłaszania i rozstrzygania konkursów jest każdorazowo określony w regulaminie konkursu. Ogólne ramy interwencji zostały przedstawione w Tabeli 1, przy czym warunki te będą każdorazowo uszczegółowione w regulaminie konkursu, w sposób adekwatny do zakresu konkursu

Tabela 1 Konstrukcja Programu

Sposób interwencji	Dofinansowanie projektów obejmujących wykonanie studiów wykonalności, badania podstawowe, badania przemysłowe, eksperymentalne prace rozwojowe i/lub prace przedwdrożeniowe <sup>1</sup> .
Tryb wyboru projektów	Projekty wybierane będą w konkursach otwartych czyli tematycznych.
Tryb realizacji projektów	Realizacja projektów jest podzielona na fazy, których efektem ma być osiągnięcie konkretnego rezultatu (kamienia milowego), warunkujące możliwość ubiegania się o przekazanie dofinansowania kolejnej fazy. Przewidywane rezultaty poszczególnych faz: – Faza I – opracowane studium wykonalności techniczno-ekonomiczne wskazujące na zasadność realizacji propozycji będącej przedmiotem wniosku o dofinansowanie; – Faza II – osiągnięcie 6 poziomu gotowości technologicznej (TRL 6) propozycji będącej przedmiotem wniosku o dofinansowanie; – Faza III – osiągnięcie co najmniej 8 poziomu gotowości technologicznej (TRL 8) propozycji będącej przedmiotem wniosku o dofinansowanie. Podział na fazy służy etapowej weryfikacji osiągniętych rezultatów. Wsparcie finansowe w kolejnych etapach jest udzielane tylko tym projektom, które otrzymają pozytywną rekomendację podczas oceny rezultatu danej fazy, tzn.

<sup>1</sup> W Programie będą brały udział tylko projekty złożone w konkursach, w pełni wypracowywane w kolejnych fazach Programu (z zastrzeżeniem pozostałych zapisów Programu).

	<p>wykazują wysokie prawdopodobieństwo skutecznej komercjalizacji przy osiągnięciu zakładanych parametrów technologicznych rozwiązania.</p> <p>Dopuszcza się możliwość wyboru kilku projektów, których celem będzie opracowanie alternatywnych rozwiązań tego samego problemu. Taki mechanizm zakłada konkurowanie proponowanych rozwiązań nie tylko na etapie wyboru projektów, ale również ich realizacji.</p>
<p>Ramowe kryteria kwalifikowania projektów do następnej fazy</p>	<p><b>Faza I → Faza II</b></p> <p>Rezultat Fazy I – studium wykonalności techniczno-ekonomiczne:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– zawiera wiarygodne i rzetelne informacje przedstawione w sposób przejrzysty, jest kompletne i spójne (czyli spełnia wymogi formalne i merytoryczne określone w regulaminie konkursu dla Fazy I);</li> <li>– potwierdza możliwość osiągnięcia planowanych rezultatów Faz II-III przy posiadanym potencjale organizacyjnym, technicznym, merytorycznym i ekonomicznym konsorcjantów przewidzianych do realizacji kolejnych faz projektu oraz przy wyznaczonych ramach czasowych i finansowych określonych w Programie;</li> <li>– wskazuje na zasadność kontynuowania projektu w kolejnych fazach z punktu widzenia finansowo-ekonomicznego;</li> <li>– gwarantuje zgodność realizacji projektu w kolejnych fazach z wymogami prawa.</li> </ul> <p><b>Faza II → Faza III</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– rezultat Fazy II – opracowane rozwiązanie techniczne – osiągnęło 6. poziom gotowości technologicznej (TRL 6),</li> <li>– przeprowadzone analizy na zakończenie Fazy II potwierdzają: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ możliwość osiągnięcia planowanego rezultatu Fazy III przy posiadanym potencjale organizacyjnym, technicznym, merytorycznym i ekonomicznym konsorcjantów przewidzianych do realizacji Fazy III projektu oraz przy wyznaczonych ramach czasowych i finansowych określonych w Programie;</li> <li>○ zasadność ekonomiczno-finansową kontynuacji projektu w Fazie III,</li> <li>○ zgodność realizacji projektu w Fazie III z wymogami prawa.</li> </ul> </li> </ul>
<p>Wnioskodawcy / Beneficjenci</p>	<p>Konsorcja składające się z jednostek naukowych, przedsiębiorców i innych podmiotów, z zastrzeżeniem, że liderem konsorcjum powinien być przedsiębiorca.</p>
<p>Rodzaje zadań objęte dofinansowaniem</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– w Fazie I – wykonanie studiów wykonalności;</li> <li>– w Fazie II – badania podstawowe, badania przemysłowe, eksperymentalne prace rozwojowe i prace przedwdrożeniowe z zastrzeżeniem, że koszty badań podstawowych nie mogą przekraczać 15% całkowitych kosztów kwalifikowanych projektu;</li> <li>– w Fazie III – eksperymentalne prace rozwojowe oraz prace przedwdrożeniowe.</li> </ul>

Czas realizacji projektu	<ul style="list-style-type: none"> <li>– w Fazie I – do 9 miesięcy;</li> <li>– w Fazie II – do 2 lat;</li> <li>– w Fazie III – do 3 lat.</li> </ul>
--------------------------	---

## Konkursy

Realizacja Programu polega na wyborze projektów w trybie konkursowym, a następnie ich finansowaniu i zarządzaniu nimi w sposób zapewniający osiągnięcie celów Programu. Szczegółowe warunki naboru propozycji zostaną określone w Regulaminie naboru propozycji na tematy badawcze<sup>2</sup>.

Wykonawcy projektów są wybierani w drodze konkursu ogłaszanego przez Dyrektora Centrum zgodnie z art. 36 ust. 1 ustawy o NCBR. Zakłada się, że konkursy na projekty tematyczne będą ogłaszane **min. dwa razy do roku i będą obejmowały więcej niż jeden temat z zakresu tematycznego Programu.**

Zasadnicze założenia realizacji Programu w celu opracowania optymalnych rozwiązań to:

- realizacja poszczególnych projektów w podziale na fazy (o określonych maksymalnych kosztach dofinansowania ich realizacji), których efektem ma być osiągnięcie określonego rezultatu/kamienia milowego, co jednocześnie warunkuje finansowanie kolejnej fazy projektu;
- możliwość wyboru kilku projektów, których przedmiotem będzie opracowanie alternatywnych rozwiązań tego samego problemu - na etapie przygotowania dokumentacji konkursowej dla danego konkursu, zostanie uwzględniona metoda oceny/porównywania rozwiązań.

W ramach każdego zakresu tematycznego realizacja projektów będzie podzielona na następujące fazy:

- Faza I – opracowane studium wykonalności techniczno-ekonomiczne wskazujące na zasadność realizacji propozycji będącej przedmiotem wniosku o dofinansowanie;
- Faza II – osiągnięcie 6. poziomu gotowości technologicznej (TRL 6) propozycji będącej przedmiotem wniosku o dofinansowanie;
- Faza III – osiągnięcie co najmniej 8. poziomu gotowości technologicznej (TRL 8) propozycji będącej przedmiotem wniosku o dofinansowanie.

Komitet Sterujący zdefiniuje scenariusze poszczególnych faz w sposób adekwatny do zakresu tematycznego konkursu (istnieje możliwość pominięcia fazy II, dla dojrzałych projektów wymagających jedynie prac rozwojowych). Proponowany mechanizm zakłada konkurowanie proponowanych rozwiązań zarówno na etapie wyboru projektów, jak i ich realizacji<sup>3</sup>. Poniżej przedstawiono założenia liczby projektów dopuszczonych do realizacji kolejnych faz,<sup>4</sup>

<sup>2</sup> Na poziomie dokumentacji konkursowej zostaną uszczegółowione m.in. ramowe kryteria kwalifikowania projektów do następnej fazy, efekty poszczególnych faz, punktacja/minimalne progi punktowe oraz ewentualnie uwzględnione mechanizmy premiowania projektów dojrzałych w celu zachowania konkurencyjności.

<sup>3</sup> Sformułowane kryteria przejść pomiędzy fazami projektów pozwolą na wyselekcjonowanie projektów o wysokiej jakości. Na poziomie dokumentacji konkursowej zostanie doprecyzowany sposób „przechodzenia” projektów pomiędzy fazami.

<sup>4</sup> Założenia liczby projektów przechodzących do poszczególnych faz zostaną zweryfikowane podczas pierwszego konkursu (tzw. pilotażowego konkursu) i w kolejnych konkursach będą mogły ulec zmianie w związku z doświadczeniami z prowadzonych naborów (głównie pilotażu).



- w Fazie I liczba wniosków, którym zostanie przyznane dofinansowanie, stanowi maksymalnie trzykrotność liczby tematów strategicznych zapisanych w Programie;
- w Fazie II do finansowania przewiduje się około 1/3 projektów rozpoczętych w Fazie I;
- w Fazie III do finansowania kwalifikuje się średnio po jednym projekcie w każdym obszarze, z zastrzeżeniem, że w danym obszarze może być więcej niż jeden projekt i mogą być obszary, gdzie żaden projekt nie uzyska finansowania.

Kwoty na poszczególne fazy określi Komitet Sterujący w Regulaminie każdego z konkursów w sposób adekwatny do zakresu tematycznego. Oczekiwane rezultaty, warunki wyboru i realizacji projektów zostaną każdorazowo uszczegółowione w Regulaminie konkursu. Regulamin będzie również określać wymagania dotyczące zbieranych danych (tak, aby możliwe było stworzenie na ich podstawie jednego zbioru), a także (na podstawie uzyskanych danych) definiować standardy oceny rozwiązań. W przypadku niespełnienia minimalnej liczby projektów decyzję o dalszej kontynuacji prac nad tematem podejmie Komitet Sterujący na podstawie oceny zaawansowania prac oraz potencjału wykonawców.

Maksymalna wartość dofinansowania pojedynczego projektu w kolejnych fazach wynosi:

- w Fazie I – 100 tys. PLN,
- w Fazie II – max 20 mln PLN, przy budżecie fazy II - 200 mln PLN,
- w Fazie III – max 100 mln PLN, przy budżecie fazy III 600 mln PLN.

Dofinansowanie na realizację projektów będzie przekazywane na podstawie podpisanych umów. Ich rozliczanie będzie się odbywać zgodnie z ustanowioną w NCBR Procedurą *PG1-3: Nadzór nad wykonaniem i finansowanie projektu w ramach umowy*. Przekazywanie kolejnych transz środków finansowych będzie uzależnione od akceptacji/przyjęcia wyników kolejnych faz, przedstawienia przez wykonawców konkretnych produktów i mierzalnych rezultatów.

## 6. Sposób monitorowania i oceny realizacji celów Programu

W celu umożliwienia skutecznego monitorowania i oceny stopnia realizacji celów Programu w odniesieniu do celu głównego oraz każdego celu cząstkowego zaproponowano zestaw mierzalnych wskaźników<sup>5</sup>, obejmujących kwantyfikowalne wyniki planowane do uzyskania w ramach Programu.

*Wskaźniki wpływu* (impact indicators) mierzą efekty Programu w dłuższej perspektywie czasu i pokazują trwałe zmiany, wykraczające poza bezpośrednie i natychmiastowe rezultaty finansowanych projektów. Tym samym, wskaźniki wpływu można uważać za miernik stopnia realizacji celu głównego Programu. Wskaźniki wpływu będą mierzone w trakcie ewaluacji ex-post wykonanej 3 lata po zakończeniu Programu m.in. na podstawie raportów oraz ankiet dostarczonych przez wykonawców oraz na podstawie zewnętrznej ewaluacji. W tym punkcie analizie zostanie poddana trwałość oraz upowszechnienie rozwiązań wdrożonych w ramach Programu.

---

<sup>5</sup> W Regulaminie konkursu (Instrukcji wypełniania wniosku) zostanie zawarte wyjaśnienie/wskazówki pomiaru w zakresie każdego wskaźnika

Wskaźniki rezultatu (result indicators) mierzą bezpośrednie rezultaty projektów, które nastąpiły w wyniku ich realizacji i powinny być możliwe do uchwycenia po zakończeniu realizacji projektów. Wskaźniki rezultatu powinny być logicznie powiązane ze szczegółowymi celami Programu. Wskaźniki rezultatu będą mierzone po zakończeniu projektu, a przed upływem 3 lat od zakończenia Programu, na podstawie informacji dostarczonych przez wykonawców np. raportów końcowych oraz ewaluacji.

Wskaźniki produktu (output indicators) są to policzalne, bezpośrednie produkty niezbędne do wytworzenia rezultatów projektów finansowanych w ramach Programu. Wskaźniki produktu będą mierzone w trakcie i po zakończeniu realizacji projektu finansowanego w ramach Programu, na podstawie raportów okresowych oraz raportu końcowego, dostarczonych przez wykonawców.

Szczegółowe wskaźniki zawarte będą w dokumentacji wnioskowej projektów wskazanych do realizacji i winne one być związane w ogólności ze wskaźnikami przedstawionymi poniżej.

Tabela 2 Wskaźniki wpływu Programu

Cel główny: wsparcie osiągnięcia neutralności klimatycznej Polski, poprzez wdrożenie rozwiązań podnoszących bezpieczeństwo energetyczne kraju i zwiększających konkurencyjność polskiej gospodarki				
Lp.	Opis	Wartość bazowa	Wartość docelowa	Rok osiągnięcia
1.	Liczba demonstracji ostatecznej formy technologii opracowanych w ramach Programu Źródło pomiaru: Ewaluacja ex-post z uwzględnieniem raportów ex-post, danych ogólnodostępnych, ankiet, ewaluacji zewnętrznej Częstotliwość pomiaru: Jednokrotnie, podczas ewaluacji ex-post	0	6	2030
2.	Udział energii pochodzącej z OZE (w tym z odpadów) bazujących na technologiach wytworzonych w ramach programu w ogólnym miksie energetycznym kraju Źródło pomiaru: Ewaluacja ex-post z uwzględnieniem raportów ex-post, danych ogólnodostępnych, ankiet, ewaluacji zewnętrznej Częstotliwość pomiaru: Jednokrotnie, podczas ewaluacji ex-post	0 TWh	2,4-6 TWh	2030
3.	Wielkość redukcji emisji CO <sub>2</sub> w Polsce Źródło pomiaru: Ewaluacja ex-post z uwzględnieniem raportów ex-post, danych ogólnodostępnych, ankiet, ewaluacji zewnętrznej Częstotliwość pomiaru: Jednokrotnie, podczas ewaluacji ex-post	0	4,5 mln Mg CO <sub>2</sub>	2030

4.	Liczba nawiązanych konsorcjów naukowych/współprac w zakresie B+R między sektorem prywatnym a jednostkami naukowymi Źródło pomiaru: Ewaluacja ex-post z uwzględnieniem raportów ex-post, danych ogólnodostępnych, ankiet, ewaluacji zewnętrznej Częstotliwość pomiaru: Jednokrotnie, podczas ewaluacji ex-post	0	15	2030
5.	Liczba nowozatrudnionych pracowników B+R (ze stopniem doktora) pracujących w przedsiębiorstwach, wdrażających rozwiązania Programu Źródło pomiaru: Ewaluacja ex-post z uwzględnieniem raportów ex-post, danych ogólnodostępnych, ankiet, ewaluacji zewnętrznej Częstotliwość pomiaru: Jednokrotnie, podczas ewaluacji ex-post	0	15	2030

Tabela 3 Wskaźniki rezultatu Programu

Cel cząstkowy C1: wzrost potencjału przemysłu energetyki odnawialnej (w tym prosumenckiej)				
Lp.	Opis	Wartość bazowa	Wartość docelowa	Rok osiągnięcia
1.	Liczba polskich przedsiębiorstw używających technologii wytworzonych w ramach programu działających na rynku energetyki odnawialnej w kraju Źródło pomiaru: Raporty, ewaluacja Częstotliwość pomiaru: Raz do roku, agregacja danych z raportów/ewaluacji	0	15	2030
2.	Liczba prosumentów w kraju używających bezpośrednio bądź pośrednio rozwiązania wytworzone w ramach programu Źródło pomiaru: Raporty, ewaluacja Częstotliwość pomiaru: Raz do roku, agregacja danych z raportów/ewaluacji	0	500 000	2030
Cel cząstkowy C2: rozwój inteligentnej infrastruktury sieciowej (energetycznej)				

3.	Liczba opracowanych w ramach Programu i gotowych do wdrożenia rozwiązań technicznych i organizacyjnych dotyczących magazynowania energii i mikro sieci Źródło pomiaru: Raporty, ewaluacja Częstotliwość pomiaru: Raz do roku, agregacja danych z raportów/ewaluacji	0	2	2030
Cel cząstkowy C3: obniżenie emisyjności energetyki poprzez zwiększenie wykorzystania surowców biodegradowalnych oraz produktów odpadowych				
4.	Liczba opracowanych w ramach Programu i gotowych do wdrożenia zeroemisyjnych rozwiązań technologicznych Źródło pomiaru: Raporty, ewaluacja Częstotliwość pomiaru: Raz do roku, agregacja danych z raportów/ewaluacji	0	5	2030

Tabela 4 Wskaźniki produktu Programu

Lp.	Opis	Wartość bazowa	Wartość docelowa	Rok osiągnięcia
1.	Liczba opracowanych studiów wykonalności w ramach Programu Źródło pomiaru: Raport z I fazy projekty Częstotliwość pomiaru: Corocznie, agregacja danych z raportów dla I fazy projektów	0	40	2026
2.	Liczba prototypów opracowanych w ramach Programu Źródło pomiaru: Raporty Częstotliwość pomiaru: Corocznie, agregacja danych z raportów okresowych	0	20	2026
3.	Liczba zgłoszeń patentowych i zgłoszeń wzorów użytkowych dokonanych w wyniku realizacji Programu przez jednostki naukowe i przedsiębiorstwa Źródło pomiaru: Raporty Częstotliwość pomiaru: Corocznie, agregacja danych z raportów okresowych	0	10	2026

4	Liczba doktorów (osób ze stopniem doktora) nauk związanych z tematyką programu/projektu zatrudnionych w przedsiębiorstwach wchodzących w skład konsorcjum, do czasu zakończenia projektu i w okresie jego trwałości Źródło pomiaru: Raporty Częstotliwość pomiaru: Corocznie, agregacja danych z raportów okresowych	0	30	2026
5.	Liczba współautorskich publikacji jednostek naukowych i przedsiębiorców, dotyczących wyników prac B+R uzyskanych w ramach Programu (w czasopiśmie i materiałach konferencyjnych posiadających IF min 2,0) Źródło pomiaru: Raporty Częstotliwość pomiaru: Corocznie, agregacja danych z raportów okresowych	0	2,0	2026

W trakcie realizacji Programu będzie prowadzona jego ewaluacja, w szczególności w celu rozstrzygnięcia, czy kontynuacja Programu prowadzi do osiągnięcia jego celów oraz czy jest on zgodny z celami polityki naukowej państwa i polityki wspierania innowacyjności. Po zakończeniu realizacji Programu będzie przeprowadzona ewaluacja mająca na celu w szczególności ocenę stopnia osiągnięcia jego celów, a w przypadku ich nieosiągnięcia – określenie przyczyn niepowodzenia. Proces ewaluacji będzie realizowany zgodnie z obowiązującą w NCBR Procedurą PG2-2: Ewaluacja programu.

## 7. Określenie ryzyka dla osiągnięcia celów Programu

Ryzyka związane z nieosiągnięciem celów Programu mają charakter zewnętrzny (niezależny od NCBR) oraz wewnętrzny – w tym przypadku możliwe jest podjęcie działań minimalizujących ryzyka wewnętrzne.

### Zewnętrzne:

**R1 zmiany okoliczności zewnętrznych** – na skutek trudnych do przewidzenia czynników politycznych, ekonomicznych, prawnych czy społecznych – nowe okoliczności mogą uniemożliwić realizację zamierzonych działań. Przykładem takiego czynnika może być polityczny odgórny zakaz rozwoju pewnego rodzaju rozwiązań;

- **prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka:** niewielkie
- **stopień wpływu na cel programu:** średni
- **adresat ryzyka:** NCBR
- **działania mitygujące:** analiza zakresu Programu i podjęcie działań zmierzających do uaktualnienia zapisów Programu.

**R2 wpływu pandemii COVID-19 na implementację Programu**, w szczególności w kontekście ryzyka przedłużenia czasu trwania projektów.

- **prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka:** średnie
- **stopień wpływu na cel programu:** średni

- **adresat ryzyka:** NCBR
- **działania mitygujące:** analiza zakresu Programu i podjęcie działań zmierzających do uaktualnienia zapisów Programu.

**R3 niski potencjał wdrożeniowy rozwiązań** – w przypadku zbyt teoretycznego podejścia do problemu, wynikającego z nieuwzględniania złożonych realiów, może dojść do formułowania rozwiązań niekompatybilnych z dostępnymi systemami, ekonomicznie nieoptycznych, nie mających potencjału wdrożeniowego w obecnych realiach

- **prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka:** niewielkie
- **stopień wpływu na cel programu:** poważny
- **adresat ryzyka:** NCBR
- **działania mitygujące:** szczególna analiza podczas weryfikacji projektów podczas przechodzenia projektu z fazy do fazy

#### Wewnętrzne:

**R4 rozmyta odpowiedzialność** – bez aktywnej roli Komitetu Sterującego oraz koordynatora Programu może dojść do rozmycia odpowiedzialności,

- **prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka:** niewielkie
- **stopień wpływu na cel programu:** mały
- **adresat ryzyka:** NCBR
- **działania mitygujące:** określenie zadań i kompetencji Komitetu Sterującego oraz koordynatora w dokumentach wdrożeniowych: Regulaminie pracy Komitetu Sterującego, procedurach wewnętrznych NCBR oraz Regulaminach konkursów;

**R5 brak skutecznej promocji Programu** – przy braku skutecznej promocji Programu istnieje ryzyko małego zainteresowania Programem,

- **prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka:** niewielkie
- **stopień wpływu na cel programu:** średnie
- **adresat ryzyka:** NCBR
- **działania mitygujące:** opracowanie i wdrożenie przez NCBR planu promocji Programu;

**R6 niedopasowany czas trwania projektu (harmonogram) do czasu wdrożenia lub zły moment ogłoszenia Konkursu** – ryzyko niedopasowania czasu trwania realizacji projektu w stosunku do przyjętego czasu na osiągnięcie zakładanych celów Programu (np. ogłoszenie konkursu dla rolnictwa w nieodpowiednim okresie roku może skutkować utrudnionym okresem dla zebrania danych do automatyzacji rolnictwa),

- **prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka:** niewielkie
- **stopień wpływu na cel programu:** średni
- **adresat ryzyka:** NCBR
- **działania mitygujące:** uwzględnienie przez Komitet Sterujący krytycznych czynników w szczegółowym harmonogramie realizacji Programu;

**R7 dezaktualizacja agendy badawczej** – w przypadku zbyt długiego okresu czasu pomiędzy zdiagnozowaniem problemu a wypracowaniem rozwiązań może dojść do dezaktualizacji agendy badawczej,

- **prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka:** niewielkie
- **stopień wpływu na cel programu:** poważny
- **adresat ryzyka:** NCBR

- **działania mitygujące:** aktualizacja zakresu tematycznego Programu, uwzględnienie trybu projektów zamawianych, stanowiących odpowiedź na problemy niezidentyfikowane w zakresie tematycznym Programu;

**R8 Wysokie zainteresowanie konkursami – duża liczba wniosków – wpływająca na przesunięcie terminu zakończenia oceny wniosków o dofinansowanie.**

- **prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka:** niewielkie
- **stopień wpływu na cel programu:** średni
- **adresat ryzyka:** NCBR
- **działania mitygujące:** Oddelegowanie dodatkowych pracowników do procesu oceny, planowanie konkursów w NCBR z uwzględnieniem konieczności równomiernego rozłożenia zasobów w roku.

**R9 Zbyt krótki czas na przygotowanie wniosków o dofinansowanie podczas konkursu**

- **prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka:** niewielkie
- **stopień wpływu na cel programu:** średni
- **adresat ryzyka:** NCBR
- **działania mitygujące:** Analiza wpływu wniosków o dofinansowanie, możliwe wydłużenie terminu naboru w przypadku próśb wnioskodawców

**R10 Złożoność dokumentacji sprawozdawczej**

- **prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka:** niewielkie
- **stopień wpływu na cel programu:** nieznaczny
- **adresat ryzyka:** NCBR
- **działania mitygujące:** Przygotowanie wzorów dokumentacji sprawozdawczej optymalnie dostosowanej do specyfiki Programu, z uwzględnieniem jasnej instrukcji jej wypełnienia

**R11 Brak wiedzy wśród odbiorców ostatecznych w zakresie nowych technologii w zakresie energii**

- **prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka:** niewielkie
- **stopień wpływu na cel programu:** średni
- **adresat ryzyka:** wnioskodawcy
- **działania mitygujące:** zaplanowanie adekwatnych działań promujących projekt przez wnioskodawcę już na etapie formułowania wniosków o dofinansowanie

**R12 źle oszacowane koszty Konkursu – z uwagi na innowacyjny charakter Programu możliwe jest zróżnicowanie w zakresie wysokości kosztów pomiędzy obszarami. Istnieje ryzyko przeszacowania lub niedoszacowania kosztów realizacji projektów;**

- **prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka:** niewielkie
- **stopień wpływu na cel programu:** poważany
- **adresat ryzyka:** NCBR
- **działania mitygujące:** elastyczne podejście Komitetu Sterującego oraz NCBR, umożliwiające dostosowanie do zaistniałej sytuacji z możliwością relokacji szacunkowych kosztów pomiędzy tematami w zakresie tematycznym Programu; ewentualnie decyzje o zmianie budżetu Programu.

**R13 brak realnego odbiorcy rozwiązań – brak ścisłej współpracy pomiędzy wykonawcą i instytucją, mającą potencjał do wdrożenia danego rozwiązania, może doprowadzić do sformułowania propozycji nie mających realnego odbiorcy;**

- **prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka:** niewielkie
- **stopień wpływu na cel programu:** poważany

- **adresat ryzyka:** NCBR
- **działania mitygujące:** analiza składanych raportów w ramach projektów i formułowanie odpowiednich ocen/rekomendacji

WPLYW	katastrofa 5					
	poważny 4		R3, R7, R12, R13			
	średni 3		R1, R5, R6, R8, R9, R11	R2		
	mały 2		R4			
	nieznaczny 1		R10			
		minimalne 1	niewielkie 2	średnie 3	wysokie 4	pewność 5
PRAWDOPODOBIEŃSTWO						

Linia tolerancji na ryzyko ←

Zarządzanie ryzykiem w Programie prowadzone będzie przez koordynatora Programu według obowiązującej w NCBR Procedury nr PZ3-1: Zarządzanie Ryzykiem.

## 8. Harmonogram realizacji Programu

Program ustanawiany jest na okres 2020 – 2029 z możliwością wydłużenia lub skrócenia czasu trwania Programu. Harmonogram realizacji programu obejmuje trzy etapy: (1) przygotowania do uruchomienia Programu, (2) wdrażanie Programu oraz (3) ewaluację ex-post Programu.



Etap przygotowań do uruchomienia Programu trwa około 3 miesięcy od zatwierdzenia Programu przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego i obejmuje:

- powołanie koordynatora Programu;
- powołanie Komitetu Sterującego;
- ustalenie szczegółowego zakresu tematycznego pierwszego konkursu i określenie alokacji środków przez Komitet Sterujący;
- przygotowanie dokumentacji I konkursu;
- zaopiniowanie przez Radę NCBR Regulaminu I konkursu.

Ramowy harmonogram realizacji Programu zakłada:

2020: przygotowanie do uruchomienia Programu

2020 - 2028: wdrażanie Programu

2020 - 2023: organizację konkursów, wybór projektów

2023 - 2026: realizację wybranych projektów

2023 - 2026: analizę i ewaluację śródkresową Programu

2026 - 2028: analizę wyników zakończonych projektów

2029 - 2030: ewaluację ex-post Programu

Przewiduje się realizację minimum 6 konkursów, organizowanych min. dwa razy w roku. Dobór tematów dla poszczególnych konkursów, z zastrzeżeniem, że każdy z tematów zostanie uwzględniony w przynajmniej jednym konkursie spośród ww. min. 6 konkursów. Pierwszy konkurs będzie konkursem pilotażowym, dla którego ogłoszenia przewiduje się min. dwa tematy. Czas trwania naboru przewiduje się na około 3 miesiące, analogiczny czas przewiduje się na rozstrzygnięcie konkursu (zakończone publikacją list rekomendowanych wniosków o dofinansowanie). Optymalny czas na nabór jak i ocenę wniosków zostanie określony na podstawie pilotażu. Szczegółowy harmonogram realizacji Programu proponuje Komitet Sterujący mając na względzie dostępny budżet NCBR na rok bieżący oraz kolejne lata realizacji Programu.

## **9. Budżet i plan finansowy Programu oraz źródła finansowania**

Na budżet Programu składają się:

- środki NCBR na realizację Programu wynoszące 800 mln PLN i pochodzące z dotacji celowej na realizację strategicznych programów badań naukowych i prac rozwojowych, o której mowa w art. 46 ust. 1 pkt 1 ustawy o NCBR;
- środki pozabudżetowe – środki przedsiębiorców i innych instytucji działających w obszarze Programu.

Przewiduje się możliwość zmiany wysokości budżetu w trakcie jego realizacji w wyniku wydłużenia/skrócenia czasu trwania Programu lub odbiegającej od przewidywań liczby wniosków rekomendowanych do III fazy..

Możliwości udzielania wsparcia na realizację projektów przez NCBR, na podstawie Rozporządzenia MNiSW z dnia 25 lutego 2015 r. w sprawie warunków i trybu udzielania pomocy publicznej i pomocy de mini mis za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (Dz. U. z 2015 r. poz. 299) przedstawiono w Tabela 5

*Tabela 5 Poziomy dofinansowania udzielanego przez NCBR na zadania wykonywane w ramach projektów*

Rodzaj zadania	Faza projektu	Maksymalny poziom dofinansowania kosztów kwalifikowanych dla:			
		jednostek naukowych	Przedsiębiorstw		
			Małych	średnich	dużych
wykonanie studium wykonalności	I	100%	70%	60%	50%
badania podstawowe	II	100%	100%	100%	100%
badania przemysłowe	II	100%	80%	75%	65%
eksperymentalne prace rozwojowe	II, III	100%	60%	50%	40%
prace przedwdrożeniowe	II, III	-	90% w przypadku pomocy de minimis na wsparcie komercjalizacji, 50% w przypadku pomocy publicznej na pokrycie kosztów usług doradczych	90% w przypadku pomocy de minimis na wsparcie komercjalizacji	90% w przypadku pomocy de minimis na wsparcie komercjalizacji

W przypadku nieprzekroczenia alokacji na poszczególne fazy realizacji projektów możliwe jest uruchomienie kolejnych konkursów.

Koszty zarządzania Programem, w tym koszty wynagrodzeń pracowników NCBR zaangażowanych we wdrażanie Programu, koszty oceny wniosków o dofinansowanie wykonywanych przez niezależnych ekspertów oraz koszty związane z działalnością Komitetu Sterującego Programu, będą pochodziły z dotacji podmiotowej na pokrycie bieżących kosztów zarządzania zadaniami realizowanymi przez NCBR, o których mowa w art. 46 ust. 1 pkt 2 ustawy o NCBR. Zakłada się, że koszty zarządzania Programem nie przekroczą 5% budżetu NCBR przeznaczanego na finansowanie projektów w ramach Programu.

## 10. System realizacji i zarządzanie Programem

Nadzór nad realizacją Programu sprawuje Dyrektor Centrum. Strukturę zarządzania realizacją Programu określa Procedura PG1-1C Uruchamianie i realizacja programu strategicznego badań naukowych i prac rozwojowych (nie dotyczy programu na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa) i obejmuje w szczególności Dyrektora Centrum, Radę Centrum, Komitet Sterujący i koordynatora.

Sposób powołania i zadania Komitetu Sterującego oraz koordynatora Programu są określone w Procedurze PG1-1C Uruchamianie i realizacja programu strategicznego badań naukowych i prac rozwojowych (nie dotyczy programu na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa).

Realizacja Programu obejmuje m.in. ogłaszanie konkursów, wybór beneficjentów, finansowanie projektów obejmujących badania naukowe, prace rozwojowe oraz działania związane z przygotowaniem wyników badań i prac rozwojowych do zastosowania w praktyce. Wykonawcy projektów są wybierani w drodze konkursu ogłaszanego przez Dyrektora Centrum zgodnie z art. 36 ust. 1 ustawy o NCBR. System zarządzania procesami w ramach Programu jest zgodny z procedurami NCBR - najważniejsze z nich wymieniono poniżej:

- **PG1-1C** Uruchamianie i realizacja programu strategicznego badań naukowych i prac rozwojowych (nie dotyczy programu na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa),
- **PG1-1D** Wprowadzanie zmian do strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych (nie dotyczy programu na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa),
- **PG1-2** Wybór wykonawców projektów,
- **PG1-3** Nadzór nad wykonaniem i finansowanie projektu w ramach umowy,
- **PG1-4** Monitorowanie programu/przedsięwzięcia,
- **PG2-1** Dostarczanie ocen,
- **PG2-2** Ewaluacja programu,
- **PG2-3** Postępowanie w sprawie rozpatrywania odwołań od decyzji Dyrektora NCBR w sprawie przyznania środków finansowych na wykonanie projektów, odwołań od promesy finansowania, odwołań od innych decyzji Dyrektora NCBR oraz zażaleń od postanowień wydawanych przez Dyrektora NCBR,
- **PG2-4** Postępowanie w sprawie rozpatrywania zarzutów podnoszonych w zażaleniach od postanowień o odmowie wszczęcia postępowania po ocenie wstępnej (formalnej) Dyrektora Centrum kończących postępowanie w sprawie rozpatrzenia wniosku,
- **PG2-5** Planowanie i realizacja kontroli projektów przez NCBR,
- **PG2-6** Windykacja należności.

## 11. Matryca logiczna projektu

ZAŁOŻENIA PROGRAMU STRATEGICZNEGO NOWE TECHNOLOGIE W ZAKRESIE ENERGI						
Cel główny	Cel cząstkowy	Korzyści gospodarcze	Obszary tematyczne	Wskaźniki produktu	Wskaźniki rezultatu	Wskaźniki wpływu
Wsparcie osiągnięcia neutralności klimatycznej Polski, poprzez wdrożenie rozwiązań podnoszących bezpieczeństwo energetyczne kraju i zwiększających konkurencyjność polskiej gospodarki	C1: Wzrost potencjału przemysłu energetyki odnawialnej (w tym prosumenckiej)	Wsparcie procesu transformacji energetycznej kluczowych gałęzi gospodarki takich jak rolnictwo, (wykorzystanie biomasy) przemysł przetwórstwa spożywczego, przemysł paliwowo-rafineryjny, przemysł maszynowy oraz elektroenergetyka celem rozwoju energetyki solarnej i wiatrowej (na lądzie i morzu). Poprawa bezpieczeństwa energetycznego kraju oraz tworzenie miejsc pracy w obszarze przyszłościowych technologii energetycznych.	T1, T2, T6	<p>Liczba opracowanych studiów wykonalności w ramach Programu</p> <p><i>Źródło pomiaru: Raport z I fazy projektu</i> <i>Częstotliwość pomiaru: Corocznie, agregacja danych z raportów okresowych</i></p> <p>Liczba prototypów opracowanych w ramach Programu</p> <p><i>Źródło pomiaru: Raporty</i> <i>Częstotliwość pomiaru: Corocznie, agregacja danych z raportów okresowych</i></p>	<p>Liczba polskich przedsiębiorstw używających technologii wytworzonych w ramach programu działających na rynku energetyki odnawialnej w kraju</p> <p><i>Źródło pomiaru: Raporty, ewaluacja</i> <i>Częstotliwość pomiaru: Raz do roku, agregacja danych z raportów/ewaluacji</i></p> <p>Liczba prosumentów w kraju używających bezpośrednio bądź pośrednio rozwiązania wytworzone w ramach programu</p> <p><i>Źródło pomiaru: Raporty, ewaluacja</i> <i>Częstotliwość pomiaru: Raz do roku, agregacja danych z raportów/ewaluacji</i></p>	<p>Liczba demonstracji ostatecznej formy technologii opracowanych w ramach Programu</p> <p><i>Źródło pomiaru: Ewaluacja ex-post z uwzględnieniem raportów ex-post, danych ogólnodostępnych, ankiet, ewaluacji zewnętrznej</i> <i>Częstotliwość pomiaru: Jednokrotnie, podczas ewaluacji ex-post</i></p> <p>Udział energii pochodzącej z OZE (w tym z odpadów) bazujących na technologiach wytworzonych w ramach programu w ogólnym miksie energetycznym kraju</p> <p><i>Źródło pomiaru: Ewaluacja ex-post z uwzględnieniem raportów ex-post, danych ogólnodostępnych, ankiet, ewaluacji zewnętrznej</i> <i>Częstotliwość pomiaru: Jednokrotnie, podczas ewaluacji ex-post</i></p>
	C2: rozwój inteligentnej infrastruktury sieciowej (energetycznej)	Rozwój innowacyjnych rozwiązań (w tym magazynujących energię elektryczną i/lub ciepłą, rozwiązań zarządzających siecią/mikrosiecią zintegrowaną z magazynowaniem energii), przyczyniających się do ograniczenia oddziaływania wielkoskalowej energetyki na środowisko poprzez dążenie do osiągnięcia neutralności klimatycznej. Wzrost dostępności wiedzy eksperckiej	T3, T4, T5	<p>Liczba zgłoszeń patentowych i zgłoszeń wzorów użytkowych dokonanych w wyniku realizacji Programu przez jednostki naukowe i przedsiębiorstwa</p> <p><i>Źródło pomiaru: Raporty</i> <i>Częstotliwość pomiaru: Corocznie, agregacja danych z raportów okresowych</i></p> <p>Liczba doktorów (osób ze stopniem doktora) nauk związanych z tematyką</p>	<p>Liczba opracowanych w ramach Programu i gotowych do wdrożenia rozwiązań technicznych i organizacyjnych dotyczących magazynowania energii i mikrosieci</p> <p><i>Źródło pomiaru: Raporty, ewaluacja</i> <i>Częstotliwość pomiaru: Raz do roku, agregacja danych z raportów/ewaluacji</i></p>	<p>Wielkość redukcji emisji CO<sub>2</sub> w Polsce</p> <p><i>Źródło pomiaru: Ewaluacja ex-post z uwzględnieniem raportów ex-post, danych ogólnodostępnych, ankiet, ewaluacji zewnętrznej</i></p>

<p>C3: obniżenie emisyjności energetyki poprzez zwiększenie wykorzystania surowców biodegradowalnych oraz produktów odpadowych</p>	<p>Rozwój innowacyjnych rozwiązań, przyczyniających się do realizacji celów gospodarki obiegu zamkniętego. Pośrednio pozytywny wpływ na rozwój infrastruktury i stacji tankowania wodoru jako paliwa gazowego stosowanego w transporcie</p>	<p>T1, T3, T5, T6</p>	<p>programu/projektu zatrudnionych w przedsiębiorstwach wchodzących w skład konsorcjum, do czasu zakończenia projektu i w okresie jego trwałości</p> <p><i>Źródło pomiaru: Raporty</i> <i>Częstotliwość pomiaru: Corocznie, agregacja danych z raportów okresowych</i></p> <p>Liczba współautorskich publikacji jednostek naukowych i przedsiębiorców, dotyczących wyników prac B+R uzyskanych w ramach Programu (w czasopismach i materiałach konferencyjnych posiadających IF min 2,0)</p> <p><i>Źródło pomiaru: Raporty</i> <i>Częstotliwość pomiaru: Corocznie, agregacja danych z raportów okresowych</i></p>	<p>Liczba opracowanych w ramach Programu i gotowych do wdrożenia zeroemisyjnych rozwiązań technologicznych</p> <p><i>Źródło pomiaru: Raporty, ewaluacja</i> <i>Częstotliwość pomiaru: Raz do roku, agregacja danych z raportów/ewaluacji</i></p>	<p><i>Częstotliwość pomiaru: Jednokrotnie, podczas ewaluacji ex-post</i></p> <p>Liczba nawiązanych konsorcjów naukowych/współpracy w zakresie B+R między sektorem prywatnym a jednostkami naukowymi</p> <p><i>Źródło pomiaru: Ewaluacja ex-post z uwzględnieniem raportów ex-post, danych ogólnodostępnych, ankiet, ewaluacji zewnętrznej</i></p> <p><i>Częstotliwość pomiaru: Jednokrotnie, podczas ewaluacji ex-post</i></p> <p>Liczba nowozatrudnionych pracowników B+R (ze stopniem doktora) pracujących w przedsiębiorstwach, wdrażających rozwiązania Programu</p> <p><i>Źródło pomiaru: Ewaluacja ex-post z uwzględnieniem raportów ex-post, danych ogólnodostępnych, ankiet, ewaluacji zewnętrznej</i></p> <p><i>Częstotliwość pomiaru: Jednokrotnie, podczas ewaluacji ex-post</i></p>
--	---	-----------------------	--	--	---

## WYZWANIA DO ZAADRESOWANIA

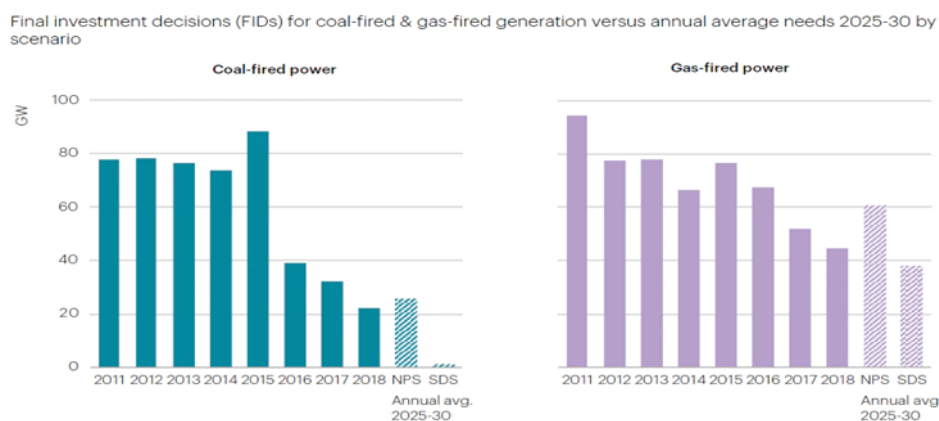
PROBLEM / SZANSA

ODPOWIEDŹ NA POTRZEBĘ / SZANSE

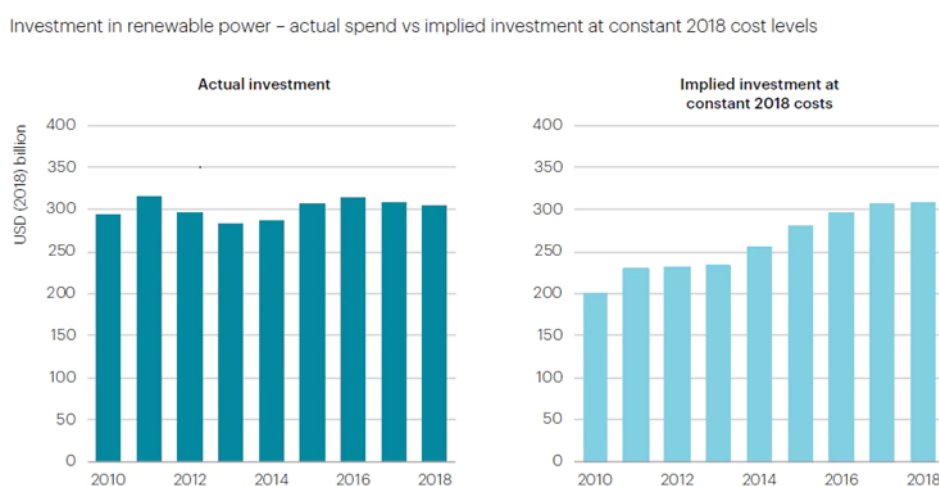
<p><b>Problem 1:</b> Niedostateczny poziom integracji rozwiązań generujących energię z odnawialnych źródeł energii z dostępną przestrzenią oraz z systemem energetycznym kraju.</p> <p><b>Problem 2:</b> Niewystarczający udział Polski w produkcji urządzeń i komponentów dla energetyki odnawialnej. Długie łańcuchy dostaw technologii, zależność technologiczna i niedostateczna wartość dodana krajowego przemysłu zielonej gospodarki</p> <p><b>Szansa 1:</b> Rozwój inteligentnej infrastruktury energetycznej, integrującej energetykę prosumencką i systemy magazynów energii</p> <p><b>Szansa 2:</b> Wykorzystanie problemów w zakresie dostaw technologii z firm azjatyckich do wzrost udziału polskich firm przemysłowych w światowych łańcuchach dostaw zielonych technologii i w dostawach na rynek krajowy</p>	<p>Poprawa integracji rozwiązań generujących energię w oparciu o rozwiązania OZE z systemem energetycznym kraju. Rozwój technologii wpłynie na bezpieczeństwo energetyczne kraju w zakresie magazynowania energii oraz rozwój technologii integrujących elementy sprzęgające prosumenckie i przydomowe mikroinstalacje z energetyczną i informatyczną siecią domową. Nastąpi zwiększenie roli krajowego przemysłu w łańcuchach dostaw urządzeń i technologii dla krajowego rynku energetyki odnawialnej i na eksport.</p>
<p><b>Problem 3:</b> Wysoka emisyjność wielkoskalowej energetyki w Polsce, nierozwiązane długookresowe magazynowanie energii z nadwyżek OZE, brak synergii wytwarzania energii przez źródła rozproszone z jej magazynowaniem.</p> <p><b>Szansa 3:</b> Zastosowanie odnawialnych źródeł energii w celu ograniczenia emisyjności energetyki, poprawa elastyczności i stabilności pracy lokalnych systemów energetycznych z wykorzystaniem potencjału przemysłu, rolnictwa i prosumentów</p>	<p>Rozwój nowych urządzeń i rozwiązań, który dzięki wykorzystaniu energii słonecznej, wiatrowej wpłynie pozytywnie na ograniczenie emisyjności energetyki.</p>
<p><b>Problem 4:</b> Brak efektywnych metod wykorzystania biomasy odpadowej i biodegradowalnych odpadów na cele energetyczne i ciepłownicze w Polsce, niskie wykorzystanie produktów odpadowych przemysłu, w tym ciepła odpadowego, w cyklach produkcyjnych.</p> <p><b>Szansa 4:</b> Zagospodarowanie na cele energetyczne produktów odpadowych, a także nadwyżek energii do produkcji wodoru</p>	<p>Rozwój technologii wykorzystujących frakcje odpadowe oraz produkcja wodoru wpłynie na lepsze wykorzystanie produktów odpadowych, poprzez ich segregację oraz zagospodarowanie nadwyżek energii do produkcji m.in wodoru.</p>

## Załącznik nr 1 Geneza problemu i strategia innowacyjnego rozwoju technologii energetycznych

Raport pt. World Energy Investment<sup>v</sup> wskazuje, że w 2017 r. wydatki na redukcję emisji i zmianę mixu energetycznego wyniosły 301 mld USD (w 2016r. było to 298 mld USD). Natomiast znaczący spadek odnotowała energetyka jądrowa, z 31 mld USD w 2016r. do 17 mld USD w 2017r. Od trzech lat maleją także inwestycje w moce wytwórcze oparte o węgiel, ropę naftową i gaz - w 2016 r. wyniosły one 146 mld USD, a w 2017r. już 132 mld USD. Na stabilnym poziomie 2 mld USD od lat utrzymują się inwestycje w magazyny energii. Łączne wydatki na wszystkie technologie niskoemisyjne, do których zaliczamy: energetykę odnawialną i jądrową, energetykę paliw kopalnych z CCSU, magazyny energii oraz poprawę efektywności energetycznej wynoszą od 2015r. powyżej 600 mld USD rocznie. Jednocześnie coraz większe są wydatki na B+R w tym obszarze i wynoszą ponad 25 mld USD, przy czym największe w Chinach stanowiąc 0,07% PKB. Aktualne dane przedstawiają Rysunek 2 i Rysunek 3:



Rysunek 2 Historyczne dane dotyczące mocy (GW) energetycznej inwestycji w bloki węglowe (a) i w bloki gazowe (b) oraz uśrednione prognozy na lata 2025-30 wg scenariusza nowej polityki energetycznej (NPS) i rozwoju zrównoważonego (SDS). Rys. 1. Historyczne dane dotyczące mocy (GW) energetycznej inwestycji w bloki węglowe (a) i w bloki gazowe (b) oraz uśrednione prognozy na lata 2025-30 wg scenariusza nowej polityki energetycznej (NPS) i rozwoju zrównoważonego (SDS).



Rysunek 3 Historyczne dane poziomu inwestycji w mld USD - 2018 (a) i w % (b) w energetykę niskoemisyjną i sieci energetyczne w świecie w porównaniu z oczekiwaniami na lata 2025-30 wg scenariusza SDRys.3. Historyczne dane poziomu inwestycji w mld USD-2018 (a) i w % (b) w energetykę niskoemisyjną i sieci energetyczne w świecie w porównaniu z oczekiwaniami na lata 2025-30 wg scenariusza SD.

Komisja Europejska opracowała już w 2008r. Strategic Energy Technologies Plan - SET Plan<sup>vi, vii</sup>, który jest corocznie uaktualniany. Określa on dziesięć podstawowych działań na rzecz badań i innowacji. Działania dotyczą całego łańcucha innowacji, od badań po wprowadzenie na rynek, a także dotyczą finansowania i ram regulacyjnych.

Wymienia się następujące działania:

- integracja technologii odnawialnych w systemach energetycznych,
- obniżenie kosztów technologii,
- nowe technologie i usługi dla konsumentów,
- odporność i bezpieczeństwo systemów energetycznych,
- nowe materiały i technologie dla budynków,
- efektywność energetyczna dla przemysłu,
- konkurencyjność w globalnym sektorze akumulatorów i e-mobilność,
- paliwa odnawialne i bioenergia,
- wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla,
- bezpieczeństwo jądrowe.

W następstwie SET Planu powołano Europejskie Platformy Technologii i Innowacji, które zostały utworzone w celu wspierania realizacji założeń SET Planu, łącząc kraje UE, przemysł i naukowców w kluczowych obszarach technologicznych. Promują one wykorzystanie nowych technologii energetycznych na rynku poprzez łączenie funduszy, umiejętności i infrastruktury badawczej.

Kilkanaście lat temu, kiedy wprowadzono plan Strategicznych Technologii Energetycznych (SET-Plan), transformacja energetyczna była w przygotowaniu, ale wciąż wyglądała na odległą. Obecnie trwa radykalna transformacja sposobu wytwarzania i wykorzystywania energii w celu zaspokojenia potrzeb społecznych. Czyste odnawialne źródła energii stopniowo zastępują paliwa kopalne. Rozwijają się wielkoskalowe magazyny energii zarówno elektryczne<sup>viii</sup> jak i chemiczne w postaci wodoru<sup>ix</sup>.

Wiele wskazuje na to, że sektor energetyczny zmierza w nowym kierunku. Znaczący postęp technologiczny obniżył koszty energii odnawialnej - często drastycznie, jak w przypadku wiatru, fotowoltaiki i akumulatorów i zwiększył ich wydajności. Zwiększył się członkowski udział wykorzystania energii odnawialnej z 9,7% w 2007r. do 16,4% w 2015r.

W wyniku długich negocjacji, w połowie 2019 roku, UE przyjęła zbiór regulacji zwany „Pakiem Zimowym”, w ramach którego ustanowiono cele redukcyjne, OZE i efektywnościowe w perspektywie roku 2030r.:

- zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o 40% w porównaniu z emisją z 1990r. (w przeliczeniu na poziom z 2005r.: -43% w sektorach EU ETS i -30% w non-ETS);
- co najmniej 32% udział źródeł odnawialnych w zużyciu finalnym energii brutto;
- wzrost efektywności energetycznej o 32,5% w odniesieniu do scenariusza bazowego zwanego PRIMES 2007.

W listopadzie 2019 r., w wyniku negocjacji pomiędzy grupami politycznymi, powróciły jeszcze bardziej ambitne cele, czyli osiągnięcie neutralności klimatycznej gospodarki europejskiej w 2050 r. Zostało to wyrażone w dokumencie o charakterze politycznym zwanym European Green Deal<sup>x</sup> (Europejski Zielony Ład). Celem tej inicjatywy jest uczynienie z Europy pierwszego kontynentu neutralnego pod względem klimatu do 2050r. przy jednoczesnym zwiększeniu konkurencyjności przemysłu.



Już w 2018 r. Komisja Europejska przedstawiła długoterminową strategiczną wizję ograniczenia emisji gazów cieplarnianych (Clean Planet for All)<sup>xi</sup>, pokazując, jak Unia Europejska może wyznaczyć światu drogę do neutralności klimatycznej<sup>xii</sup> tworząc gospodarkę o zerowej emisji gazów cieplarnianych netto. Wizja Komisji Europejskiej ukazuje siedem głównych elementów strategicznych:

- zwiększenie efektywności energetycznej w budownictwie i przemyśle;
- maksymalizacja wykorzystania odnawialnych źródeł energii;
- przyjęcie zasad czystej i bezpiecznej elektromobilności;
- konkurencyjny przemysł UE i gospodarka obiegu zamkniętego jako kluczowe czynniki redukcji emisji gazów cieplarnianych;
- rozwój odpowiedniej inteligentnej infrastruktury sieciowej i wzajemnych połączeń;
- pełne wykorzystanie zalet biogospodarki;
- rozwiązanie problemu emisji CO<sub>2</sub> za pomocą wychwytywania, składowania i wykorzystania dwutlenku węgla (CCSU).

W dokumencie tym, zwraca się szczególną uwagę na rolę badań naukowych i innowacyjnych rozwiązań. Dobrze skoordynowany program badań strategicznych, innowacji i inwestycji pozwoli obniżyć koszty już istniejących rozwiązań zeroemisyjnych i pracować nad nowymi. Z tego powodu Komisja Europejska pracuje nad programem badań i rozwoju zwanym Horizon Europe<sup>xiii</sup>, który ma obejmować perspektywę 2021-2027.

W ramach Horizon Europe Komisja zaproponowała zainwestowanie ok. 35% ze 100 mld euro budżetu, w cele związane z klimatem poprzez rozwój innowacyjnych i efektywnych ekonomicznie rozwiązań. Unijne prace badawcze powinny koncentrować się na transformacyjnych rozwiązaniach neutralnych pod względem emisji gazów cieplarnianych w obszarach takich jak:

- wykorzystanie elektryczności, poprzez odnawialne źródła energii i inteligentne sieci;
- ogniwa wodorowe i paliwowe;
- magazynowanie energii;
- transformacja energochłonnych gałęzi przemysłu na technologie bezemisyjne ;
- gospodarka o obiegu zamkniętym;
- biogospodarka;
- zrównoważone praktyki w rolnictwie i leśnictwie.

W procesie transformacji energetycznej wiodąca rola przypada USA i Chinom<sup>xiv, xv, xvi, xvii</sup> które posiadają największą moc źródeł energii odnawialnych w świecie, odpowiednio 180 i 404 GW, przy 113 GW zainstalowanych w Niemczech.

Nowa polityka energetyczna UE stymulowana poprzez polityczne akty znajduje także mocne odzwierciedlenie w polityce ograniczenia emisji w wiodących korporacjach międzynarodowych.<sup>xviii, xix, xx, xxi, xxii, xxiii</sup>

Międzynarodowa Agencja Energii (International Energy Agency IEA) w raporcie Energy Technology Perspectives 2017<sup>xxiv</sup> podkreśla rolę badań i rozwoju innowacji w energetyce we wspieraniu kluczowych celów polityki klimatyczno-energetycznej, zapewniając jednocześnie bezpieczną, niezawodną i niedrogą energię.

Konieczna będzie wg Raportu interwencja Państwa na wszystkich etapach cyklu życia innowacji, od wczesnych badań, rozwoju i demonstracji (R&D) po wdrożenie przedkomercyjne. Okres do 2030 r. jest krytycznym oknem dla promowania badań i rozwoju, które mogą wspierać innowacje i ulepszenia wydajności technologii potrzebne do głębokich redukcji emisji gazów cieplarnianych, które będą miały miejsce w okresie po 2030 r.

Rząd Polski uwzględniając politykę unijną opracował i przedłożył Komisji Europejskiej Krajowy Plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030 (dalej: KPEiK)<sup>xv</sup>, który przedstawia założenia i cele oraz działania na rzecz realizacji głównych kierunków tej polityki obejmujące:

- bezpieczeństwo energetyczne;
- wewnętrzny rynek energii Unii Europejskiej;
- efektywność energetyczną;
- obniżenie emisyjności gospodarki;
- badania naukowe, innowacyjność i konkurencyjność.

Wyznacza przy tym następujące cele klimatyczno-energetyczne Polski na 2030r.:

- 7% redukcji emisji gazów cieplarnianych w sektorach nieobjętych systemem ETS w porównaniu do poziomu w roku 2005;
- 21-23% udziału OZE w finalnym zużyciu energii brutto (cel 23% będzie możliwy do osiągnięcia w sytuacji przyznania Polsce dodatkowych środków unijnych, w tym przeznaczonych na sprawiedliwą transformację), uwzględniając:
  - 14% udziału OZE w transporcie,
  - roczny wzrost udziału OZE w ciepłownictwie i chłodnictwie o 1,1 pkt. proc. średniorocznie.
  - wzrost efektywności energetycznej o 23% w porównaniu z prognozami PRIMES2007,
  - redukcję do 56-60% udziału węgla w produkcji energii elektrycznej.

Polityka na rzecz energii i klimatu zintegrowana jest ze współczesnym trendem gospodarczym i społecznym zwanym gospodarką obiegu zamkniętego - GOZ<sup>xvi</sup>. Podstawą koncepcji GOZ jest założenie, że wszystkie elementy łańcucha produkcyjnego produkty, materiały oraz surowce pozostają w obiegu tak długo, jak jest to możliwe. Natomiast wytwarzanie odpadów powinno być ograniczone do minimum. Przejście na model gospodarki o obiegu zamkniętym wymaga podejmowania odpowiednich działań na wszystkich etapach cyklu życia produktu, zaczynając od pozyskania surowca, przez projektowanie, produkcję, konsumpcję, zbieranie odpadów i ich zagospodarowanie. W tym modelu gospodarczym kluczową rolę oprócz surowców podstawowych odgrywa energia.

KPEiK powiązany jest z innym dokumentem strategicznym, a mianowicie projektem Polityki Energetycznej Polski do 2040 r. Dokument nie został jeszcze formalnie przyjęty przez Rząd. Strategia rozwoju sektora paliwowo-energetycznego stanowi odpowiedź na najważniejsze wyzwania stojące przed polską energetyką w najbliższych dziesięcioleciach oraz wyznacza kierunki rozwoju sektora energii z uwzględnieniem zadań niezbędnych do realizacji w perspektywie krótkookresowej. Aktualnie cele klimatyczne, efektywnościowe i kierunki inwestowania zaprojektowane w PEP, tożsame z KPEiK, są przedmiotem negocjacji z Komisją Europejską, tak aby mogły się wpisać w realizację wspólnych celów unijnych przyjętych na 2030 r.

Należy oczekiwać, że Komisja Europejska realizując konkluzje Rady z 12 grudnia 2019 r., w których przyjęto cel neutralności klimatycznej gospodarki unijnej w 2050 r., wkrótce przedstawi propozycje nowych działań, bardziej ambitnych niż dotychczas przyjęte na 2030 r. (np. zwiększenie poziomu ograniczenia emisji dwutlenku węgla w 2030 r. do 50-55%).

Spośród pozostałych strategii wynikających z SOR, PEP najsilniej wiąże się z Polityką Ekologiczną Państwa 2030 (PEP2030) i Strategią zrównoważonego rozwoju transportu do 2030 roku w odniesieniu do redukcji emisji CO<sub>2</sub> i zanieczyszczeń oraz tzw. niskiej emisji, Strategią zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa 2030 w odniesieniu do wykorzystania potencjału rolnictwa i obszarów wiejskich na cele energetyczne, i Krajową strategią

rozwoju regionalnego w kontekście wzajemnych relacji sektora energii i produktywności gospodarki oraz rozwoju kraju.

Istotne jest aby wspólne inicjatywy projektów badawczych i wdrożeniowych przyniosły dodatni efekt synergii współpracy pozwalający na przyspieszenie rozwoju i wdrażania innowacyjnych technologii energetycznych. Mając na uwadze aktualny kształt sektora oraz kierunek jego zmian największe oczekiwania wiąże się z rozwojem efektywnych ekonomicznie niskoemisyjnych technologii wytwarzania energii, poprawy efektywności energetycznej, jak również magazynowania energii i digitalizacji systemu elektroenergetycznego. Bardzo pożądane są rozwiązania pozwalające na rozwój mocy opartych o odnawialne źródła energii w sposób nie zagrażający bezpieczeństwu pracy Krajowego Systemu Energetycznego.

Potrzeby krajowego sektora energetycznego są zbieżne z preferencjami wskazanymi w planie Krajowych inteligentnych Specjalizacji<sup>xxvii</sup>(KIS) w zakresie udzielania wsparcia prac badawczych, rozwojowych i innowacyjności (B+R+I) w ramach nowej perspektywy finansowej na lata 2014-2020. Należą do tych kategorii m.in.

- Biogospodarka rolno-spożywcza, leśno-drzewna i środowiskowa
  - Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego
  - Biotechnologiczne i chemiczne procesy, bioprodukty i produkty chemii specjalistycznej oraz inżynierii środowiska
- Zrównoważona energetyka
  - Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii
  - Inteligentne i energooszczędne budownictwo
  - Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku
- Gospodarka o obiegu zamkniętym – woda, surowce kopalne, odpady

Wszystkie wymienione w analizowanych dokumentach cele znajdują także odzwierciedlenie w obszernym przeglądzie ekspertów z kilkudziesięciu krajów pt. Innovation priorities to transform the energy system<sup>xxviii</sup> (International Renewable Energy Agency). Wskazuje się listę obszarów tematycznych podzielonych na trzy grupy, które w różnym stopniu wymagają wsparcia w osiągnięciu dojrzałości rynkowej dla danej grupy technologii. Niewątpliwie do obszarów tematycznych o największej dojrzałości (Technology Rediness Level - TRL) można zaliczyć technologie wiatrowe i fotowoltaiczne, natomiast to grupy wymagających większego wsparcia na niższym poziomie technologicznym (TRL) wchodzi np. technologie wodorowe.

## **Załącznik nr 2 Diagnoza problematyki ujętej w Programie wraz z propozycją rozwiązań**

Realizacja podstawowego celu głównego i celów szczegółowych Programu będzie możliwa dzięki skoncentrowaniu prac badawczych w niżej wymienionych obszarach technologicznych:

- T1. Energetyka solarna;
- T2. Energetyka wiatrowa na lądzie i na morzu;
- T3. Technologie wytwarzania i wykorzystania wodoru;
- T4. Magazyny energii i mikrosieci energetyczne i ciepłe;
- T5. Energetyczne wykorzystanie odpadów i ciepła z gazów poprocesowych;
- T6. Energetyczne wykorzystanie ciepła geotermalnego (geotermia)

W każdym obszarze dokonano odrębnej, wnikliwej analizy strategiczności omawianej tematyki. Uwzględniając definicję problemu strategicznego – jako sytuację realnie istniejącą, możliwą do zweryfikowania w oparciu o dostępne źródła danych, o istotnym znaczeniu dla rozwoju społecznego i gospodarczego kraju, uznaną przez różne grupy interesariuszy za podstawową kwestię do rozwiązania w oparciu o proponowany projekt Programu - przeanalizowano cztery wymiary strategiczności:

- „strategiczność” pod względem polityki w obszarze programu - zapewnienie zgodności z polityką innowacyjności/ dokumentami strategicznymi;
- „strategiczność” pod względem tematyki – najważniejsze wyzwania, priorytety rozwojowe w perspektywie wieloletniej;
- „strategiczność” co do skali wdrożeń - w rozumieniu zapewnienia znaczącej skali wdrożeń rozwiązań technologicznych w obszarze produktów/ procesów/ usług i oddziaływania rynkowego lub społecznego;
- „strategiczność” pod względem horyzontu oddziaływania - zapewnienie długookresowego horyzontu programów z uwzględnieniem możliwości wsparcia gospodarki w okresie wychodzenia z kryzysu spowodowanego epidemią COVID-19.

Na tej podstawie, w każdym obszarze badawczym sformułowano cel prac badawczo-rozwojowych, przeanalizowano stan obecny i docelowy danej tematyki, a także zaproponowano metodę rozwiązania zidentyfikowanych problemów. W tym miejscu zostały przedstawione kluczowe problemy badawcze do rozwiązania, a także zaproponowano sposoby komercjalizacji wyników prac. Całość tworzy spójną, kompleksową koncepcję, której elementem są prace B+R. Częścią tej koncepcji są także wskazówki odnośnie sposobu przeprowadzania konkursów na projekty badawcze w dotychczasowej formule

W kolejnych punktach opracowania wskazano potencjał instytucjonalny i społeczny niezbędny przy realizacji projektów, a także potencjał wykonawczy, czyli beneficjentów projektów oraz wskazano ostatecznych odbiorców wyników prac.

## T1. Energetyka solarna

### Analiza strategiczności tematyki

#### Problem:

Wg Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030 (KPEiK) wykorzystanie energii słonecznej stanowi alternatywę dla wykorzystania terenów przemysłowych i słabej jakości gruntów. Jednym ze sposobów na ich zagospodarowanie jest zainstalowanie na nich systemów fotowoltaicznych służących do przetwarzania energii słonecznej Instalacji fotowoltaicznych powstających w różnych miejscach na terenie Polski będzie coraz więcej, ale nawet jak będą budowane w sposób rozporoszony, to ich całkowita moc zainstalowana będzie mieć coraz większy wpływ na funkcjonowanie krajowego systemu energetycznego (KSE). Ocenia się, że źródła fotowoltaiczne osiągną pełną dojrzałość ekonomiczno-techniczną po 2022 r. Wg Instytutu Energetyki Odnawialnej do 2018r. polskie firmy dostarczały na rynek ok 50% kluczowych urządzeń (modułów fotowoltaicznych) i zapewniały niemalże 100% usług instalacyjnych. Jednak już w 2019 r. potrzeby szybko rosnącego rynku w coraz większym stopniu zaczęły zaspokajać firmy zagraniczne.

Dynamicznemu rozwojowi krajowego rynku, który już w 2019r. miał wartość ok. 4 mld zł (w 2020 roku może osiągnie wartość rzędu 10 mld zł) , poza pojedynczymi projektami nie towarzyszą adekwatne, odpowiednio szeroko zakrojone prace badawcze nad: i) rozwojem nowych technologii, ii) wspieraniem konkurencyjności polskich firm przemysłowych i instalacyjnych w łańcuchu dostaw na rynku krajowym oraz iii) wsparciem eksportu. Branża osiągnęła już odpowiednią „masę krytyczną” do finansowania rozwoju technologii, pozyskiwania know-

how i wdrażania innowacji, ale brak strategicznie ukierunkowanego na przemysł programu badawczego zmniejsza wartość dodaną wynikającą z masowych inwestycji, utrudnia ekspansję zagraniczną i rozwój polskich specjalności, zwiększa import oraz zmniejsza tempo komercjalizacji fotowoltaiki i jej zdolności do obniżania cen energii.

#### Cel:

Utrzymanie wysokiego udziału polskich firm w dostawach urządzeń i elementów instalacji fotowoltaicznych na rynek krajowy oraz zwiększanie potencjału polskich dostaw w niszach ważnych dla Polski i tworzenie w tych obszarach polskich specjalności eksportowych.

#### Stan obecny:

Od 2015 r. trwa niespotykany wcześniej w żadnej innej branży energetycznej dynamiczny rozwój nowych mocy fotowoltaicznych. Średnie tempo wzrostu mocy zainstalowanych w systemach fotowoltaicznych w Polsce w latach 2015-2019 wyniosło niemal 125% (w 2019r. moce wzrosły o 150%), przy średnim wzroście mocy zainstalowanej całej branży OZE o 9%. Całkowita moc zainstalowana w systemach fotowoltaicznych na koniec 2019r. wyniosła 1300 MW, a Polska pod względem tempa wzrostu branży fotowoltaicznej znalazła się na piątym miejscu w UE. Tylko w styczniu 2020r. przybyło kolejne 170 MW nowych mocy, a obecne trendy wskazują, że ogółem w br. przybędzie 2000 MW, a łączna moc systemów fotowoltaicznych na koniec roku wyniesie 3,3 GW. Fotowoltaika stanie się drugą po lądowej energetyce wiatrowej technologią energetyki odnawialnej w Polsce. Trendy te wpisują się w pełni w Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030 (KPEiK) i w nową unijną strategię – Europejskie Zielony Ład, która zwłaszcza dzięki OZE ma doprowadzić UE do neutralności i uczynić światowym liderem w wykorzystaniu i produkcji zielonych technologii.

Polska fotowoltaika - w przeciwieństwie do wielu krajów w Europie - ma bardzo prosumencki, rozproszony charakter, który wynika z zainteresowania obywateli produkcją energii we własnym zakresie i powstania wielu małych firm instalatorskich te oczekiwania zaspokajających. Energetyka prosumencką rozwija się w Polsce od 2012r., a szczególnie intensywnie w latach 2018-2020. Jednocześnie jednak polski system aukcyjny pozwalał na zamawianie w latach 2017-2020 jednego z największych w UE wolumenu energii z farm fotowoltaicznych o mocach do 1 MW (segmentu pierwotnie adresowanego do MŚP). Dopiero od niedawna na zasadach komercyjnych przygotowywane są duże farmy fotowoltaiczne o mocach rzędu dziesiątek MW (segment dużych inwestorów).

We wszystkich tych segmentach, ale w szczególności w segmencie prosumenckim i segmencie małych instalacji PV, w zakresie przetwarzania i magazynowania energii słonecznej można wskazać szereg działań i rozwiązań, które prowadzić powinny do szybszej komercjalizacji technologii fotowoltaicznych oraz penetracji nowych nisz rynkowych przez polskie firmy technologiczne.

#### Stan docelowy:

- Wpisanie fotowoltaiki w transformację energetyczną i pełne wykorzystanie potencjału polskich firm technologicznych, w szczególności w obszarach BIPV (Building Integrated Photovoltaics czyli fotowoltaika zintegrowana z budynkami), systemów mocowań oraz wytwarzania modułów fotowoltaicznych.
- Systematyczne zwiększanie potencjału energetyki prosumenckiej opartej na mikroźródłach i małych źródłach fotowoltaicznych do poziomu 5 GW w 2030r. poprzez usuwanie barier technicznych (obszary integracji z siecią i z budynkami).
- Efektywne i wielofunkcyjne wykorzystanie przestrzeni rolniczej i nieużytków umożliwiające bezkonfliktową realizację potencjału 5 GW mocy dużych farm fotowoltaicznych do 2030r.

### Strategiczność tematyki:

Zgodnie z założeniami przyjętymi dla KPEiK przewiduje się wzrost mocy osiągalnej w instalacjach PV do ok. 7,3 GW w 2030r. (4 miejsce po elektrowniach na węgiel kamienny, lądowych elektrowniach wiatrowych oraz elektrowniach na węgiel brunatny) i ok. 16 GW w 2040r. (miejsce 1.). Jak zaznacza rząd, wartości te mogą podlegać zmianom z uwagi na trwające prace nad ww. projektami i szybsze od uwzględnianego w dokumentach tempo wzrostu brany PV.

Według założeń KPEiK, udział OZE w produkcji energii elektrycznej w 2030r. względem 2015r. wzrośnie z 13% (23 TWh) do 31,8%, (ok. 64 TWh). Do 2040r. osiągnie natomiast ok. 40% (ok. 90 TWh), z czego 1/6 to produkcja z jednostek fotowoltaicznych (ok. 15 TWh, 7% udział w ogólnej produkcji energii elektrycznej). W ogólnej strukturze zużycia OZE w elektroenergetyce, w 2030r. fotowoltaika ma stanowić 10,6%, zaś w 2040 r. – 16,5%.

KPEiK (rozdział „Wymiar „badania naukowe, innowacje i konkurencyjność”) wśród kierunków rozwoju innowacji energetycznych wymienia m.in. zwiększenie konkurencyjności polskiego sektora energii poprzez

- stałe podnoszenie zaawansowania technologicznego i jakości funkcjonowania,
- wdrażanie konkurencyjnych modeli organizacyjnych i biznesowych.

Wymienione kierunki interwencji są w pełni spójne z kierunkami rozwoju branży fotowoltaicznej, która osiągnęła odpowiedni etap do absorpcji innowacji i dalszej ekspansji. Krajowe inteligentne Specjalizacje (KIS) wskazują na kilka priorytetowych obszarów badawczych dla branży fotowoltaicznej, w tym:

- w obszarze nowych technologii: poprawa sprawności oraz innych cech eksploatacyjnych w konwencjonalnych ogniwach fotowoltaicznych,
- w obszarze prosumenckim: wykorzystanie innowacyjnych rozwiązań technologicznych w mikroźródłach fotowoltaicznych (w tym nowe materiały do zastosowań w fotowoltaice),
- w obszarze integracji fotowoltaiki z budynkami: nowe materiały, nanomateriały i nanokompozyty do wysokowydajnego pozyskiwania energii fotowoltaicznej z wykorzystaniem krzemu mono- i polikrystalicznego oraz materiałów nieorganicznych i organicznych,
- w obszarze „fotonika” (dla niskich TRL): technologie wysokowydajnych ogniw cienkowarstwowych i ogniwa słoneczne trzeciej generacji, w oparciu o przyszłościowe materiały, jak na przykład CIGS, perowskity czy rozwój ogniw trzeciej generacji w oparciu o kropki kwantowe.

Tworzący się potencjał i dążenia polskiego przemysłu PV przy wsparciu polityki państwa wpisują się w najnowszą wersję Strategic Energy Technology Plan - tzw. SET-Plan (z września 2019r.). SET-plan potwierdza, że Europa jest liderem w dziedzinie badań i rozwoju technologii fotowoltaicznej. Badania i innowacje w połączeniu z wdrożeniem fotowoltaiki na dużą skalę spowodowały spadek cen modułów fotowoltaicznych o około 80% w latach 2009–2015. W UE w latach 2008-2016 ceny domowych systemów fotowoltaicznych spadły o ponad 80% i w części krajów stają się konkurencyjne w porównaniu z energią z sieci (w Polsce potrzebne są jeszcze dopłaty np. z programu „Mój prąd”).

Rozwój fotowoltaiki wynika z trendów światowych i globalnej konkurencji firm technologicznych i ośrodków badawczych. Wobec opóźnień w uruchomieniu krajowego potencjału fotowoltaicznego i braku wiodących firm technologicznych konieczne jest włączenie się polskich ośrodków naukowych w przełomowe badania, które mają szansę na przełomowe wdrożenia.

### Skala wdrożeń:

Fotowoltaika cieszy się w Polsce dużym wsparciem społecznym i jest popierana przez wszystkie partie polityczne, co ułatwia tworzenie korzystnych rozwiązań legislacyjnych, które stwarzają stabilne ramy rozwoju i są zachętą do rozwoju innowacji. W lutym 2019 r., pod przewodnictwem Ministra Przedsiębiorczości i Technologii (obecnie – Rozwoju), rozpoczął działanie Międzyresortowy Zespół ds. Ułatwienia Inwestycji w Prosumenckie Instalacje Odnawialnych Źródeł Energii Elektrycznej. W jego skład wchodzi przedstawiciele kluczowych ministerstw, URE, UOKiK, samorządy, eksperci z branży energetycznej. Efektem prac Zespołu było opracowanie tzw. „pakietu prosumenckiego”. Warto podkreślić, że obecnie praktycznie 100% budowanych mikroinstalacji prosumenckich to systemy fotowoltaiczne. „Pakiet prosumencki” obejmuje szereg działań w tym:

- wprowadzenie od 2019 r. ulgi podatkowej dla inwestujących w domowe instalacje PV,
- uruchomionym programem wsparcia finansowego ze środków publicznych - Program „Mój Prąd” (program ruszył na początku września 2019 r.),
- objęcie jednolitą, obniżoną stawką podatku VAT (8%) dostawę i budowę mikroinstalacji OZE bez względu na to, gdzie na działce jest zlokalizowana.

W 2020r. planowane jest wydanie przez MAP (wraz z MR i MRiRW) nowych rozporządzeń do przepisów przyjętych w ramach I pakietu prosumenckiego (nowelizacja ustawy o OZE), które mają uporządkować zasady funkcjonowania prosumentów i spółdzielni energetycznych oraz ujedynolnić zasady przyłączania mikroinstalacji do sieci dystrybucyjnej. W II połowie roku planowane jest wdrożenie podstaw prawnych dla modelu prosumenta zbiorowego (tj. zbiorowego wykorzystania instalacji OZE) na terenach miejskich (wspólnoty i spółdzielnie mieszkaniowe) oraz dalsze zachęty i ułatwienia dla funkcjonowania prosumenta indywidualnego.

Zdaniem Zespołu prowadzone działania mogłyby doprowadzić do sytuacji, gdy łączna moc prosumenckich mikroinstalacji OZE wyniosłaby w 2030r. 9,2 GW, (znacznie więcej niż zakłada KPEiK – 2,5 GW), a w 2040r. – 16,2 GW.

Rozwój wielkoskalowych instalacji fotowoltaicznych opiera się natomiast głównie na systemie aukcyjnym obowiązującym od 1 lipca 2016 r. Inwestorzy od 2016r. są wspierani przez aukcje na energię z promieniowania słonecznego organizowane przez Prezesa URE. Fotowoltaika (poza lądową energetyką wiatrową) jest największym beneficjentem systemu aukcyjnego, w ramach którego dotychczas zakontraktowano budowę ponad 1,5 GW nowej mocy w farmach fotowoltaicznych i planowane jest do zakontraktowania w 2020 roku kolejnych 1- 1,5 GW.

Szeroko zakrojonym działaniom legislacyjnym oraz znaczącym planom i zamierzeniom inwestycyjnym dotychczas nie towarzyszył krajowy program badawczy nakierowany na rozwój przemysłu i działań wspierających na rzecz wykorzystania innowacji do szerokiego wprowadzania fotowoltaiki do krajowego mixu energetycznego z uwzględnieniem zagadnień przestrzennych (dostępności miejsc pod lokalizację systemów PV) i zintegrowania dużych mocy fotowoltaicznych z koncepcją przyspieszonej transformacji energetycznej. Założenia Europejskiego Zielonego Ładu (przyspieszone wprowadzanie rozproszonych OZE na dużą skalę) jeszcze bardziej niż dotychczas uzasadniają potrzebę działań wyprzedzających, w tym usuwających zagrożenia dla szybko rozwijającej się technologii fotowoltaicznej w Polsce wynikających z istoty nieelastycznego i scentralizowanego systemu energetycznego bazującego na paliwach stałych oraz ograniczonych doświadczeń w obszarze generacji rozproszonej i rozsianej. Europejski „Zielony Ład” z propozycjami działań we wszystkich sektorach stwarza szczególne szanse na rozwój technologii na styku fotowoltaiki, rolnictwa i gospodarki wodnej. Rozwiązaniem problemu narastającej wraz ze zmianami klimatu, suszy glebowej jest tzw. „agrofotowoltaika” (Agri-PV). Rozwiązania takie mogą zoptymalizować użytkowanie gruntów rolnych i umożliwić dostosowanie rolnictwa i jego

zaangażowanie w walce ze zmianami klimatu. Europejskie firmy organizują konsorcja w tym zakresie i zamierzają podpisać z Komisją Europejską tzw. „sectorial deal” (w ramach European Green Deal). Aktywne włączenie się polskich firm i ośrodków badawczych we współpracy z silnym, ale narażonym na susze krajowym rolnictwem daje olbrzymią szansę na rozwój polskiej specjalności w technologii fotowoltaicznej.

#### Horyzont czasowy:

Program badawczy w fotowoltaice należy najpierw nakierować na rozwiązanie bieżących, konkretnych problemów związanych z integracją nowej technologii z dostępną przestrzenią oraz z systemem energetycznym, aby zapewnić płynny rozwój rynku i warunki do budowy potencjału innowacyjnego polskich firm. Efekty realizacji I etapu w postaci pełnoekranowej demonstracji w realnym środowisku i komercjalizacji powinny się pojawić przed 2025 rokiem.

Jeżeli chodzi o nowe technologie produkcji ogniw i modułów, to oprócz wysoko wydajnych technologii krzemowych proponuje się działanie na w dwóch kierunkach technologicznych do tej pory wspieranych i promowanych w sposób ograniczony:

- technologii CIGS (opartej na materiałach w których Polska ma olbrzymie doświadczenie przemysłowe); CIGS to Copper Indium Gallium Selenide solar cells czyli cienkowarstwowe ogniwa fotowoltaiczne oparte na miedzi, indzie, galu i selenie w postaci napyłanych nanowarstw (a nie na ciętym na płytki krystalicznym krzemie, który obecnie dominuje) oraz
- energetycznych szybach na przykład w formule „kropek kwantowych”.

W I-szej fazie – do 2025 roku należy oczekiwać uruchomienia produkcji ogniw w skali pilotażowej (wspartej rozwojem bazy laboratoryjnej), a w II-giej fazie po 2025 roku pełnej komercjalizacji technologii polegającej na budowie linii produkcyjnych w wydajności rzędu 0,3-0,5 GW /rok, w tym opartych na udoskonalonych technologiach krzemowych.

Raport Instytutu Energetyki Odnawianej „FINANSOWANIE PROJEKTÓW OZE Z ZAKRESU ELEKTROENERGETYKI” wskazuje, że nakłady inwestycyjne na produkcję ogniw, modułów i komponentów fotowoltaicznych, które oceniono na ponad 1,4 mld zł, co stanowi 9% całkowitych nakładów na inwestycje w wytwarzanie energii w latach 2021-2025 w systemach PV.

Obie technologie powinny być związane z aplikacjami na rynku Agri-PV i BIPV (Building Integrated Photovoltaics czyli fotowoltaika zintegrowana z budynkami -ogólnie strukturami budowlanymi).

Ww. raport „FINANSOWANIE PROJEKTÓW OZE...” wskazuje też, że ogólne nakłady na energetykę odnawialną w latach 2020-2030 wyniosą ponad 116,4 mld zł, w tym 101 mln zł (86%) to inwestycje w źródła pogodowo zależne i zeroemisyjne (energia słoneczna i energia wiatrowa). W szczególności 28% tej kwoty zostanie przeznaczona na fotowoltaikę, a 35% na morskie elektrownie wiatrowe, 23% lądowe elektrownie wiatrowe. Proponowana metoda rozwiązania

W celu wykorzystania szerokich planów inwestycyjnych do pobudzenia innowacji w przemyśle niezbędnym będzie stworzenie odpowiedniego systemu wsparcia, w ramach którego udzielane byłoby dofinansowanie na projekty zapewniające poprawę wydajności systemów fotowoltaicznych wytwarzających energię i efektywność ich funkcjonowania w systemie energetycznym.

W zakresie przetwarzania i magazynowania energii słonecznej można wskazać szereg działań i rozwiązań, które powinny prowadzić do szybszej komercjalizacji technologii fotowoltaicznych i penetracji nowych nisz rynkowych



(np. zastosowań umożliwiających alternatywne lokalizacje lub zwiększających możliwości przyłączenia do sieci energetycznej – lepsze wykorzystanie zasobów energetycznych).

Kluczowe aspekty i etapy programu badawczego w obszarze fotowoltaiki to:

- Zwiększenie dostępności powierzchni (i informacji o niej) pod lokalizację systemów fotowoltaicznych na terenach rolniczych, względem punktów przyłączenia ich do sieci i punktów poboru energii, w tym rozwój alternatywnych lokalizacji zintegrowanych z budynkami (na wzór produkowanych przez Teslę „dachówek solarnych”) i innymi obiektami.
- Nowe urządzenia i wielofunkcyjne rozwiązania, które dzięki wykorzystaniu energii słonecznej poprawiają ekonomikę, funkcjonalność, komfort i estetykę obiektów budowlanych, transportowych, produkcyjnych (np. w rolnictwie) takich jak:
  - rozwój konstrukcji systemów fotowoltaicznych zintegrowanych z systemem uprawy roślin w rolnictwie, w tym w szczególności tzw. „agrivoltaics” – konstrukcji paneli PV zapewniającej półcień i możliwość uprawy roli pod wyniesionymi na odpowiednio wysokość ażurowymi panelami (rozwiązanie umożliwiające wielofunkcyjne wykorzystanie ziemi uprawnej i zapobiega negatywnym skutkom suszy glebowej i atmosferycznej);
- technologia produkcji szkła z fotowoltaiczną warstwą czynną, pozwalającą na wytwarzanie energii lub technologia produkcji częściowo przezroczystych modułów;
- rozwój modułów dwustronnych (ang. bifacial modules) wraz nowymi systemami mocowań (np. instalacje w formie „płatów”) i nowymi sposobami optymalizacji sprawności i wydajności takich rozwiązań;
- fotowoltaika zintegrowana z konkretnymi strukturami i urządzeniami typu pokrycia dachów samochodów elektrycznych, łodzi, samolotów, telefonów, gdzie czas życia urządzeń PV nie jest tak długi, a jednocześnie mogą liczyć się inne ich cechy użytkowe (np. waga, wygląd, estetyka) i gdzie zastosowanie mogą znaleźć też mniej trwałe ogniwa organiczne i cienkowarstwowe lub gdzie jest konieczność spełnienia dodatkowych wymogów budowlanych w zakresie izolacyjności energetycznej, termicznej oraz przepisów przeciwpożarowych;
- wdrożenie systemów fotowoltaicznych nawodnych (pływających) w małej skali na rynek krajowy i w dużej skali na export;
- rozwój i wdrożenie na większą skalę produkcji krajowej ogniw i modułów krzemowych oraz wg nowych technologii: CIGS, energetycznych szybach w formule „kropek kwantowych” ew. ogniw tandemowych opartych na perowskitach;
- rozwój usług pozwalających na: określenie kluczowych parametrów umożliwiających optymalizację pracy urządzeń wchodzących w skład systemów fotowoltaicznych oraz analizę produktywności tych systemów i zarządzanie bezpieczeństwem dostaw energii na terenie kraju. Chodzi tu o usługi wykorzystujące m.in. technologie ICT, systemy informacji przestrzennej i systemy prognoz pogody powinny obejmować m.in. zarządzanie systemami energetycznymi z fotowoltaiką np. w postaci hybryd, krótkoterminowe przewidywanie produktywności itp.
- urządzenia usprawniające integrację źródeł fotowoltaicznych z systemami wytwarzania ciepła i energii elektrycznej i składającymi się z różnych źródeł energii (PV + wodór + magazyny ciepła) i różnych odbiorników energii, urządzenia termoelektryczne, a także umożliwiającymi automatyczne kontraktowanie i dzielenie się energią (prosument zbiorowy);
- rozwiązania pozwalające na recykling urządzeń fotowoltaicznych, w tym rozwój urządzeń biodegradowalnych;

- optymalizacja elementów i komponentów w systemach fotowoltaicznych, w tym urządzeń służących do przetwarzania i dystrybucji energii; (np. innowacje z zakresu pokrycia modułów, mocowań modułów i paneli, nowy typ obudowy dla modułów elastycznych, skutecznej i trwałej enkapsulacji ogniw PV, optymalizacji pracy inwerterów i algorytmów szukania maksymalnego punktu mocy –MPP).

Realizacja projektów powinna skończyć się na poziomie gotowości technologicznej (TRL) 8/9.

### Potencjał instytucjonalny i społeczny

Technologia fotowoltaiczna może uzyskać olbrzymie wsparcie w sektorach rolnictwa i budownictwa, które są największymi działami gospodarki narodowej i borykają się z rosnącymi cenami energii. Energetyka prosumencka ma olbrzymie wsparcie społeczne i może służyć zarówno tzw. klasie średniej jak i być instrumentem walki z tzw. ubóstwem energetycznym (element polityki społecznej).

### Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów)

W zakresie badań potencjałem dysponują wyższe uczelnie techniczne, instytuty PAN i instytuty badawcze. W zakresie pozyskania technologii, a wcześniej wybudowania instalacji pilotażowej - potencjałem dysponują przedsiębiorstwa przemysłowe i usługowe działające w obszarze budowy i remontów maszyn i urządzeń energetycznych.

Polska nie ma żadnej firmy produkującej komercyjne ogniwa fotowoltaiczne, ale na rynku z powodzeniem działają firmy produkujące moduły fotowoltaiczne oraz inwertery. Niektóre firmy produkujące moduły specjalizują się w rozwiązaniach BIPV, w tym wykorzystując tzw. kropki kwantowe do produkcji „szyb fotowoltaicznych”, wytwarzających energię z promieniowania słonecznego spoza spektrum światła widzialnego czy specjalizujące się w fotowoltaice zintegrowanej z konkretnymi strukturami i urządzeniami takimi jak dachy samochodów elektrycznych, łodzi itp.

Silną stroną Polski w łańcuchu dostaw są systemy mocowań i konstrukcji służących do fundamentowania, które pełnią też rolę integratorów i rozwijają potencjał eksportowy.

Szybko rozwijają się także firmy EPC realizujące farmy fotowoltaiczne a prosumentów obsługują firmy instalacyjne (MŚP).

Jest też wiele firm działających w otoczeniu oraz w różnych miejscach łańcucha dostaw, w jakim nowe technologie wprowadzane są na rynek, a w szczególności dystrybutorów i firm doradczych.

Najbardziej kompleksowy opis potencjału wykonawczego z listą firm w łańcuchu dostaw (niemal 2000) oraz wielkością zatrudnienia (ponad 5 tys. etatów) zawierają raporty Instytutu Energetyki Odnawianej z 2020 roku: „Mapa Drogowa Rozwoju Przemysłu Fotowoltaicznego w Polsce do 2030 roku” oraz „Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2020”. Raporty zawierają też informacje o innowacjach wdrażanych przez firmy. Potencjał badawczy w sektorze fotowoltaiki został oceniony w 2017 roku w raporcie Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN pt. „Biała księga innowacji w Fotowoltaice polskiej”, gdzie zidentyfikowano 20 instytutów naukowych i uczelni prowadzących badania w obszarze fotowoltaiki.

### Ostateczni odbiorcy

Odbiorcą instalacji prosumenckich są właściciele gospodarstw domowych, spółdzielnie i wspólnoty mieszkaniowe, firmy przemysłowe i usługowe, rolnicy oraz sektor publiczny. Inwestorami w farmy fotowoltaiczne są firmy prywatne i spółki energetyczne będące w zarządzie skarbu państwa. Wśród przemysłowych inwestorów istotną rolę pełnią spółki komunalne, ciepłownicze (zapewniające też możliwość magazynowania energii w

cieple/chłodzie) oraz firmy wodociągowo-kanalizacyjne. Ważnym odbiorcą wyników prac badawczych w fotowoltaice są Jednostki Samorządu Terytorialnego (regiony, powiaty, a w szczególności gminy), związki organizacji rolniczych, związki inżynierów budownictwa, które realizują działania planistyczne oraz uczestniczą w systemie dostaw dla odbiorców końcowych. W ostatnich latach także duże koncerny energetyczne coraz poważniej wprowadzają wielkopowierzchniowe farmy fotowoltaiczne do swoich strategii rozwojowych.

## T2.1 Energetyka wiatrowa na lądzie

### Analiza strategiczności tematyki

#### Problem:

W sektorze energii elektrycznej z OZE kluczową rolę odegra lądowa energetyka wiatrowa (z czasem wspierana morskimi farmami wiatrowymi) z udziałem rosnącym odpowiednio z 45% w 2015r. do ponad 60% w 2030r., co wymaga dwukrotnego wzrostu generacji wiatrowej w latach 2021-2030. Na drodze do utrzymania na odpowiednio wysokim poziomie technicznym istniejących zdolności wytwórczych oraz rozwoju nowych stoją bariery uniemożliwiające efektywne wykorzystanie potencjału technicznego i ekonomicznego lądowych farm wiatrowych w Polsce. Problem ten i stojące za nim ograniczenia mogą być rozwiązywane w ramach co najmniej dwóch kierunków innowacji energetycznych wskazanych w KPEiK: (1) „optymalizacja wykorzystania zasobów” (2) „efektywne wytwarzanie energii łączące ograniczenie wpływu na środowisko z bezpieczeństwem energetycznym”.

#### Cel:

Zdecydowana poprawa możliwości wykorzystania potencjału technologii energetyki wiatrowej w warunkach polskich.

#### Stan obecny:

5917 MW zainstalowanych jest już obecnie w farmach wiatrowych, 3400 MW nowej mocy zakontraktowanych jest przez rząd po aukcjach na energię z OZE w latach 2018/2019 i do 1500 MW planowanych do zakontraktowania w aukcji w 2020r. - do realizacji do 2023 roku. Istnieje konieczność wymiany do 2030 roku ok. 3000 MW z istniejących obecnie mocy zainstalowanych na najbardziej nowoczesne technologie.

#### Stan docelowy:

- Optymalne ze względów technicznych, gospodarczych i społecznych oraz najbardziej efektywne wykorzystanie potencjału ekonomicznego energetyki wiatrowej ocenianego ogółem (istniejące i nowe lokalizacje) na 22 GW w 2030r.;
- Redukcja kosztów wytwarzania energii ze wszystkich nowobudowanych elektrowni wiatrowych do poziomu poniżej 160 PLN/MWh, tj. do poziomu niemal dwukrotnie niższego niż obecny średni koszt wytwarzania energii z krajowego systemu energetycznego i dwukrotnie niższego niż koszt wytwarzania energii z farm wiatrowych budowanych w 2005r.

#### Strategiczność tematyki:

Lądowa energetyka wiatrowa tzw. „on-shore wind” w Polsce rozwija się intensywnie od 2005r. i ma najwyższą moc zainstalowaną ze wszystkich rodzajów odnawialnych źródeł energii (OZE). Z mocą zainstalowaną 5917 MW w farmach wiatrowych Polska zajmuje 7 miejsce w UE. W latach 2020-2022 przybędzie kolejne 3400 MW mocy zakontraktowanych w akcyjnym systemie wsparcia OZE i dodatkowo kilkaset megawatów nowej mocy zakontraktowanych na zasadach rynkowych w ramach tzw. korporacyjnych umów sprzedaży energii (ang. PPA). Spodziewany w latach 2020-2023 przyrost nowej mocy rządu 1 GW rocznie uczyni z Polski w najbliższych latach trzeci lub czwarty rynek inwestycji w lądowej energetyce wiatrowej w UE, po Hiszpanii, Szwecji, ew. Francji lub

Niemczech. Wkrótce moce polskich farm wiatrowych przekroczą 10 GW. Wg Instytutu Energetyki Odnawialnej całkowity potencjał ekonomiczny lądowych farm wiatrowych do 2030r., przy uwzględnieniu realnych i racjonalnych ograniczeń, wynosi 22 GW. KPEiK otwiera pewne możliwości wykorzystania tego potencjału, zapowiadając "rozbudowę sieci w północnej, północno-zachodniej Polsce z uwagi na fakt, że tam chętnie lokowane są farmy wiatrowe z uwagi na dobre warunki wietrzne", ale problemów jest znacznie więcej.

Na przeszkodzie pełnej realizacji tego potencjału stoją przepisy ograniczające lokalizację farm wiatrowych (tzw. zasada „10H”), które utrudniają lokalizację największych i najnowszych turbin wiatrowych (a zarazem najbardziej efektywnych w warunkach polskich) oraz fakt, że wkrótce wiek starszych turbin wiatrowych zacznie przekraczać 20 lat i wobec naturalnych ubytków mocy konieczna będzie ich wymiana na nowsze technologie. W ciągu pierwszego półrocza 2021r. Minister Rozwoju planuje nowelizację ustawy o inwestycjach w elektrownie wiatrowe (tzw. ustawy odległościowej „10H”), w której poza liberalizacją zasad lokalizacji farm wiatrowych (bardziej optymalne wykorzystanie krajowych odnawialnych zasobów) ważne będzie uwzględnienie interesów wspólnot lokalnych (projektowane rozwiązania konsultowane są z samorządami). Nowe przepisy powinny wejść w życie od 1 stycznia 2021 r. Ponadto rozwój oraz doskonalenie narzędzi do prognozowania wytwarzania energii z elektrowni wiatrowych jest jednym z priorytetów Krajowych Inteligentnych Specjalizacji - wersja 5 (obowiązujące od 1 stycznia 2019 r.)

Bez dalszego rozwoju lądowych farm wiatrowych Polska natrafi na poważne problemy z realizacją unijnych zobowiązań w zakresie zwiększania udziałów energii z OZE, redukcji emisji CO<sub>2</sub>. Zbyt wolny lub nieefektywny rozwój energetyki wiatrowej utrudni też walkę rządu o niskie ceny energii, które mogą być kluczowe w utrzymaniu konkurencyjności polskiej gospodarki (lądowe farmy wiatrowe są obecnie najtańszym w Polsce źródłem energii elektrycznej, ceny energii kontraktowane w aukcjach schodzą poniżej 200 zł/MWh). Realnym problemem w rozwoju energetyki wiatrowej jest zatem zapewnienie efektywnej eksploatacji i obsługi istniejących farm wiatrowych, jak i ich „repowering” na nowe technologie o wyższej produktywności oraz optymalna lokalizacja nowych farm wiatrowych z wykorzystaniem najnowszych typów turbin.

Należy zwrócić uwagę na wskazane przez Polskie Sieci Energetyczne w projekcie Planu rozwoju w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2021-2030 (PRSP) z dn. 9 grudnia 2019 r. wyliczenia współczynnika LOLE (ang. Loss of Load Expectation) mówiącego o ilości godzin w ramach deficytu mocy. Wg PRSP w wariacie braku mechanizmów mocowych przekroczenie założonego standardu bezpieczeństwa następuje w roku 2026, a wskaźnik LOLE osiąga wartość 660 h/rok. Rozwiązaniem na braki w generacji energii elektrycznej w latach 2021-2030 są lądowe farmy wiatrowe, których współczynnik wykorzystania mocy wynosi już w najnowszych projektach ponad 40%.

#### Skala wdrożeń:

Ze względu na duży obszar terenów otwartych (rolniczych) i stosunkowo niską gęstość zaludnienia Polska posiada jeden z największych w Europie potencjałów lądowej energetyki wiatrowej. Po uwzględnieniu ograniczeń środowiskowych potencjał techniczny Polski porównywalny jest z Niemcami. Dodatkowo, wprowadzenie w ostatnich latach technologii opartej na turbinach wiatrowych o dużych wirnikach (wzrost stosunku powierzchni omiatanej wirnikiem do mocy generatora) spowodowało, że tereny, które do tej pory nie mogły być w sposób opłacalny ekonomicznie wykorzystane na potrzeby rozwoju energetyki wiatrowej obecnie mogą być rozważane jako potencjalne lokalizacje. W Polsce centralnej średni czas wykorzystania mocy dla nowych farm wiatrowych (opartych o ww. technologie) wzrósł z 2000h do 2800-3000 h/rok. Równocześnie tego typu turbiny, ze względu na duże rozmiary budzą opór społeczny (niekoniecznie uzasadniony), a także trudno wprowadzić je do planów zagospodarowania przestrzennego (wymaga to kosztownych studiów planistycznych, których koszty przekraczają

możliwości finansowe samorządów). Rozwój nowych metod planowania farm wiatrowych oraz możliwości ich integracji z siecią elektroenergetyczną, w tym systemów prognozowania wydajności i magazynowania, może pozwolić na lepsze wykorzystanie potencjału krajowego oraz eksport usług (np. IT) do innych krajów. Ponadto większe rozmiary turbin generują nowe wyzwania w zakresie transportu, instalacji oraz obsługi i serwisowania maszyn.

Rozwijając energetykę wiatrową Polska powinna szukać atrakcyjnego miejsca w światowym i krajowym łańcuchu dostaw i łańcuchu wartości. Zgodnie z najnowszą wersją Strategic Energy Technology Plan - tzw. SET-Plan (z września 2019), dostawa samych turbin stanowi około 33–40% całkowitych kosztów „projektu wiatrowego” (koszty instalacji to 20–25%, a koszty dostawy fundamentów 15–18%). Polskie firmy mogą mieć istotny udział w kosztach dostaw turbin wiatrowych na rynek krajowy, ale mogą wręcz być wiodące jeśli chodzi o wykonawstwo, a w szczególności realizację fundamentów,

Dotychczas zaplanowane inwestycje w farmy wiatrowe, tylko w latach 2020-2023, wiążą się z nakładami inwestycyjnymi rzędu 15 mld zł. Środki te, w których mają też udział środki publiczne, powinny być wydane jak najbardziej efektywnie i służyć pobudzeniu innowacji technologicznych. Poprawa, dzięki programowi badawczemu, warunków realizacji inwestycji umożliwi w kolejnych latach 2025-2030 realizację nowych inwestycji przy akceptacji społecznej, na zasadach w pełni komercyjnych (mobilizacja środków prywatnych, bez udziału środków publicznych) oraz obniżanie szkodliwych emisji z energetyki i kosztów energii w gospodarce.

#### Horyzont czasowy:

Rozwiązanie problemu (stan docelowy w postaci kolejnego przełomu w obniżeniu kosztów produkcji energii i efektywnego wykorzystania potencjału ekonomicznego odnawialnych zasobów energii) powinno nastąpić w 2030r. Efekty działań na rzecz poprawy lokalizacji, integracji z systemem energetycznym i prognozowania oraz zwiększenie możliwości magazynowania energii w magazynach energii (w tym w ciepłe i wodorze) powinny mieć miejsce do 2025r.

#### Proponowana metoda rozwiązania

W celu rozwiązania problemów i wyzwań przed którymi stoi szeroko rozumiana energetyka wiatrowa oraz eliminacji barier blokujących rozwój nowoczesnych technologii, niezbędnym jest stworzenie odpowiedniego dla lądowych farm wiatrowych systemu wsparcia innowacji technologicznych, w ramach którego udzielane byłoby dofinansowanie na projekty zapewniające:

- obniżenie kosztów produkcji energii z lądowych farm wiatrowych;
- działania wspierające o charakterze planistycznym, na rzecz optymalnej lokalizacji turbin wiatrowych z uwagi na optymalne wykorzystanie zasobów i minimalizację oddziaływania na środowisko;
- poprawę integracji energetyki wiatrowej z systemem energetycznym oraz rynkiem energii, w tym dokładności i wydłużenia okresu prognozowania generacji energii z elektrowni wiatrowych;
- zwiększenie możliwości magazynowania energii lub zagospodarowania nadwyżek „on site” i „off site” lub dopasowania profilu produkcji energii do profilu jej odbioru w wybranych segmentach rynku energii elektrycznej, ciepła lub green gas (P2X);
- rozwój komponentów elektrowni wiatrowych o dużym potencjale wytwórczym w warunkach krajowych, kluczowych dla obniżenia kosztów energii z farm wiatrowych w całym cyklu życia.

Kluczowe problemy badawcze do rozwiązania i skomercjalizowania to:

1. Opracowanie ogólnodostępnego informatycznego systemu informacji przestrzennej dla celów lokalizacji turbin wiatrowych (oraz paneli fotowoltaicznych; -zadanie cross-cutting), obejmującego m.in. klasy glebowe,

pokrycie planami zagospodarowania przestrzennego oraz infrastrukturę, w tym siecią, a także strefy hałasu wokół możliwych lokalizacji farm wiatrowych (z uwzględnieniem infradźwięków, niskich częstotliwości dźwięku oraz hałasu słyszalnego. Oczekiwaną formą wdrożenia jest „atlas wiatrowy”, który pomoże inwestorom i samorządom zidentyfikować potencjalnie atrakcyjne miejsca lokalizacji farm wiatrowych (powinien być bardziej funkcjonalny niż światowe rozwiązania firm konkurencyjnych, np. Anemos GmbH).

2. Systemy prognozowania wydajności farm wiatrowych i energetyki wiatrowej w krajowym systemie energetycznym oraz prognozowanie cen energii w celu optymalnego kontraktowania energii w umowach PPA oraz lokalnego bilansowania np. w mikrosieciach.
3. Rozwój zielonego elektroogrzewnictwa (P2H) opartego na niezbilansowanej energii z farm wiatrowych w formule „sectors coupling” z możliwością magazynowania energii w systemach ciepłowniczych (magazynowanie dobowo-tygodniowe).
4. Rozwój technologii produkcji i utylizacji komponentów elektrowni wiatrowych:
  - rozwój powłok dla ultradługich skrzydeł (ultralong blades), tzn. takich o skali 100m i materiałów ograniczających utratę właściwości aerodynamicznych przez skrzydło z uwzględnieniem naprężeń pojawiających się w skrzydle o takiej długości oraz dodatkowych efektów na końcu skrzydła (pękanie powłoki na krawędziach jako efekt hamujący);
  - recycling komponentów elektrowni wiatrowych, w szczególności łopat wirników;

Realizacja projektów powinna skończyć się na poziomie gotowości technologicznej (TRL) 8/9

#### Potencjał instytucjonalny i społeczny

Branża wiatrowa obsługiwana jest przez kilka politechnik i kilka instytutów badawczych oraz urzędów państwowych (np. Urząd Dozoru Technicznego). W zakresie badań potencjałem dysponują: wyższe uczelnie techniczne instytuty PAN i instytuty resortowe. W zakresie pozyskania technologii, a wcześniej wybudowania instalacji pilotowej – potencjał posiadają przedsiębiorstwa przemysłowe i usługowe działające w obszarze budowy i remontów maszyn i urządzeń energetycznych.

Bardzo ważnym partnerem dla całej branży są samorzady terytorialne, w tym Związek Gmin Wiejskich RP, Związek Gmin Przyjaznych Energii Odnawialnej, które aktywnie działają na rzecz stworzenia optymalnych warunków do dalszego rozwoju energetyki wiatrowej.

#### Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów)

Sektor energetyki wiatrowej poza segmentem deweloperskim, inwestorskim dysponuje pokaźnym zapleczem technologicznym i B+R. W 2015 roku na rynku działało 29 firm produkujących zasadnicze komponenty elektrowni wiatrowych i 14 firm produkujących inne niespecyficzne urządzenia i komponenty wykorzystywane przez sektor wiatrowy. Jest wiele firm działających w otoczeniu oraz w różnych miejscach łańcucha dostaw w jakim nowe technologie wprowadzane są na rynek.

#### Ostateczni odbiorcy

Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej jest największym stowarzyszeniem OZE w Polsce, które zrzesza niemal 100 firm, wśród których jest wielu deweloperów, inwestorów i operatorów farm wiatrowych. Niezwykle ważnym odbiorcą prac są Jednostki Samorządu Terytorialnego (regiony, powiaty, a w szczególności gminy), które realizują działania planistyczne oraz spółki zajmujące się dystrybucją energii.

## T2.2 Morska energetyka wiatrowa

### Analiza strategiczności tematyki

#### Problem:

Zgodnie z bardziej ambitnym Krajowym planem na rzecz energii i klimatu (KPEiK) Polska ma plany aby perspektywie 2030 r. zainstalować na Bałtyku ok. 5 GW mocy w morskich farm wiatrowych, a w 2040r. ok. 10 GW. Pierwsza morska elektrownia wiatrowa w polskiej wyłącznej strefie ekonomicznej zostanie włączona do sieci w 2025r. Plany te w pełni wpisują się w Europejski Zielony Ład, którego założenia odwołują się w sposób szczególny do wzmocnienia UE jako światowego lidera w morskiej energetyce wiatrowej.

Silną stroną są znaczące zasoby energii wiatru na polskim Bałtyku – ze względu na długą linię brzegową i duże obszary morskie oraz duże prędkości wiatru, porównywalne z najlepszymi lokalizacjami na Morzu Północnym. Trzeba jednak pamiętać, że polskie lokalizacje pod przyszłe inwestycje na morzu znajdują się stosunkowo daleko od lądu, a ich fundamenty będą realizowane na dużych głębokościach, co stanowi wyzwanie dla przemysłu.

Niestety Polska pozostała co najmniej o dekadę w tyle w stosunku do stanu rozwoju morskiej energetyki wiatrowej w wiodących krajach UE, takich jak Niemcy, Wielka Brytania, Dania, Holandia, Belgia, które już obecnie dysponują łączną mocą zainstalowaną rzędu 16 GW. Nie dysponuje też realnym doświadczeniem we współpracy naukowo-badawczej w tym zakresie. Jednym z ostatnich projektów badawczych z zakresu morskiej energetyki wiatrowej z polskim udziałem (EC BREC/IEO) był projekt OffshoreGrid: Offshore Electricity Infrastructure in Europe zakończony w 2011 roku. Pomimo uwzględnienia w „Krajowym planie działań w zakresie energii ze źródeł odnawialnych” z 2010 roku budowy 0,5 GW morskich farm wiatrowych (MFW) do 2020r., żadne realne działania inwestycyjne nie zostały podjęte do dnia dzisiejszego. Polska nie włączyła się też we współpracę międzynarodową w ramach tzw. The EU Economic Recovery Plan (UE na rozwój MFW przeznaczyła 565 mln euro, które wsparły projekty niemieckie i duńskie oraz rozwój infrastruktury na rzecz morskich farm wiatrowych na Morzu Północnym). Do budowy MFW w innych krajach i obsługi MFW włączył się polski przemysł okrętowy i morski (np. poprzez dostawy dźwigów pływających oraz konstrukcji betonowych i stalowych) i polskie porty (np. Świnoujście, Gdynia).

#### Cele:

- Rozwój potencjału firm przemysłowych (przemysł okrętowy) i budowlanych umożliwiający szerokie włączenie się w łańcuch dostaw na tworzonej rynku krajowym, inwestycji w morskie farmy wiatrowe (MFW), a także w określonych atrakcyjnych niszach na szybko rozwijającym się rynku europejskim i perspektywnym rynku azjatyckim;
- Rozwój usług dla operatorów MFW (w tym nowych rozwiązań z zakresu obsługi i eksploatacji) i rozwiązań wspierających integrację MFW z siecią elektroenergetyczną.

#### Stan obecny:

Dotychczas, w ramach przedwstępnych prac deweloperskich nad projektami MFW wydano 12 pozwoleń na wznoszenie lub wykorzystywanie sztucznych wysp, konstrukcji i urządzeń w polskich obszarach morskich.

W 2019r. rozpoczęto prace nad projektem ustawy o morskiej energetyce wiatrowej. Obecnie projekt jest w konsultacjach. Celem regulacji jest wykorzystanie potencjału energetyki wiatrowej na Bałtyku oraz stworzenie ram prawnych, które wesprą podmioty zainteresowane rozwojem sektora morskiej energetyki wiatrowej w Polsce, w tym firmy odpowiedzialne za dostarczanie komponentów do budowy wiatraków na morzu (tzw. „local content” inwestycji offshore). Projekt zakłada obowiązek przedstawienia planu udziału materiałów i usług lokalnych w procesie budowy i eksploatacji morskiej farmy wiatrowej oraz przeprowadzenia dialogu

technicznego z zainteresowanymi uczestnikami rynku. Dotychczas dla zagranicznych kontrahentów polskie firmy w ramach zazwyczaj doraźnych, jednorazowych kontraktów dostarczały m.in. konstrukcje betonowe, konstrukcje stalowe, konstrukcję platform montażowych, wieże MFW, barko-pontony offshore z konstrukcjami do układania kabli.

#### Stan docelowy:

Realizacja do 2030r. na polskim Bałtyku 5 GW mocy w farmach wiatrowych z udziałem krajowych dostaw w nakładach inwestycyjnych wynoszących dla kluczowych komponentów i usług odpowiednio: fundamenty (100%), transport urządzeń specjalizowanymi statkami (100%), wieże (80%), projektowanie, analizy lokalizacyjne i symulacje pracy farm wiatrowych (50%), obsługa i serwisowanie farm wiatrowych (80%).

#### Strategiczność tematyki:

Wg KPEiK rozwój morskiej energetyki wiatrowej jest jednym z obszarów działań związanych z zagwarantowaniem bezpieczeństwa energetycznego kraju (pokrycia wzrastającego zapotrzebowania na energię elektryczną) oraz komponentem realizacji celu OZE w finalnym zużyciu energii brutto w 2030 r.

Najnowsza wersja Strategic Energy Technology Plan - tzw. SET-Plan (z września 2019) potwierdza, że koszty energii z MFW spadają szybciej niż zakładała poprzednia wersja. Bariera kosztu wytworzenia energii 100 EUR /MWh została przekroczona już w 2017 r. Niezwykle szybki rozwój technologii i jej stopniowa komercjalizacja nastąpiła dzięki tzw. kontraktom (aukcjom) różnicowym. Wiodące firmy energetyczne wygrały trzy projekty na takich aukcjach w Niemczech, składając oferty zerowe za MWh, co oznacza, że nie otrzymają żadnej dotacji oprócz ceny hurtowej energii elektrycznej. Projekty te mają zostać oddane do użytku w 2024 i 2025r. Jednym z czynników kosztotwórczych, pozwalających na zerowe oferty dotacji, jest oczekiwanie na znacznie większe i bardziej efektywne turbiny do 2024r., co stwarza określone wymagania po stronie łańcucha dostaw. W ramach programów badawczych UE, zwłaszcza w kończącym się programie Horyzont 2020 analizowane są aspekty wprowadzania na rynek turbin dla MFW o mocach powyżej 10 MW oraz średnicach rotora rzędu 200 m, takie jak np. konstrukcja struktur wsporczych, rozwój technologii „ultra long blade”, rozwój technologii pływających, kwestie zamocowań oraz okablowania, nowe materiały (w tym samonaprawiające) do zastosowania w warunkach morskich. Równocześnie tego typu rozwiązania są rozwijane przez firmy komercyjne.

Morska Energetyka Wiatrowa trafiła na listę Krajowych inteligentnych Specjalizacji. KIS zakłada rozwój nowych lub ulepszonych technologii z zakresu morskiej energetyki wiatrowej (offshore), przyczyniających się do zwiększenia sprawności konwersji energii wiatru do energii elektrycznej lub zmniejszenia kosztów inwestycyjnych.

#### Skala wdrożeń:

Oczekuje się, że ok. 2025r. na Bałtyku powstanie ok. 1 GW mocy wiatrowych. KPEiK przewiduje, że w 2040 r. nastąpi ok. 10 GW mocy w ww. technologii na Morzu Bałtyckim, co jednakże nie jest jeszcze pełnym wykorzystaniem potencjału. Znacząca skala inwestycji tworzy istotny z punktu gospodarczego łańcuch wartości. Wg SET-Plan obecnie dostawy turbin stanowią około 33–40% całkowitych kosztów budowy MFW, a następnie koszty instalacji (20–25%) i podaży fundamentów (15–18%). Szacuje się, że wydatki na sieci, które zwykle obejmują transformatory morskie i lądowe, kable eksportowe i połączenia lądowe, stanowią 10–20% całkowitych kosztów inwestycji.

#### Horyzont czasowy:

Rozwój potencjału firm przemysłowych i budowlanych w procesach inwestycji w morskie farmy wiatrowe powinien nastąpić do 2025r., po czym w okresie 2026–2030 powinna nastąpić ekspansja exportowa. Rozwój usług



dla inwestorów i operatorów MFW i rozwiązań wspieranych integracją MFW z siecią elektroenergetyczną powinien nastąpić także do 2025r. W latach 2026-2030 kluczowe staną się rozwiązania związane z O&M (scheduled maintenance, predicted maintenance, automatyzacja obsługi).

### Proponowana metoda rozwiązania

W celu rozwiązania problemów i wyzwań przed którymi stoi morska energetyka wiatrowa niezbędnym jest stworzenie odpowiedniego dla MFW systemu wsparcia, w ramach którego udzielane byłoby dofinansowanie na projekty zapewniające aktywne włączenie się firm przemysłowych i budowlanych w rozwój morskich farm wiatrowych.

Kluczowe aspekty i problemy badawcze w obszarze morskiej energetyki wiatrowej to:

- Budowa wytwórczej bazy on-shore dla wytwarzania oraz montażu turbin wiatrowych przeznaczonych do instalacji na morzu – wytwarzanie elementów betonowych (konstrukcji wsporczych), stalowych, skrzydeł, z jak najlepszym dostępem do lokalizacji oraz zapleczem naukowo-badawczym i serwisowym. Benchmarkiem (i rozwiązaniem konkurencyjnym oraz punktem odniesienia do szukania nisz ) powinien być przykład niemieckiego Bremerhaven.
- Systemy prognozowania produktywności MFW dla obszaru Morza Bałtyckiego dla celów O&M (scheduled maintenance/predicted maintenance) oraz rynkowej integracji tej technologii z rynkiem energii, w tym możliwościami magazynowania energii z morskich farm wiatrowych. Proponowane rozwiązania w pierwszej kolejności powinny uwzględniać zaspokojenia potrzeb energetycznych miast zlokalizowanych na wybrzeżu oraz przemysłu portowo-stoczniowego (np. magazynowanie w chłodzie, w cieple), a w drugiej kolejności magazynowanie w technologiach Power-to-X, w szczególności wodorze (green hydrogen).
- Rozwój technologii pływających (floating offshore), w tym;
  - nowe koncepcje fundamentów dla morskich turbin w tym konstrukcje betonowe i żwirobotonowe oraz materiały samonaprawiające;
  - optymalizacja instalacji turbin wiatrowych bez użycia ciężkich dźwigów typu jack-up;
  - rozwiązania z zakresu okablowania i przyłączenia do sieci, w tym np. podmorskie GPZ (osadzone na dnie) lub budowa systemu sieci bałtyckich;
  - usprawnienie procesów wytwarzania turbin na lądzie;

Realizacja projektów powinna skończyć się na poziomie gotowości technologicznej (TRL) 8/9.

### Potencjał instytucjonalny i społeczny

Branża morskiej energetyki wiatrowej jest dość dobrze zorganizowana wokół przemysłu okrętowego, stoczniowego oraz nadmorskich samorządów (regionów i gmin). Pewną rolę w aktywizacji firm przemysłowych z terenu całej Polski odgrywa Agencja Rozwoju Przemysłu. Sektor morskiej energetyki wiatrowej jest obecnie ukierunkowany i otwarty na współpracę międzynarodową i korzysta ze wsparcia polskiej dyplomacji oraz PAIH.

Ponadto istnieje w kraju znaczące zaplecze edukacyjne, możliwe do wykorzystania w celu kształcenia przyszłych kadr dla przemysłu morskiej energetyki wiatrowej.

Branża wiatrowa obsługiwana jest przez kilka politechnik i kilka instytutów badawczych oraz urzędów państwowych (np. Urząd Morski, Urząd Dozoru Technicznego).

W zakresie badań potencjał instytucjonalny posiadają: wyższe uczelnie techniczne instytuty PAN i instytuty resortowe. W zakresie pozyskania technologii, a wcześniej wybudowania instalacji pilotowej maja taki potencjał przedsiębiorstwa przemysłowe i usługowe działające w obszarze budowy i remontów maszyn i urządzeń energetycznych. Znaczna część tych jednostek zdobyła już doświadczenia w lądowej energetyce wiatrowej. Bardzo ważnym partnerem dla całej branży są samorzady terytorialne, w tym Związek Miast i Gmin Morskich, które aktywnie działają na rzecz stworzenia optymalnych warunków do dalszego rozwoju energetyki wiatrowej.

#### Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów)

Już od 2010 roku polskie firmy z sektora stoczniowego i elektromaszynowego zaczęły świadczyć usługi na rzecz morskiej energetyki wiatrowej np. wykonanie konstrukcji platformy montażowej THOR; budowa innowacyjnej jednostki III generacji typu BELUGA; dostarczanie konstrukcji betonowych na potrzeby morskiej energetyki wiatrowej; dostawy konstrukcji stalowych, m.in. obudowy transformatora dla farmy wiatrowej; dostawy konstrukcji stalowych; uruchomienie linii do produkcji wież turbin wiatrowych. elementy systemów sterowania i komponenty elektryczne.; budowa statku typu barko-ponton offshore(wyposażony w sprzęt do układania kabli i służy jako baza logistyczna do prac przy montażu morskich elektrowni wiatrowych na Morzu Północnym z możliwością przeniesienia tego rozwiązania na Bałtyk.

#### Ostateczni odbiorcy

Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej zidentyfikowało pPonad 140 podmiotów, które w różnym zakresie już obecnie biorą udział w łańcuchu dostaw dla morskiej energetyki wiatrowej w Polsce.

### T3. Technologie wytwarzania i wykorzystania wodoru

#### Analiza strategiczności tematyki

##### Problem:

Wodór staje się jednym z wyznaczników nowej polityki klimatycznej "New Green Deal" i pojawiających się coraz większych aspiracji używania tylko zielonej energii i eliminacji paliw kopalnych. Wodór rozwiązuje w podejściu koncepcyjnym właściwie podstawowe problemy energetyki:

- Wodór jest potencjalnie doskonałym nośnikiem energii (Power to Gas) dla niestabilnych źródeł OZE. Nadwyżki energii odnawialnej mogą służyć dla produkcji wodoru - zwykle w procesie elektrolizy, a następnie wodór może być składowany, transportowany aby w końcu być użyty energetycznie. Wraz z coraz bardziej ekspotencjalnym wzrostem produkcji ze źródeł odnawialnych rośnie konieczność magazynowania, jeśli jeszcze wyeliminujemy źródła z paliw kopalnych potrzeba magazynowania rośnie jeszcze bardziej i przy 100-procentowym systemie OZE - gdzieś 25-30% energii trzeba jakoś magazynować - a wodór na dzień dzisiejszy jest jedynym potencjalnym magazynem energii w takiej skali.
- Wodór jest "eleganckim" nośnikiem energii w gospodarce zamkniętej - produkcja w ogniach paliwowych nie wytwarza żadnych produktów ubocznych, ponieważ produktem końcowym jest woda - wobec czego staje się idealnym pomysłem na energetykę, a zwłaszcza na ciepłownictwo.
- Wodór można stosować zarówno w energetyce, w przemyśle jak i w transporcie. Wykorzystanie wodoru prowadzi także do czystych zastosowań przemysłowych (m.in. przemysł stalowy i eliminacja koksu) oraz do czystego transportu (samochody, kolej, statki).
- Wodór w gazowych systemach przesyłowych i dystrybucyjnych. Już obecnie wykonywane są testy dodatkowego zasilania wodorem istniejących systemów gazowniczych. Daje to możliwość działania całej gospodarki energetycznej w obiegu zamkniętym na wodorze.

Biorąc powyższe pod uwagę technologie wodorowe rozwiązują potencjalnie następujące problemy:

- Wysoką emisyjność energetyki, przemysłu oraz transportu.
- Niski udział źródeł odnawialnych (OZE nisko i zeroemisyjnych źródeł energii w systemie elektroenergetycznym).
- Długookresowe magazynowanie energii z nadwyżek OZE.
- Efektywne wykorzystanie biomasy odpadowej i biodegradowalnych odpadów, gazów poprocesowych,
- Intensyfikację rozwoju rozproszonego użytkownika nieemisyjnych źródeł energii i transportu.

#### Cele:

- Wykorzystanie nadwyżek energii odnawialnej wytwarzanych w farmach wiatrowych i fotowoltaicznych do produkcji wodoru poprzez elektrolizę.
- Energetyczne zagospodarowanie biomasy i biodegradowalnych odpadów dla produkcji wodoru.
- Chemiczne magazynowanie energii.
- Dostarczenie nieemisyjnego surowca lub paliwa dla dużych odbiorców (przemysł, energetyka rozproszona, transport, gospodarka komunalna).
- Wykorzystanie ciepła odpadowego z wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych do procesów wytwarzania wodoru.
- Stworzenie możliwości dla efektywnej utylizacji CO<sub>2</sub>.

#### Stan obecny i docelowy:

Jedną z alternatyw dla paliw kopalnych jest wodór, który jest paliwem bezemisyjnym. Wytwarzanie wodoru (Rys.4) może odbywać się poprzez:

- wykorzystanie nadmiarowej energii elektrycznej pozyskanej w źródłach OZE (wiatr, PV) do elektrolizy wody względnie poprzez;
- zastosowanie metod termicznych takich jak zgazowanie do przerobu biomasy i biodegradowalnych odpadów, w szczególności korzystnie, jeżeli wykorzystany zostanie odpadowy tlen z elektrolizy wody.
- Istnieją jeszcze inne metody produkcji wodoru jak np. reforming biogazu. Z uwagi, że biogaz jest już bezpośrednio źródłem bio-metanu nie jest on brany dalej pod uwagę jako źródło wodoru.
- Przyszłościową metodą jest niewątpliwie integracja cieplna z wysokotemperaturowymi reaktorami jądrowymi pozwalającymi realizować elektrolizę pary wodnej czy też poprzez termolizę rozkład metanu na wodór i ukierunkowane nanostruktury węglowe.

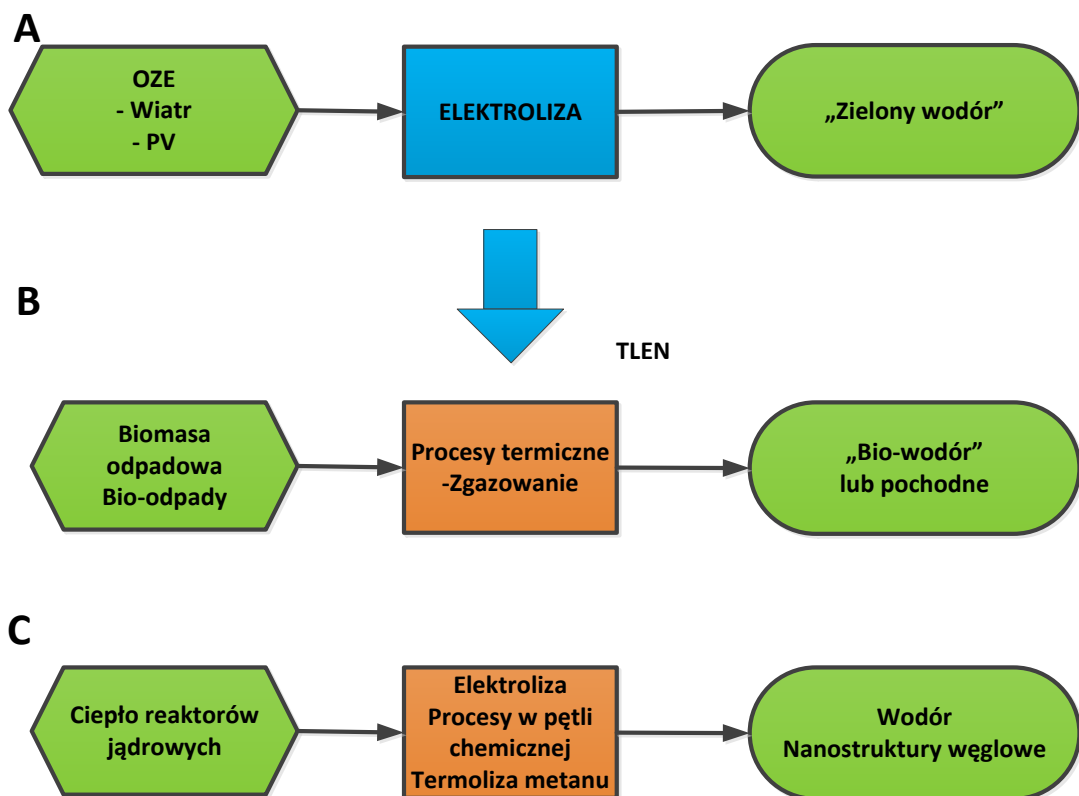
Potencjalna skala wdrożeń technologii wodorowych obejmujących systemy wytwarzania i transportu paliw syntetycznych (wodoru, SNG z układów P2G, paliw ciekłych z układów P2L oraz innych) szacowana jest na poziomie pomiędzy od 4,60 GW<sup>7</sup> do 8,82 GW<sup>8</sup>, z możliwością dalszego wzrostu do poziomu kilkunastu GW.

Skala potencjalnych wdrożeń obejmuje zapewnienie możliwości wytwarzania paliw syntetycznych jako medium magazynującego z wykorzystaniem w sposób ciągły 10% mocy osiągalnej KSE a pełnym wsparciem dla źródeł OZE, zapewniając możliwość zagospodarowania mocy wytworzonej. Uwzględniając możliwość integracji systemów wytwarzania wodoru w elektrolizerach wysokotemperaturowych zintegrowanych z obiegami siłowni konwencjonalnych (w tym perspektywnie obiegów siłowni jądrowych), możliwość wdrożeń w dalszym horyzoncie czasowym może wzrosnąć do skali powyżej 20 GW, tj. ponad 40% mocy zainstalowanej w KSE.

Obecnie ze względu na rosnące koszty budowy dużych reaktorów energetycznych (tysiące MWth) popularne stały się projekty małych reaktorów jądrowych (setki MWth) o niższych jednostkowych kosztach inwestycyjnych, określanymi jako małe modularne reaktory (SMR). Według nomenklatury MAEA są to reaktory o mocy poniżej 1000 MWth.

W 2016r. Ministerstwo Energii powołało zespół, którego celem była analiza możliwości wdrożenia w Polsce zaawansowanych reaktorów wysokotemperaturowych do wytwarzania pary procesowej dla przemysłu chemicznego i petrochemicznego. Wynikiem prac zespołu było wskazanie na reaktory typu HTGR jako docelowe rozwiązanie. Wnioski związane z kontynuacją prac nad tym rozwiązaniem i jego komercjalizacją zostały umieszczone w Strategii Odpowiedzialnego Rozwoju, Obecnie w ramach projektu finansowanego przez NCBiR (Gospostrateg-HTR) trwają prace nad przygotowaniem szeroko rozumianego środowiska formalno-prawnego jak i warunków bezpieczeństwa wdrożenia tej technologii w Polsce. W planowanym rozwiązaniu temperatura nośnika może wynosić około 700°C, co pozwala na produkcję pary technologicznej (procesowej) o temperaturze 500-600°C. W pracach badawczych maksymalna osiągnięta w reaktorze tego typu (reaktor HTTR w Japonii) temperatura na wyjściu to 950°C. Tak wysokie temperatury pozwalają na ich wykorzystanie w zintegrowanych procesach produkcji wodoru.

Produkcja wodoru w procesie elektrolizy wody zasilana nadmiarową energią elektryczną pochodzącą z odnawialnych źródeł energii wydaje się aktualnie jedną z najbardziej interesujących ścieżek pozyskania i magazynowania energii, która może przyczynić się do zmniejszenia zużycia paliw kopalnych w sektorach o najwyższej emisyjności CO<sub>2</sub>, tzn. energetycznym, transportowym, hutniczym, czy też chemicznym.



Rysunek 4 Metody wytwarzania bezemisyjnego wodoru

Do produkcji wodoru wykorzystuje się elektrolizery, w których podstawowa komórka elektrolityczna składa się z dwóch elektrod, oddzielającej je membrany oraz elektrolitu. Komórki elektrolizerów łączy się w tzw. stosy w celu zwiększenia wydajności. Obecnie stosowane są trzy podstawowe typy elektrolizerów różniące się przede wszystkim rodzajem elektrolitu. Można je podzielić na elektrolizery: alkaliczne (elektrolitem jest np. wodny

roztwór KOH lub NaOH, mogą pracować w zakresie temperatur od 25 do 100°C przy ciśnieniu 1-30 barów, sprawność 50-80%), PEM (Proton Exchange Membrane - polimerowa membrana wymiany protonów, elektrolitem jest stały polimer kwasu perfluorosulfonowego - PFSA, który równocześnie pełni rolę membrany wymiany protonów, mogą pracować w zakresie temperatur od 20 do 80°C przy ciśnieniu 1-80 barów, sprawność 60-80%) oraz wysokotemperaturowe elektrolizery stało-tlenkowe umożliwiające obniżenie nakładów energetycznych do poziomu 38-45 kWh/kg H<sub>2</sub>. Tak niski poziom wynika m.in. z tego, że ze względu na wysoką temperaturę pracy (600-800°C), elektrolizery SOE mogą być zintegrowane ze źródłem ciepła odpadowego (w procesach technologicznych dodatkowo redukując nakłady energetyczne) oraz mogą być bezpośrednio zasilane parą procesową lub parą odpadową. Ogniwa typu PEM pracują obecnie w skali do 1 MW i są ciągle rozwijane. Natomiast ogniwa typu SOE znajdują się we wstępnej fazie rozwoju.

Analiza przeprowadzona na podstawie doświadczeń systemowych Nowej Zelandii wskazuje, że dla 2500 MW zainstalowanej mocy wiatrowej nadwyżki energii elektrycznej wyniosły 3663 GWh w okresie 3 lat (średnio 1221 GWh/r), przy szczytowej 30-minutowej nadwyżce wynoszącej 1093 MW. Produkcja wodoru z elektrowni o mocy 1100 MW wyniosłaby 66 597 ton, przy sprawności konwersji 58,5%. Następnie zbadano praktyczne scenariusze produkcji wodoru dla zainstalowanych mocy elektrolizera 100-1100 MW. Produkcja wodoru wahała się w przedziale 5261–22299 ton rocznie, przy poziomie energii 187–740 GWh rocznie co odpowiada 93-370 GWh energii elektrycznej wróconej do sieci poprzez ogniwa paliwowe PEM ze sprawnością 53% przewiduje budowę farm typu off-shore o mocy ponad 10 GW, co może oznaczać 4-krotnie większą ilość energii, która może zostać wykorzystana do produkcji wodoru.

Wodór może być magazynowany bezpośrednio, wprowadzony do sieci gazowej względnie poddany syntezie z CO<sub>2</sub> w celu tzw. metanizacji i produkcji substytutu gazu ziemnego – SNG. Zaletą takiego układu jest zagospodarowanie CO<sub>2</sub>.

Projekt dotyczący produkcji syntetycznego gazu ziemnego i wprowadzania go do sieci gazowej został zademonstrowany w Allendorf, Niemcy 2013-2016. W projekcie BioPower2Gas wykorzystano nadwyżkę energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych do produkcji wodoru za pomocą elektrolizera PEM (400 kW<sub>el</sub> i 60 Nm<sup>3</sup> / hH<sub>2</sub>), który został poddany metanizacji za pomocą CO<sub>2</sub> uzyskanego w biogazowni. Maksymalna produkcja syntetycznego metanu wyniosła 15 Nm<sup>3</sup> / h, a gaz został wprowadzony do krajowej sieci gazu ziemnego. Inny projekt na mniejszą skalę powstał w Rozenburg w Holandii. W Rozenburgu zastosowano 7 kW elektrolizer PEM, a wytworzony syntetyczny gaz ziemny wprowadzono do holenderskiej sieci gazowej.

Zbliżająca się demonstracja projektu PtG na skalę przemysłową Jupiter 1000 we Francji rozpoczęła fazę budowy w grudniu 2017 r. Farmy wiatrowe w otaczającym regionie wytwarzają odnawialną energię elektryczną do produkcji zielonego wodoru i syntetycznego gazu ziemnego. Elektroliza o mocy 1 MW<sub>el</sub> będzie miała dwa elektrolizery (alkaliczne 0,5 MW i PEM 0,5 MW) o wydajności wodoru 200 m<sup>3</sup>/h oraz reaktor metanizacji, który połączy wodór i CO<sub>2</sub> z produkcją SNG o wydajności 25 m<sup>3</sup>/h. CO<sub>2</sub> jest wychwytywany z pobliskich zakładów przemysłowych. SNG, a także część wodoru zostanie wprowadzona do sieci gazowej.

W Polsce w grudniu 2019 r, zakończono realizację projekt CO<sub>2</sub>SNG w ramach którego CO<sub>2</sub> wychwycone z bloku węglowego Elektrowni Łaziska poddano procesowi metanizacji z wykorzystaniem wodoru produkowanego z elektrolizy wody. Pilotażowa instalacja obejmująca węzeł wychwytu CO<sub>2</sub>, elektrolizy i metanizacji (25 m<sup>3</sup>/h gazów na wejściu do reaktora) pracowała na terenie Elektrowni w latach 2018-2019. Projekt realizowany był przez międzynarodowe konsorcjum, którego liderem był Tauron Wytwarzanie, a projekt współfinansowany ze

środków unijnych poprzez KIC. W efekcie realizowanych prac potwierdzono techniczną możliwość metanizacji CO<sub>2</sub> z wysoką sprawnością całego procesu.

Natomiast bezpośrednia produkcja wodoru i jego zastosowanie najbardziej rozwinęło się w Japonii, gdzie uruchomiono odpowiedni długoletni program rządowy. Według tego programu przewiduje się w Etapie 1 – Wdrożenie małoskalowych układów kogeneracyjnych (energia elektryczna + ciepło) oraz komercjalizację pojazdów z ogniwami paliwowymi i instalacji stacji tankowania wodoru w ilości: FC CHP (~ 1 kW), 5,3 mln jednostek do 2030 r.; FCV : ~ 800,000 do 2030 (dzisiaj ~ 2000); HRS: ~ 320 H<sub>2</sub> stacji tankowania do 2025 (dzisiaj ~ 90). W Etapie 2 –Wielkoskalowy import wodoru w postaci ciekłej do wytwarzania energii elektrycznej do 2030 r.; w Etapie 3 – uruchomienie w Japonii produkcja wodoru bez emisji CO<sub>2</sub> do 2040 r.

Inną ścieżką prowadzącą do wytwarzania wodoru względnie jego pochodnych (metan, metanol) może być piroliza względnie zgazowanie biomasy lub biodegradowalnych frakcji odpadowych. W szczególności problemem do rozwiązania jest efektywne zagospodarowanie biomasy leśnej i rolniczej oraz biodegradowalnych odpadów pochodzenia komunalnego, w tym także RDF. W tym przypadku istotnym zagadnieniem jest prawne uregulowanie powiązania ilości wyprodukowanego wodoru z frakcją biodegradowalną.

Problem zagospodarowania odpadów komunalnych dotyka wszystkie kraje rozwijające się. Dodatkowo wraz z polepszającą się jakością życia ich mieszkańców, ilość odpadów komunalnych rośnie. W Polsce ilość wytworzonych odpadów komunalnych wzrosła z 9,3 mln Mg (2005) do 12,48 mln Mg (2018). W przeliczeniu na jednego mieszkańca Polski, roczna ilość wytworzonych odpadów komunalnych osiągnęła już wartość 329 kg.

Aktualnie, system gospodarki odpadami w Polsce opiera się na komunalnych instalacjach przetwarzania odpadów (dawne RIPOK), wyposażonych najczęściej w instalacje mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (instalacje MBP). Łącznie, znajduje się w Polsce 157 takich instalacji, o całkowitej deklarowanej wydajności wynoszącej 10,8 mln Mg/rok. Kolejne instalacje MBP są projektowane, a całkowita ich wydajność, planowana na rok 2020, ma wynieść ok. 12,5 mln Mg/rok (dane pochodzą z Wojewódzkich Planów Gospodarki Odpadami).

Zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego do instalacji MBP trafia rocznie ok. 8,7 mln Mg zmieszanych odpadów komunalnych (dane za rok 2017), z czego można wytworzyć do 3,4 mln Mg paliwa alternatywnego RDF. Należy podkreślić, że istniejące moce przerobowe krajowych instalacji MBP umożliwiają wytwarzanie takiej ilości paliwa alternatywnego już w dniu dzisiejszym.

Powyższe dane potwierdzają dużą dostępność surowca odpadowego dla energetycznego wykorzystania. Mając na uwadze fakt, że głównym źródłem energii pierwotnej w Polsce są paliwa kopalne, każde działanie pozwalające ograniczyć ich zużycie, wydaje się być celowe i uzasadnione. Szczególnie w przypadku, gdy źródłem energii stają się odpady, których składowanie stanowi znaczne obciążenie dla środowiska i jest bardzo kosztowne.

W kilku krajach UE wdrożono układy zgazowania mające na celu produkcję gazu procesowego, który następnie jest bezpośrednio spalany (w kotle energetycznym lub w piecach cementowni), czasami z uwzględnieniem procesu wstępnego odpylania gazu. W instalacjach tych w celu spełniania obustrzeń środowiskowych otrzymane duże strumienie spalin poddawane są procesowi wielostopniowego oczyszczania. Do przykładowych instalacji można zaliczyć instalacje: Oldbury (Wielka Brytania), CEMEX Rüdersdorf (Niemcy), Vicat (Francja), ESKA (Holandia), Essent (Holandia), Outotec (Finlandia), Energos (Norwegia). Jako jedną z najbardziej dopracowanych europejskich instalacji zgazowania, charakteryzującą się dużą mocą (tj. 2 reaktory CFB o mocy 80 MW) jest instalacja Kymijärvi II (Lahti II), która wykorzystuje złożę aktywne w postaci wapna, a także proces

wysokotemperaturowej filtracji w celu redukcji zanieczyszczeń pyłowych. Spaliny powstałe ze spalania gazu procesowego w kotle są poddawane procesowi oczyszczenia, a odebrane z nich ciepła jest wykorzystywane dla produkcji pary wodnej dla turbiny gazowej. Natomiast jedynie technologia opracowana przez Uniwersytet Wiedeński ukierunkowana jest na gaz syntezowy, z którego można wytwarzać wodór względnie jego pochodne. Firma Thyssenkrupp uruchomiła w 2018r. demonstracyjny układ zgazowania biowęgla i syntezę biopaliw w skali 2t/h przerobu surowca. Natomiast wiele analiz wskazuje, że wodór otrzymywany na drodze termicznego przetwórstwa biomasy i biodegradowalnych odpadów będzie istotnym kierunkiem otrzymywania bio-wodoru i ewentualnie bio-metanu. Ponadto Dyrektywa RED II wskazuje tę technologię jako uznaną do włączenia w produkcje bio-wodoru spełniającego cele wskaźnikowe biopaliw.

Z kolei ciepło z reaktorów HTGR lub inne technologie jądrowe można wykorzystać do produkcji wodoru, coraz bardziej potrzebnego w rafineriach i przemyśle chemicznym, a w przyszłości samodzielnego paliwa lub dodatku do innych paliw, np. poprawiającego jakość olejów lub do produkcji paliw syntetycznych z węgla bądź gazu.

Jednym z efektywnych rozwiązań są procesy termo-chemiczne, w których wodę rozkłada się w pętli chemicznej metodą wiązania wodoru z wody w związek, z którego może on być łatwo zdysocjowany cieplnie (jak np. wodorek jodu - HI). Przystudowano wiele cykli tego typu. Najbardziej obiecującym jest cykl siarkowo-jodowy (S-I) - opracowany w latach 70-tych przez General Atomics - i na nim skupiają się obecnie prace badawcze.

W cyklu S-I używany jest kwas siarkowy  $H_2SO_4$  i wodorek jodu HI. W procesie zachodzi silnie endotermiczna reakcja rozkładu kwasu siarkowego na dwutlenek siarki, wodę i tlen<sup>xxx</sup>. Innym rozwiązaniem może być wykorzystanie tego ciepła do termolizy metanu w celu produkcji wodoru i nanostruktur węglowych<sup>xxx</sup>.

#### Strategiczność względem polityki:

##### a) polityka międzynarodowa

Polska jest stroną Konwencji ONZ w sprawie zmian klimatu, jak również Protokołu z Kioto oraz Porozumienia paryskiego (PP), które są międzynarodowymi instrumentami prawnymi zobowiązującymi kraje sygnatariusze do ograniczania emisji gazów cieplarnianych. Zgodnie z Porozumieniem paryskim wszystkie strony mają obowiązek regularnego opracowywania, komunikowania i utrzymywania ustalonych na poziomie krajowym wkładów w realizację celów Porozumienia paryskiego, a także obowiązek podejmowania krajowych działań na rzecz ograniczania emisji gazów cieplarnianych. By przeciwdziałać niebezpiecznej emisji gazów cieplarnianych w październiku 2014r. szefowie państw i rządów przyjęli ramy polityki klimatyczno-energetycznej do 2030. Jednym z jej celów jest ograniczenie o co najmniej 40% emisji gazów cieplarnianych (w stosunku do poziomu z 1990 r.). Powyższe cele mają służyć wypełnieniu zobowiązań Unii Europejskiej wynikających z Porozumienia paryskiego. Unia Europejska podejmuje szereg działań, by je zrealizować. Wspólny wysiłek redukcyjny w zakresie emisji CO<sub>2</sub> jest jednym z nich. W Unii Europejskiej podstawowym dokumentem jest Europejski Zielony Ład (European Green Deal), w którym gospodarka wodorowa stanowi istotne narzędzie osiągnięcia neutralności klimatycznej. Wykładnią operacyjną programu wodorowego dla Unii Europejskiej jest Hydrogen Roadmap Europe.

##### b) polityka krajowa

Zgodnie z polityką Ministerstwa Klimatu (Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030.) oraz przyjętym przez Radę Ministrów Krajowym Programem Badań (KPB) w zakresie kierunków badań i prac rozwojowych (2011) powinny być zrealizowane następujące cele:

- ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery,
- zwiększenie udziału OZE w miksie energetycznym,
- poprawa elastyczności systemu energetycznego,

co jest w pełni zgodne z celami opracowywanego programu strategicznego.

Zarys polskiej strategii wodorowej przedstawiono w raporcie w 2019r. zatytułowanym „Wodorowa alternatywa”. Polska jest już obecnie jednym z największych producentów wodoru w Europie - produkuje się u nas rocznie 1 mln ton gazu ziemnego. Odpowiada to 14 % zapotrzebowania na ten surowiec w Unii Europejskiej. Wodór ten pochodzi głównie z reformingu gazu ziemnego, a zatem obciążany jest emisją CO<sub>2</sub>. Odegrać on może jednak bardzo ważną rolę w okresie przejściowym, w którym budowana będzie podstawowa infrastruktura wodorowa i rozwijane jego użytkowanie. Należy również podkreślić, że wiedza inżynierska w zakresie transportu i tradycyjnego zbiornikowego magazynowania wodoru już jest w znacznym stopniu opanowana w Polsce. Natomiast kierunkiem innowacyjnym jest pozyskiwanie wodoru metodą elektrolizy względnie poprzez metody termiczne pirolizy bądź zgazowania.

#### Strategiczność tematyki:

Strategiczność tematyki wpisuje się w opublikowany przez Ministerstwo Energii w maju 2017 r. dokument nt. innowacji w sektorze energii pt. Kierunki Rozwoju Innowacji Energetycznych. Dokument ten w sposób kompleksowy opisuje optymalny model rozwoju innowacji energetycznych w Polsce - zarówno od strony technologii, procesów, źródeł i modeli finansowania, jak i implementacji nowych rozwiązań. Celem zaprezentowanych tam inicjatyw jest pobudzenie rozwoju i nakierowanie działań na kluczowe i najbardziej produktywnie obszary sektora energii przy jednoczesnym zwiększeniu rodzimego potencjału technologicznego i przemysłowego. Dokument powstał m.in. na skutek następujących czynników:

- rosnący nacisk na redukcję emisji gazów cieplarnianych,
- rosnąca społeczna świadomość środowiskowa,
- konieczność rozwoju technologii produkcji energii ze źródeł odnawialnych,
- stałe ulepszanie technologii magazynowania energii,
- presja na ograniczenie wpływu sektora energii na środowisko,
- wpływu transportu na środowisko (ekomobilność).

#### Skala wdrożenia:

Instalacja produkcji wodoru na drodze elektrolizy winna mieć moc co najmniej 1 MW i winna zawierać źródła elektryczności do zasilania elektrolizera, baterii elektrolizerów, zbiornika buforowego, linii przesyłowej wodoru, urządzeń magazynujących wodór oraz urządzeń dodatkowych warunkujących pracę instalacji wodoru, i urządzeń głównych (tj. elementów instalacji elektrycznej), układów doprowadzania wody wodociągowej oraz układów jej oczyszczania, układów integrujących przyłączenia źródła energii elektrycznej opartym na OZE do baterii elektrolizerów. Ponadto winna zawierać pozostałe elementy układu takie jak: aparaturę kontrolno-pomiarową, zabezpieczającą i monitorującą pracę poszczególnych urządzeń wchodzących w skład wytwórni zielonego wodoru (np. analizatory natężenia prądu, napięcia, mocy, stacja meteo, analiza natężenia promieniowania, zabezpieczenia przeciążeniowe, przepięciowe, itp.; urządzenia do monitoringu zużycia energii przez urządzenia pomocnicze (np. potrzeby własne układów sprężania wodoru), ciśnienie wodoru przed i po sprężaniu; układy automatyki i kontroli bufora energii (automatyka kontrolno-zabezpieczająca, ładowarka AC/DC-urządzenia do monitoringu natężenia i prądu ładowania, przetwornica dostosowująca napięcie baterii do wymagań baterii elektrolizerów, BMS, stan naładowania; rurociągi instalacji przesyłu gazów: instalacja nisko i wysokociśnieniowa wodoru, instalacji azotu (gazu obojętnego), powietrza instrumentalnego); media do urządzeń instalacji przeciwpożarowych.

W przypadku zastosowania metod termicznych wymagane jest doprowadzenie do układu demonstracyjnego o zdolności przerobowej biomasy względnie odpadów biodegradowalnych w skali 10-20 t/h. Umożliwiłoby to



docelowo energetyczne zagospodarowanie odpadów (o wartości opałowej >14 MJ/kg) w skali 100 000 Mg/r. Instalacje takie powinny powstać w niewielkiej odległości od instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (instalacji MBP), zapewniających dostawę frakcji palnych (pre-RDF, RDF) w wymaganej ilości. Docelowa ilość wybudowanych instalacji będzie wynikiem szczegółowej analizy ekonomicznej uwzględniającej m.in. bieżący nadmiar energii pochodzącej ze źródeł OZE, aktualny bilans generowanych odpadów oraz kosztów ich utylizacji.

Należy również przewidzieć w programie efektywne wykorzystanie tlenu będącego strumieniem odpadowym przy elektrolizie wody. każdy 1 kg wyprodukowanego wodoru daje 8 kg tlenu. W związku z tym preferowane winny być technologie hybrydowe łączące produkcję wodoru z efektywnym wykorzystaniem tlenu.

Uzyskanie wodoru pozwoli rozwinąć technologie wykorzystania CO<sub>2</sub> w procesie jego metanizacji. W tym przypadku oczekuje się instalacji o zdolności przerobu CO<sub>2</sub> w ilości ok. 1 t/h.

Celem zadania polegającego na wykorzystaniu ciepła wysokotemperaturowego z reaktorów jądrowych projektu wykonanie demonstratora instalacji do produkcji wodoru w sposób bez-emisyjny w oparciu o bez-emisyjne źródło ciepła oraz energii elektrycznej (jeśli potrzebna), którym docelowo będzie reaktor HTGR. Dopuszcza się na tym etapie rozwoju tej zintegrowanej technologii generowanie ciepła zastępczego innymi metodami. Ciepło to może być wykorzystane w demonstracji wysokotemperaturowej elektrolizy pary wodnej względnie dla nowych katalitycznych procesów termolizy metanu.

#### Horyzont czasowy:

Pierwsza instalacja demonstracyjna - o wydajności ekwiwalentnej produkcji wodoru 30-40t/rok w integracji ze źródłem OZE mogłaby powstać w horyzoncie 3-5 lat w zależności od szybkości rozwoju wielkoskalowych farm wiatrowych typu off-shore lub fotowoltaicznych. W przypadku zgazowania okres czasu potrzebny do uruchomienia instalacji produkcji gazu syntezowego z opcją produkcji wodoru wymaga ok. 5 lat. Podobnie, zintegrowany układ elektrolizy połączony z procesem zgazowania odpadów może powstać w okresie 5 lat od rozpoczęcia prac B+R. Jest to możliwe dzięki wysokim poziomom TRL procesów elektrolizy wody, a także rozwoju technologii zgazowania osiągniętym w dotychczasowych pracach B+R w Polsce.

#### Proponowana metoda rozwiązania

Celem obszaru jest demonstracja (TRL 8/9) co najmniej jednego rozwiązania technologicznego spośród wymienionych poniżej:

- Elektroliza wody z wykorzystaniem różnych technologii w celu produkcji wodoru wykorzystując nadmiarową produkcję energii odnawialnej w okresie obniżonego zapotrzebowania wraz z magazynowaniem wodoru o jakości wymaganej przez ogniwa paliwowe.
- Zgazowanie biomasy odpadowej względnie biodegradowalnych odpadów w celu wytworzenia gazu syntezowego możliwego do produkcji wodoru względnie jego pochodnych (metan, metanol) z wykorzystaniem tlenu z układu elektrolizy.
- Produkcja wodoru przy wykorzystaniu wysokotemperaturowego ciepła odpadowego w przyszłości z reaktorów jądrowych.

#### Potencjał instytucjonalny i społeczny

Należy sądzić, że silny nacisk polityczny, wynikający ze strategii UE mającej na celu ograniczenie wykorzystania paliw kopalnych jako źródła pozyskiwania energii, będzie silnym bodźcem stymulującym rozwój nowych technologii chemicznego magazynowania energii, takich jak Power to Gas. Równocześnie te same czynniki stymulują rozwój technologii pozyskiwania energii z OZE. Rozwój technologii OZE powoduje deregulację krajowego systemu energetycznego. Dlatego też zagospodarowanie nadmiarowej energii pochodzącej ze źródeł

OZE do chemicznego magazynowania energii staje się bardzo ważne. Nie mniej istotne jest zagadnienie zagospodarowania biomasy odpadowej i biodegradowalnych odpadów poprzez zastosowania metod termicznych produkcji wodoru względnie jego pochodnych. W zależności od rozwoju efektywnych metod pozyskiwania zielonego wodoru możliwe stanie się efektywne zagospodarowanie CO<sub>2</sub> np. poprzez metanizację.

Podmiotami, które będą zainteresowane tym zagadnieniem to przede wszystkim grupy energetyczne oraz przedsiębiorstwa wykorzystujące w procesie produkcyjnym duże strumienie energii lub (i) bezpośrednio wodór. W tym drugim przypadku są to głównie zakłady rafineryjne, petrochemiczne, hutnicze, materiałów budowlanych, nawozów sztucznych. Wynika to z planowanym wprowadzaniem wodoru jako paliwa w sektorze transportowym, energetyce rozproszonej i strategii przyjętych w poszczególnych koncernach motywowanych przez politykę rządową.

#### Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów)

Wiodącymi jednostkami w Polsce realizującymi badania w obszarze technologii wodorowych są uczelnie wyższe oraz instytuty badawcze.

W kraju prace badawcze nad wytwarzaniem, magazynowaniem i wykorzystaniem wodoru w dużych około 10 osobowych zespołach prowadzi naukowcy w przynajmniej w 8 jednostkach. Natomiast potencjał wykonawczy posiadają: około 30 firm technologicznych, w tym przynajmniej 5 działających szerzej niż tylko na rynku krajowym. Ich potencjał wykonawczy, wynosi kilka miliardów zł rocznie.

#### Ostateczni odbiorcy

Instalacje elektrolizy wody ukierunkowane na produkcję wodoru związane są obecnie z rozwojem transportu. Potrzebny jest pewien okres czasu aby powstała infrastruktura wodorowa i dla tego celu wykorzystywany będzie przez co najmniej 5 lat tzw. wodór szary „gray hydrogen”. Ostatecznymi odbiorcami „zielonego wodoru” jest energetyka systemowa i rozproszona, transport, przemysł. W międzyczasie opracowane powinny zostać nowe technologie produkcji wodoru zielonego (green hydrogen) bazującego na kierunkach technologicznych opisanych powyżej.

## T4. Magazyny energii i mikrosieci energetyczne i ciepłe

### Analiza strategiczności tematyki

#### Problem:

Ponad 75% emisji gazów cieplarnianych w krajach Unii Europejskiej pochodzi z produkcji i wykorzystania energii w różnych sektorach gospodarki. Stan ten przesądza o uznaniu jako priorytet, stworzenie sektora energetycznego bazującego w dużej mierze na źródłach odnawialnych, jednocześnie w szybkim tempie ograniczając wykorzystanie – a docelowo wycofując węgiel, jako nośnik energii. Osiągnięcie zamierzonego celu wymaga dokonania całkowitej przemiany tradycyjnej, korporacyjnej energetyki wielkoskalowej na energetykę rozproszoną, opartą w szczególności na wytwarzaniu energii elektrycznej i/lub ciepła w obiektach małej skali z wykorzystaniem źródeł odnawialnych (OZE). Perspektywa ta wymaga także osiągnięcia zdolności do bieżącego równoważenia popytu i podaży w zakresie konsumpcji energii, a także efektywnego bilansowania krajowego systemu energetycznego, w szczególności wobec gwałtownego przyrostu generacji OZE, charakteryzującej się dużą zmiennością produkcji energii.

#### Cel:

- wzrost bezpieczeństwa energetycznego kraju poprzez zwiększenie zdolności regulacyjnych systemu energetycznego poprzez rozwój infrastruktury scentralizowanych i/lub rozproszonych systemów magazynowania energii,
- synergia wytwarzania energii przez źródła rozproszone z jej magazynowaniem – oddziaływanie na kształt krzywej dobowej zapotrzebowania na energię, oddziaływanie na proces lokalnego i ogólnego bilansowania systemu, oddziaływanie na proces rozwoju sieci elektroenergetycznych i in.,
- poprawa elastyczności i stabilności pracy lokalnego systemu energetycznego, z wykorzystaniem lokalnego potencjału przemysłu rolnictwa i prosumentów,
- poprawa lokalnego bezpieczeństwa energetycznego,
- utrzymanie parametrów jakościowych energii na wymaganym poziomie.

#### Stan obecny:

Produkcja energii elektrycznej w Polsce jest oparta głównie na spalaniu węgla i ma miejsce przede wszystkim w ramach dużych źródeł scentralizowanych, odznaczających się niską zdolnością bieżącego dostosowania obciążenia do chwilowych potrzeb systemowych. W kraju, udział paliwa węglowego w produkcji energii elektrycznej, wynoszący 73% w roku 2019, powinien zostać ograniczony do roku 2030 do poziomu 60%. Takiemu spadkowi w tym okresie towarzyszyć ma wzrost udziału odnawialnych źródeł energii - z 14% do 27%, przy czym dominującą rolę ma odgrywać w tym przypadku generacja charakteryzująca się niestabilną i trudno-prognozowalną produkcją energii, w szczególności pochodzącą ze źródeł wiatrowych oraz solarnych. W Polsce już obecnie występuje deficyt na mechanizmy rynkowe umożliwiające efektywne i tanie bilansowanie systemu elektroenergetycznego. W świetle prognoz dotyczących kształtowania miksu energetycznego efektywność stosowanych obecnie mechanizmów będzie coraz niższa. Wzrost liczby oraz czasów występowania zdarzeń związanych z utratą ciągłości produkcji będzie generował wysokie koszty gospodarcze i w konsekwencji spadek konkurencyjności krajowej gospodarki. Choć dużym potencjałem w zakresie bilansowania systemów energetycznych odznaczają się systemy magazynowania energii, to moc zainstalowana w tego typu krajowych instalacjach wynosi około 1400 MW, co stanowi zaledwie niecałe 5% mocy będącej w dyspozycji operatora sieciowego.

#### Stan docelowy:

Transformacja energetyki wielkoskalowej opartej przede wszystkim na paliwie węglowym oraz rosnący udział rozproszonych źródeł energii w miksie energetycznym kraju, w szczególności wykorzystujących energię wiatru, wody i słońca spowoduje przyspieszenie przekształceń w energetyce z formuły scentralizowanej wielkoskalowej na rzecz energetyki rozproszonej, z rosnącą tendencją zarządzania energią nad jej produkcją. Wyjątkowego znaczenia nabierze możliwość integracji energetycznych źródeł rozproszonych z systemami magazynowania energii w wymiarze krajowym, lokalnych obszarów geograficznych oraz prosumenckich przydomowych instalacji.

Problem ma charakter strategiczny w kontekście procesu transformacji polskiej energetyki; ma bezpośrednie przełożenie na budowę niskoemisyjnej energetyki w kraju, na wzrost lokalnego bezpieczeństwa energetycznego oraz uniezależnienie się od zewnętrznych dostawców energii, na budowę lokalnego i ogólnego systemu bilansowania, a także sprzyja wytworzeniu katalogu nowych jakościowo usług systemowych.

#### Strategiczność pod względem polityki:

Określony do osiągnięcia cel jest zbieżny z obowiązującymi dokumentami:

- Porozumienie Paryskie Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (4 listopada 2016) – zobowiązanie się Stron do działań na rzecz obniżenia przewidywanego wzrostu temperatury otoczenia poniżej 2°C ponad temperaturę z okresu przed-industrialnego; efektem jest dążenie do neutralności klimatycznej w roku 2050, tj. uzyskania zerowej emisji CO<sub>2</sub> netto poprzez kompensację emisji CO<sub>2</sub> metodami sekwencyjnymi lub zupełne wyeliminowanie emisji CO<sub>2</sub>, co oznaczałoby dekarbonizację gospodarki,
- Polityka klimatyczno-energetyczna do roku 2030 (październik 2014 r.). Jednym z celów polityki jest ograniczenie o co najmniej 40% emisji gazów cieplarnianych (w stosunku do poziomu z 1990 r.). Cele polityki mają służyć wypełnieniu zobowiązań Unii Europejskiej wobec Porozumienia paryskiego,
- Czysta planeta dla wszystkich. Europejska długoterminowa wizja strategiczna dobrze prosperującej, nowoczesnej, konkurencyjnej i neutralnej dla klimatu gospodarki. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego, Komitetu Regionów i Europejskiego Banku Inwestycyjnego (Bruksela, dnia 28.11.2018 r. COM(2018) 773 final); dokument bezpośrednio wskazuje potrzebę wprowadzenia na dużą skalę wydajnych technologii magazynowania energii,
- Energy Storage for a Decarbonised Europe by 2050 (Bruksela, listopad 2019). Najnowszy dokument Europejskiego Stowarzyszenia na rzecz Magazynowania Energii kształtujący pogląd na temat roli systemów magazynowania energii w dobie dekarbonizacji gospodarek europejskich,
- Czysta energia dla wszystkich Europejczyków. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Europy 2019/942 z dnia 5 czerwca 2019 r. ustanawiające Agencję Unii Europejskiej ds. Współpracy Organów Regulacji Energetyki. Określa politykę UE związaną ze wspieraniem regionów węglowych w transformacji (Coal regions in transitions),
- Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030. Założenia i cele oraz polityki działania (MAP, grudzień 2019). Dokument zwraca uwagę na istotny wpływ OZE na rozwój instalacji magazynowania energii w Polsce,
- Krajowe Inteligentne Specjalizacje; KIS 4: Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii,
- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne z póź. zm.; Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych,
- Europejski Zielony Ład (grudzień 2019 r.). Komunikat Komisji Europejskiej do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i komitetów Regionów.

#### Strategiczność tematyki:

Strategiczność tematyki wpisuje się w opublikowany przez Ministerstwo Energii w maju 2017 r. dokument nt. innowacji w sektorze energii pt. **Kierunki Rozwoju Innowacji Energetycznych**. Dokument ten w sposób kompleksowy opisuje optymalny model rozwoju innowacji energetycznych w Polsce – zarówno od strony technologii, procesów, źródeł i modeli finansowania, jak i implementacji nowych rozwiązań. Celem zaprezentowanych tam inicjatyw jest pobudzenie rozwoju i nakierowanie działań na kluczowe i najbardziej produktywnie obszary sektora energii przy jednoczesnym zwiększeniu rodzimego potencjału technologicznego i przemysłowego. Dokument powstał przede wszystkim w skutek rosnącego nacisku na redukcję emisji gazów cieplarnianych, wzrostu społecznej świadomości środowiskowej, konieczności rozwoju technologii produkcji energii ze źródeł odnawialnych, stałego ulepszania technologii magazynowania energii, a także pod presją ograniczenia wpływu sektora energii na środowisko. Strategiczność tematyki wynika także z potrzeby poszukiwania tanich i efektywnych mechanizmów rynkowych oraz technologii, mogących być gwarantem

zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju w dobie dynamicznie przebiegającej transformacji energetycznej.

Strategicznosc tematyki jest podyktowana takze tym, ze w Polsce proces konfrontacji technologii wytworczych z technologiami efektywnego uzytkowania energii zostal juz uruchomiony. Obecnie, obserwuje sie gwaltownie narastajacy trend tworzenia aktywnych sieci energetycznych, nasyconych generacja rozproszona i w znacznym stopniu prosumencka, oparta na odnawialnych zrodlach energii. Te aktywne sieci zintegrowane z magazynami energii, w normalnych warunkach pracy poprawiaja jakoosc energii elektrycznej i ciepla dostarczanych odbiorom, a w stanach zakluceniowych moga przekształcić się w autonomiczne obszary energetyczne (mikrosieci), umożliwiając tym odbiorom złagodzenie skutków zakłócenia, a nawet w ograniczonym czasie przetrwanie zakłócenia. Te autonomiczne obszary energetyczne obejmują najczęściej swoim zakresem źródła wytwarzania energii elektrycznej i ciepła, zasobniki energii, odbiory mocy elektrycznej i ciepła oraz urządzenia sterujące. Wytworzone pomiędzy nimi połączenia umożliwiają pracę synchroniczną obszaru z siecią lokalnego operatora sieci dystrybucyjnej/ciepłowniczej lub pracę wyspowa. Gwarantem stabilności zasilania w obrębie lokalnego obszaru są magazyny energii lub źródła stabilizujące (najczęściej oparte na generacji energii elektrycznej/ciepłej z wykorzystaniem gazu ziemnego). Rozwiązania te zapewniają bezprzerwowe zasilanie w energię w sytuacjach, gdy nie jest dostępna energia ze źródeł odnawialnych. Zintegrowane pod względem generacji i magazynowania energii obszary wymagają również efektywnego bilansowania technicznego i handlowego wytworzonej energii.

Tematyka problemu obejmuje:

- zastosowanie rozwiązań wytwarzających/magazynujących energię elektryczną i/lub ciepłą (różne technologie, układy hybrydowe i in.),
- zastosowanie rozwiązań zarządzających siecią/mikrosiecią zintegrowaną z urządzeniami magazynującymi energię elektryczną i/lub ciepłą,
- zastosowanie rozwiązań integrujących elastyczności lokalnych aktywów rozproszonych (generacja energii, magazyny energii, aktywa zintegrowane w formie mikrosieciami i in.) przyłączonych do sieci dystrybucyjnych z siecią przesyłową, na rzecz efektywnego ekonomicznie oraz bezpiecznego technicznie funkcjonowania systemu elektroenergetycznego,
- zastosowanie rozwiązań efektywnych energetycznie w budownictwie i systemach budowlano-instalacyjnych wspierających funkcjonowanie lokalnych mikrosieci przyłączonych do systemu elektroenergetycznego,
- wypromowanie rozwiązań zmniejszających koszty energetyczne i optymalizujących pracę systemów gospodarczego pozyskania wód oraz dla celów odwodnieniowych (zasięg oddziaływania rozwiązań zarówno lokalny, objęty daną mikrosiecią energetyczną, jak i krajowy, objęty elektroenergetyczną siecią dystrybucyjną; dotyczy przede wszystkim branż rolniczej, budowlanej),
- wypromowanie nowych usług systemowych (m.in. usługi elastyczności, usługi bilansowe) powiązanych z magazynami energii,
- rozwój infrastruktury magazynów energii do współpracy z pogodowo-zależnymi OZE, w tym:
  - dobowych i tygodniowych oraz sezonowych magazynów ciepła
  - centralnych magazynów w sprężonym powietrzu CAES (korzystne lokalizacje, np. w kawernach k/Inowrocławia, mogą służyć również energii z morskich farm wiatrowych off-shore)
  - lokalnych magazynów wodoru opartych na elektrolizie (green hydrogen) zapewniających lokalne bilansowanie farm wiatrowych w systemie energetycznym i zwiększenie ich roli w usługach systemowych.

### Skala wdrożeń:

#### a) magazyny energii

Zapotrzebowanie na systemy magazynowania energii będzie wzrastało w miarę wzrostu udziału w strukturze wytwarzania systemów opartych na wykorzystywaniu odnawialnych źródeł energii. W celu zagwarantowania na odpowiednim poziomie bezpieczeństwa energetycznego kraju istotne jest zachowanie odpowiedniej proporcji mocy zainstalowanej w źródłach wytwórczych, pozwalających na modulację obciążeń (turbiny gazowe lub bloki gazowo-parowe) oraz w źródłach o niestabilnym oraz trudno prognozowanym charakterze pracy (farmy wiatrowe, elektrownie solarne). Niekorzystny w tym aspekcie będzie rozpoczęty proces wycofywania podkrytycznych bloków węglowych, których potencjał wytwórczy, , tylko w niewielkiej części zostanie zastąpiony potencjałem technologii gazowych. Zatem, decydujący będzie udział odnawialnych źródeł energii w przyszłym miksie energetycznym

Możliwości wdrażania w skali kraju systemów magazynowania energii będą uzależnione od formułowanych w przyszłości rynkowych mechanizmów wsparcia inwestycyjnego oraz eksploatacyjnego. Potrzeba funkcjonowania takich mechanizmów wsparcia występowała będzie głównie w okresie transformacji, w którym stopniowo zmieniana struktura źródeł w systemie wytwórczym nie będzie przyczyniała się do występowania wystarczających różnic cenowych na rynku energii elektrycznej, co też marginalizowało będzie w bilansie ekonomicznym takich inwestycji znaczenie arbitrażu cenowego. Koszty ponoszone przez społeczeństwo dla utrzymania takich mechanizmów należy klasyfikować jako koszty niezbędne dla zagwarantowania bezpieczeństwa energetycznego kraju. Stąd, projekt strategiczny powinien być ukierunkowany na wypracowanie rozwiązań o najkorzystniejszych charakterystykach ekonomicznych, przypisanych do odpowiednich grup technologicznych rozwiązań.

Dla potrzeb realizacji programu proponuje się trzy grupy technologiczne:

- *Grupa technologiczna A:* elektrownie szczytowo-pompowe oraz systemy magazynowania energii w postaci skroplonych lub sprężonych gazów wykorzystujące m.in. pokopalnianą infrastrukturę.
- *Grupa technologiczna B:* magazynowanie energii z pośrednią konwersją do energii chemicznej wodoru, a w tym: - systemy konwersji energii elektrycznej do energii chemicznej paliw gazowych (P2G), - systemy konwersji energii elektrycznej do energii chemicznej paliw ciekłych (P2L), - systemy konwersji zakładające produkcję chemikaliów (P2X).
- *Grupa technologiczna C:* mikromagazynowanie energii w obszarze energetyki rozproszonej opartej na OZE, (geograficznie lokalne obszary).

Potencjalna skala wdrożeń dla poszczególnych grup technologicznych, bez ujmowania aspektów ekonomicznych, jest różna. W przypadku grupy technologicznej A zależy ona od sumarycznej objętości poziomych zbiorników spełniających warunki techniczne. W przypadku grupy technologicznej B potencjalna skala wdrożeń jest większa i limitowana jest głównie zapotrzebowaniem na energetyczne pojemności magazynowe systemu elektroenergetycznego kraju, które kształtowane są przez bieżącą formułę miksu energetycznego, dostępność do reagentu, jakim jest CO<sub>2</sub> oraz zapotrzebowanie na syntetyczne nośniki energii. W przypadku grupy technologicznej C skala wdrożeń zależy z kolei od potencjału wytwórczego identyfikowanego w obszarze energetyki prosumenckiej.

Z uwagi na prognozowany dla najbliższych dekad istotny wzrost zapotrzebowania na systemy magazynowania energii słuszne wydaje się dywersyfikowanie dzisiaj potencjału badawczego, celem rozwijania różnych technologii magazynowania energii. Budowanie takiego miksu technologii magazynowania energii jest korzystne z uwagi na zdywersyfikowanie ryzyka inwestycyjnego, które w tym wypadku może być związane przykładowo z

wysokim ryzykiem jakim obarczony może być w przyszłości dostęp do metali ziem rzadkich, stanowiących obecnie podstawę budowy najefektywniejszych akumulatorów elektrochemicznych. Budowanie miksu technologicznego rozpocząć należy od stawiania na te rozwiązania, które charakteryzują się wysoką dojrzałością aplikacyjną, niskimi kosztami inwestycyjnymi oraz eksploatacyjnymi, wysoką niezawodnością oraz żywotnością, a także niewielkim oddziaływaniem na środowisko.

Kluczowe znaczenie dla określania potencjału systemów wielkoskalowych klasyfikowanych w grupie technologicznej A, jak elektrownie szczytowo-pompowe, czy też systemy magazynowania energii w sprężonych gazach, jest w pierwszej kolejności rozpoznanie potencjału możliwości organizacji, odpowiednio zbiorników wodnych oraz zbiorników na sprężone powietrze. Niezbędne dla oszacowania energetycznego potencjału technologii proponowanych do rozwijania w ramach projektu strategicznego, jest w pierwszej kolejności oszacowanie objętości oraz limitów stosowanych wartości parametrów pracy zbiorników podziemnych, stanowiących potencjalne miejsca składowania nośników energii. W obszarze ciśnieniowych zbiorników gazowych, według rozpoznania przeprowadzonego w Politechnice Śląskiej, najkorzystniejszym w tym zakresie rozwiązaniem jest adaptowanie szybów kopalnianych. Potencjał adaptacyjny będzie tutaj oczywiście zależał od technologii wykonania szybu, jak i ścieżki życia szybu, a więc i ścieżki życia kopalni. Zgodnie z listą przedstawioną przez Spółkę Restrukturyzacji Kopalń S.A. [www.srk.com.pl] na Śląsku zlikwidowanych będzie 14 kopalń węgla kamiennego do 2023 roku. Zakładając, że likwidowane zakłady posiadają od czterech do ośmiu szybów (szyby wydobywcze, zjazdowo-materiałowe oraz wentylacyjne) o głębokościach od 600 do ponad 1000 m, potencjał wynikający z zastosowania tejże infrastruktury może być znaczący. Szyby górnicze lokalizowane są w tak zwanych filarach ochronnych, stąd wpływ eksploatacji górniczej na takie obiekty jest znacznie ograniczony lub też wyeliminowany. Potencjał energetyczny proponowanych dla rozpoznania technologii może być znaczący, lecz również bardzo zróżnicowany i zależny od szczegółowych rozwiązań technologicznych. Przykładowo dla najprostszych systemów magazynowania energii jeden szyb o kubaturze 60 000 m<sup>3</sup> może umożliwić zmagazynowanie energii w ilości około 150 MWh, z kolei organizacja, z wykorzystaniem takiego szybu, systemu hybrydowego, integrującego system magazynowania energii w sprężonym powietrzu oraz w wodorze, umożliwić może osiągnięcie pojemności na poziomie nawet sięgającym 1200 MWh.

Pojedyncza instalacja magazynowania energii pozyskiwanej z OZE połączona z wychwytem CO<sub>2</sub> ze spalin i produkcją reagentów chemicznych, klasyfikowana w grupie technologicznej B, powinna posiadać docelowe moce przerobowe rzędu 50-100 MW. Instalacje takie powinny powstać przy każdej węglowej elektrowni zawodowej produkującej energię elektryczną. Docelowa ilość wybudowanych instalacji będzie wynikiem szczegółowej analizy ekonomicznej uwzględniającej bieżący nadmiar energii pochodzącej ze źródeł OZE i aktualny bilans kosztów emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery i kosztów jej ograniczania.

#### b) mikrosieci energetyczne i ciepłne

Z uwagi na prognozowany w najbliższej dekadzie istotny wzrost zainteresowania lokalnych społeczności tworzeniem niezależnych, samowystarczalnych wysp energetycznych, słusznym wydaje się budowa i rozwój koncepcji energetycznie zintegrowanej mikrosieci (lokalna integracja źródeł generacji energii elektrycznej, ciepła i chłód, z uwzględnieniem różnych technologii magazynowania energii i jej obszarowego bilansowania).

Można przyjąć, że potencjał wdrożeniowy mikrosieci energii elektrycznej i/lub ciepłą będzie oparty przede wszystkim na:

- bezpośrednim zaangażowaniu uczelni technicznych, operatorów sieci przesyłowych/dystrybucyjnych Jednostek Samorządu Terytorialnego, lokalnych podmiotów gospodarczych, indywidualnych i/lub zintegrowanych prosumentów,

- pośrednim zaangażowaniu podmiotów kooperujących z jednostkami wymienionymi powyżej.

#### Horizont czasowy:

##### a) magazyny energii

Rozwiązanie problemu w sferach technicznej, organizacji i prawnej dla grup technologicznych A i B powinno nastąpić w horyzoncie czasowym do 5 lat od zakończenia Programu, a w grupie technologicznej C do 2 lat od zakończenia Programu.

##### b) mikrosieci energetyczne i ciepłe

Rozwiązanie problemu w sferach technicznej, organizacji i prawnej do 2 lat od zakończenia Programu.

#### Proponowana metoda rozwiązania

##### a) magazyny energii

Uruchomienie instalacji demonstracyjnych w trzech grupach technologicznych:

- *Grupa technologiczna A:* elektrownie szczytowo-pompowe oraz systemy magazynowania energii w postaci skroplonych lub sprężonych gazów wykorzystujące m.in. pokopalnianą infrastrukturę.
- *Grupa technologiczna B:* magazynowanie energii z pośrednią konwersją do energii chemicznej wodoru, a w tym: - systemy konwersji energii elektrycznej do energii chemicznej paliw gazowych (P2G), - systemy konwersji energii elektrycznej do energii chemicznej paliw ciekłych (P2L), - systemy konwersji zakładające produkcję chemikaliów (P2X).
- *Grupa technologiczna C:* mikro magazynowanie energii w obszarze energetyki rozproszonej opartej na OZE, również na obszarach wiejskich.

Każda z docelowo wdrożonej technologii (technologie A, B i C) rozwijana będzie w ramach trzech etapów.

Celem, wymaganym do uzyskania w ramach technologii A oraz B, jest demonstracja co najmniej jednego rozwiązania technologicznego (zadania badawczego) spośród trzech wymienionych poniżej:

- implementacja wielkoskalowego magazynu energii elektrycznej i/lub ciepła do warunków pracy istniejącej sieci dystrybucyjnej energii elektrycznej i/lub ciepłą;
- integracja sieci energetycznej z magazynem/ami energii, w różnej skali zastosowania;
- systemy efektywnego zarządzania siecią energetyczną zintegrowaną z magazynem/ami energii (w tym tworzenie nowych usług systemowych).

Osiągnięcie powyższych celów dla wszystkich zadań możliwe będzie w następujących fazach:

- Faza I – kwalifikacyjny, studium techniczno-ekonomiczne wskazujące na zasadność propozycji.
- Faza II/ TRL 6 (dla zadań A, B,C) – prototyp w warunkach zbliżonych do rzeczywistych.
- Faza III/TRL 8/9 – demonstracja w skali przedkomercyjnej.

Celem, wymaganym do uzyskania w ramach technologii C, jest demonstracja co najmniej jednego rozwiązania technologicznego (zadania badawczego) spośród trzech wymienionych poniżej:

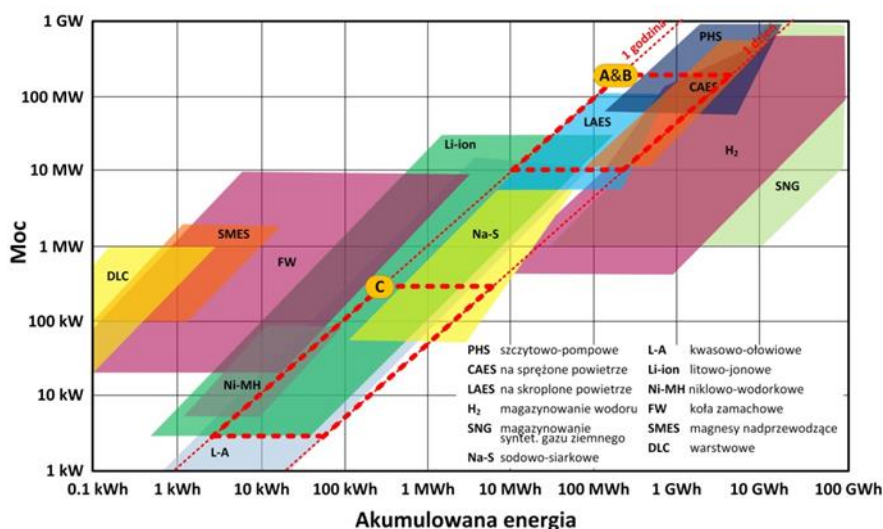
- implementacji magazynu energii elektrycznej i/lub ciepła do warunków pracy istniejącej sieci dystrybucyjnej energii elektrycznej i/lub ciepłą;
- integracja mikrosieci energetycznej z magazynem/ami energii, w różnej skali zastosowania;
- integracja mikroinstalacji energetycznej z magazynem energii – skala prosumencka;
- systemy efektywnego zarządzania mikrosiecią energetyczną zintegrowaną z magazynem/ami energii (w tym tworzenie nowych usług systemowych).



Osiągnięcie powyższych celów dla wszystkich zadań możliwe będzie w następujących fazach:

- Faza I – kwalifikacyjny, studium techniczno-ekonomiczne wskazujące na zasadność propozycji.
- Faza II/ TRL 6 (dla zadań A, B, C, D)
- Faza III/TRL 8/9 – demonstracja w skali przedkomercyjnej.

Wskazane wartości progowe (minimalne wartości mocy oraz pojemności energetycznej przewidziane dla docelowych wielkości mających charakteryzować finalne wdrożenia w gospodarce) w technologiach A, B i C dla instalacji – prototyp w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, demonstracja w skali przedkomercyjnej – zilustrowano na Rysunek 5.



Rysunek 5 Adaptacyjne pojemności energetyczne oraz moce dla wybranych technologii magazynowania energii z zaznaczonymi obszarami właściwymi dla trzech grup technologicznych sformułowanych w projekcie strategicznym

Cecha wyróżniająca: nowa technologia lub pierwsza w swoim rodzaju integracja technologiczna.

Proponowany mechanizm wsparcia - dofinansowania NCBR (partnerstwo przemysłowo-naukowe lub z udziałem samorządu, jednostki naukowej i wykonawcy – od fazy I).

b) mikrosieci energetyczne i ciepłe

Celem obszaru jest demonstracja co najmniej jednego rozwiązania technologicznego (zadania badawczego) spośród czterech wymienionych poniżej:

- implementacji mikrosieci energii elektrycznej i/lub ciepła do warunków pracy sieci dystrybucyjnej energii elektrycznej i/lub ciepłą;
- mikrosieć energetyczna zastosowana w budynkach użyteczności publicznej, w budynkach przemysłowych lub w budynkach biurowych;
- mikrosieć energetyczna zastosowana w zabudowie indywidualnej;
- systemy wspierające funkcjonowanie systemu elektroenergetycznego w strukturze rozproszonej; systemy integrujące elastyczność lokalnych aktywów rozproszonych na poziomach sieci dystrybucyjnej i przesyłowej; systemy efektywnego zarządzania mikro siecią energetyczną.

Osiągnięcie powyższych celów dla wszystkich zadań możliwe będzie w następujących etapach:

- Faza I – kwalifikacyjny, studium techniczno-ekonomiczne wskazujące na zasadność propozycji,
- Faza II/ TRL 6 (dla zadań A, B, C, D),

- Faza III/TRL 8/9 – demonstracja w skali przedkomercyjnej.

Cecha wyróżniająca: nowa technologia lub pierwsza w swoim rodzaju integracja technologiczna.

Proponowany mechanizm wsparcia - dofinansowania NCBR (partnerstwo przemysłowo-naukowe lub z udziałem samorządu, jednostki naukowej i wykonawcy); otwarte konkursy (czyli tematyczne) na projekty B+R dla konsorcjów przemysłowo-naukowych, których liderami powinny być firmy przemysłowe.

#### Potencjał instytucjonalny i społeczny

##### a) magazyny energii

Obecnie świat/Europa przestawia strategię rozwojową z energetyki wielkoskalowej, zwłaszcza węglowej na energetykę rozproszoną opartą na odnawialnych źródłach energii. Następuje zdecydowany wzrost zainteresowania sposobem zarządzania energią elektryczną niż jej produkcją. Powstaje bardzo silny ruch społeczno-biznesowy na rzecz wyeliminowania w Europie paliw kopalnych do roku 2050. Jednocześnie wzrasta zainteresowanie po stronie odbiorców możliwością zaspokojenia własnych potrzeb energetycznych, w części lub w całości, produkcją realizowaną lokalnie z magazynowaniem nadwyżek energii, w tym na zasadach prosumenckich.

Jednostki, które będą zainteresowane tym zagadnieniem to Jednostki Samorządu Terytorialnego, podmioty lokalnej energetyki cieplnej, lokalne społeczności zorganizowane w ramach spółdzielni energetycznych, operatorzy systemów przesyłowych/dystrybucyjnych przedsiębiorstwa z branży paliwowo-energetycznej

##### b) mikrosieci energetyczne i ciepłe

Obecnie świat/Europa przestawia strategię rozwojową z energetyki wielkoskalowej, zwłaszcza węglowej na energetykę rozproszoną opartą na odnawialnych źródłach energii. Następuje zdecydowany wzrost zainteresowania sposobem zarządzania energią elektryczną niż jej produkcją. Powstaje bardzo silny ruch społeczno-biznesowy na rzecz wyeliminowania w Europie paliw kopalnych do roku 2050. Jednocześnie wzrasta zainteresowanie po stronie odbiorców możliwością zaspokojenia własnych potrzeb energetycznych, w części lub w całości, produkcją realizowaną lokalnie, w tym na zasadach prosumenckich.

Jednostki, które będą zainteresowane tym zagadnieniem to Jednostki Samorządu Terytorialnego, podmioty lokalnej energetyki cieplnej, lokalne społeczności zorganizowane w ramach spółdzielni energetycznych, przedsiębiorstwa z branży energetycznej w szczególności w części operatorskiej i in.

#### Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów)

##### a) magazyny energii

Potrzeba realizacji projektu w fazie B+R wymaga zaangażowania osób, głównie z doświadczeniem w zakresie: analiz systemów energetycznych, projektowania oraz symulacji pracy maszyn przepływowych, geomechaniki, przepływu ciepła oraz analizy wytrzymałościowej elementów maszyn i urządzeń, chemii procesowej, efektywności ekonomicznej. W krajowych jednostkach naukowo-badawczych skupione są kompetencje wymagane dla efektywnej realizacji fazy B+R sformułowanego projektu strategicznego, co potwierdzają realizacje w projektach strategicznych (zadania projektu strategicznego Zaawansowane Technologie Energetyczne realizowane w latach 2010-2015) oraz wyniki prac, szeroko udokumentowane w światowej literaturze przedmiotu. W fazie B+R ponadto ważne jest zaangażowanie przedsiębiorstw górniczych celem umożliwienia prowadzenia identyfikacji stanu technicznego wyrobisk kopalnianych, kluczowych dla oceny możliwości budowy magazynów podziemnych.

Na etapie przedinwestycyjnym w projekcie wymagane jest zaangażowanie biur projektowych o kompetencjach w segmencie systemów energetycznych, systemów chemicznych oraz budownictwa podziemnego. W Polsce działają biura o wskazanych kompetencjach, których stopień przygotowania do podjęcia wyzwań wykreowanych w ramach proponowanego projektu jest zweryfikowany referencjami z zakresu prowadzenia dużych projektów w Polsce i poza granicami kraju.

W realizację projektu wpisywać powinna się również aktywność podmiotów posiadających kompetencje w zakresie budowy maszyn i urządzeń energetycznych. Beneficjentami będą krajowe przedsiębiorstwa wytwórcze zajmujące się produkcją maszyn i urządzeń energetycznych.

Jednostkami zainteresowanymi w Polsce realizacją projektów w obszarze magazynów energii sieci energetycznych zintegrowanych z magazynami energii, są m.in.: Jednostki Samorządu Terytorialnego, spółdzielnie energetyczne, podmioty lokalnej energetyki ciepłej, operatorzy systemów dystrybucyjnych/sieci przesyłowych uczelnie Techniczne, inwestorzy indywidualni, przedsiębiorstwa z branży energetycznej.

#### b) mikrosieci energetyczne i ciepłe

Jednostkami zainteresowanymi w Polsce realizacją projektów w obszarze mikrosieci energii elektrycznej i ciepła są m.in.: Jednostki Samorządu Terytorialnego, podmioty lokalnej energetyki ciepłej, operatorzy systemów dystrybucyjnych/sieci przesyłowych uczelnie techniczne, inwestorzy indywidualni, przedsiębiorstwa z branży energetycznej.

### Ostateczni odbiorcy

#### a) magazyny energii

W Polsce, z uwagi na brak zbieżności aktualnej sytuacji gospodarki energetycznej, która oparta jest głównie na spalaniu paliw węglowych, z proekologicznymi dążeniami Unii Europejskiej, występuje wyjątkowo wysokie zapotrzebowanie na wdrażanie nowoczesnych technologii energetycznych, a w tym technologii magazynowania energii. Zapotrzebowanie na wdrażanie technologii magazynowania energii będzie tym wyższe, iż wyższy w strukturze wytwórczej będzie udział mocy zainstalowanej w jednostkach wykorzystujących energię odnawialną o niestabilnym charakterze pracy. Już obecnie, pomimo stosunkowo niewielkich różnic cenowych na rynku energii elektrycznej, jakie identyfikowane są w cyklach dobowych, niektóre z technologii magazynowania energii odznaczają się niższymi jednostkowymi kosztami bilansowania mocy, niż jednostkowe koszty ponoszone z tytułu niedostarczonej energii do odbiorcy końcowego, które szacowane są obecnie w Polsce na poziomie od 7500 zł/MWh do nawet 13500 zł/MWh. Niekorzystne oddziaływanie nadmiarowo wprowadzanych, w stosunku do możliwości systemu, źródeł odnawialnych skutkowało będzie zwiększaniem wolumenu energii niedostarczonej do klientów końcowych. Konsekwencją tego będzie wzrost kosztów gospodarczych, które przenoszone będą na przedsiębiorstwa zajmujące się wytwarzaniem oraz dystrybucją energii elektrycznej oraz końcowo na klientów tych przedsiębiorstw, a w tym klientów indywidualnych. Konsekwencją wzrostu cen energii elektrycznej będzie obniżenie konkurencyjności gospodarki krajowej kształtującej w najwyższym stopniu stopę życiową obywateli. W związku z powyższym odbiorcą końcowym projektu w szerokim ujęciu będzie społeczeństwo, które korzysta na stabilnej i rozwijającej się sytuacji gospodarczej. W ujęciu lokalnym, odbiorcą projektu są mieszkańcy i cała społeczność obszarów pogórnich, które dzięki potencjalnemu wdrożeniu mechanizmów wielkoskalowego magazynowania energii mogą zachować miejsca pracy, ponieważ obszary te nie stracą charakteru przemysłowego, jednocześnie podlegając procesowi dekarbonizacji.

Ostateczni odbiorcy to m.in. Jednostki Samorządu Terytorialnego, Grupy Energetyczne w obszarach dystrybucji oraz handlu energią elektryczną, podmioty lokalnej Energetyki Ciepłej, spółdzielnie energetyczne, społeczności lokalne, prosumenci i in.

b) mikrosieci energetyczne i ciepłe

Jednostki Samorządu Terytorialnego, operatorzy sieci rzesyłowych, przedsiębiorstwa energetyczne w obszarach dystrybucji oraz handlu energią elektryczną, podmioty lokalnej energetyki ciepłej, prosumenci i in.

## T5. Energetyczne wykorzystanie odpadów i ciepła z gazów poprocesowych

### Analiza strategiczności tematyki

#### Problem:

Wyzwania cywilizacyjne podejmowane przez kraje Unii Europejskiej związane są przede wszystkim potrzebą znaczącego ograniczenia oddziaływania gospodarki na środowisko definiowane w postaci dwóch globalnych powiązanych ze sobą programów:

- neutralności klimatycznej (climate neutrality) oraz
- koniecznej do realizacji tego celu Gospodarki Obiegu Zamkniętego (Circular Economy).

Istotnym składnikiem pozwalającym ten cel osiągnąć jest między innymi energetyczne wykorzystanie strumieni substancji i ciepła, które dotychczas miały status odpadów poprocesowych lub komunalnych. W Polsce taki energetyczny potencjał mają przede wszystkim:

- palne gazy poprocesowe, w tym głównie:
  - metan kopalniany,
  - gaz wielkopiecowy,
  - gaz konwertorowy,
  - gaz koksowniczy;
- ciepło poprocesowe,
- odpady komunalne, przemysłowe oraz jednorodne palne odpady specjalne.

Efektywne wykorzystanie tego potencjału w kraju, ale w wielu przypadkach w skali międzynarodowej wymaga opracowania innowacyjnych, technologii, najczęściej przeznaczonych do grupy odpadów o określonych własnościach. W rezultacie opracowania i wdrożenia nowych technologii zwiększy się przede wszystkim efektywność wykorzystania surowcowego w przemyśle i zmniejszenie zapotrzebowania na energię pierwotną.

#### Stan obecny:

##### 1. Palne gazy poprocesowe

W Polsce wytwarzane jest ponad 4 mld m<sup>3</sup> gazów przemysłowych, które nie są zawracane bezpośrednio do głównego procesu technologicznego. Są to przede wszystkim:

- *metan kopalniany:*

Zasobom węgla kamiennego w Polsce towarzyszą znaczące zasoby metanu. Ocenia się, że przy wydobyciu na poziomie 70 mln ton węgla uwalnia się 700 - 950 mln m<sup>3</sup> metanu. W roku 2018 odmetanowanie było prowadzone w 15 kopalniach, a całkowita ilość ujętego metanu wyniosła 316,97 mln m<sup>3</sup>, z czego zagospodarowano jedynie 203,13 mln m<sup>3</sup>. Efektywność wykorzystania wyniosła 64,09% dla wszystkich kopalń metanowych prowadzących odmetanowanie. Obecnie podstawową technologią wykorzystania metanu jest jego spalanie w kotłach energetycznych względnie w silnikach gazowych i

produkcja ciepła i elektryczności wykorzystywanych przede wszystkim na własne potrzeby. Wykorzystanie całego potencjału tj. 700 mln m<sup>3</sup> rocznie metanu możliwego do pozyskania z kopalń węgla kamiennego w Polsce pozwoliłoby wytworzyć około prawie 1 TWh energii elektrycznej oraz 3,5 PJ ciepła.

Niestety pozyskany metan wykazuje się bardzo dużą zmiennością parametrów utrudniająca proste wykorzystanie znanych technologii. W związku z tym koniecznością jest stabilizacja jego kaloryczności względnie zastosowanie innych rozwiązań technologicznych pozwalających efektywnie zagospodarować cały strumień pozyskanego metanu kopalnianego.

Oprócz metanu kopalnianego ujęto w pokładach węgla znaczne ilości tego gazu uwalniane są wraz z powietrzem wentylacyjnym (VAM – Ventillation Air Methane). Metan zawarty w VAM charakteryzuje się stężeniami na poziomie nie wyższym niż 0,75%, jednak ze względu na objętościowe natężenie przepływu VAM, gaz ten nie tylko przyczynia się do powstawania efektu cieplarnianego, lecz również przyczynia się do znacznych strat w efektywnym wykorzystaniu podstawowych źródeł energii.

Wyeliminowanie emisji do atmosfery 700 mln m<sup>3</sup> metanu odpowiada, z punktu widzenia oddziaływania na klimat, uniknięciu emisji ponad 12,5 mln Mg CO<sub>2</sub> rocznie.

- *gaz wielkopieczowy i konwertorowy:*

Gaz wielkopieczowy i konwertorowy to uboczne produkty procesów hutniczych, odpowiednio wytopu surówki w wielkim piecu oraz wytwarzania stali w technologii konwertorowej. W kraju powstaje około 5 000 000 tys. m<sup>3</sup> tych gazów. Charakteryzują się one bardzo niską wartością opałową od 3 MJ/m<sup>3</sup> (gaz wielkopieczowy) do 8 MJ/m<sup>3</sup> (gaz konwertorowy). Ta niska wartość opałowa powoduje, że obecnie zagospodarowane są tylko poprzez mało efektywne spalanie w kotłach wodnych lub parowych.

- *gaz koksowniczy*

*Gaz koksowniczy* jest produktem powstającym w procesie wytwarzania koksu. Jego cechą charakterystyczną jest duża (> 50 %) zawartość wodoru, powstałego w procesie redukcji węglem wodoru z wody. Skład chemiczny gazu koksowniczego zależy przede wszystkim od składu chemicznego węgla wykorzystywanego do produkcji koksu. Średni skład oczyszczonego gazu koksowniczego to: 55 – 60 % wodoru, 5 - 28 % metanu, 6 – 10% tlenku węgla, 3 - 8 % azotu, 2 - 4 % dwutlenku węgla, po ok. 3 % węglowodorów ciężkich i dwutlenku węgla oraz poniżej procenta tlenu. Konsekwencją takiego składu jest wartość opałowa 17 – 18 MJ/m<sup>3</sup> i bardzo mała gęstość na poziomie 0,4 kg/m<sup>3</sup>

Aktualnie w Polsce wytwarzane jest ponad 4 mld m<sup>3</sup> gazu koksowniczego, z czego prawie połowa wykorzystywana jest bezpośrednio do ogrzewania baterii koksowniczej. Pozostała część podobnie jak gazy hutnicze wykorzystywana jest poprzez proste spalanie w kotłach.

## 2. Ciepło poprocesowe

To ciepło odpadowe wytwarzane w instalacjach technicznych w ramach procesów technologicznych i oddawane do środowiska. Jest ono spowodowane nieefektywnym wyposażeniem lub sterowaniem procesami oraz ograniczeniami termodynamicznymi.

Klasyfikacja jest dokonywana w oparciu o występujący poziom temperatury i obejmuje:

- *niskotemperaturowe ciepło odpadowe:* < 150 °C
- *średnotemperaturowe ciepło odpadowe:* 150 do 500 °C.

Największy niewykorzystany potencjał ciepła odpadowego można znaleźć w sektorze przemysłowym. Szczególnie w przypadku bardzo energochłonnych procesów produkcyjnych często pojawiają się źródła ciepła odpadowego, gdzie użyteczna energia wytworzona z pierwotnych źródeł energii jest oddawana do środowiska w postaci przemysłowego ciepła odpadowego jako strata energii. Sytuacja taka dotyczy wielu przemysłów w tym: przemysł metalurgiczny, szklarski, ceramiczny, cementowy, chemiczny i inne. Ciepło poprocesowe o bardzo niskiej temperaturze, bo na poziomie 20 – 40 °C trafia także do otoczenia z elektrownianych instalacji technologicznych.

Ze względu na nieokreśloną najniższą temperaturę ciepła odpadowego, które mogłoby być wykorzystane nie jest możliwy do określenia jego potencjał. Przyjmuje się, że ciepła tego jest na poziomie 200 – 400 PJ, z czego obecnie wykorzystywane jest około 10%.

### 3. Odpady komunalne i rolnicze oraz palne jednorodne odpady specjalne:

Można ocenić, że bieżące przetwarzanie frakcji odpadów komunalnych zawierających materiały biodegradowalne (nie nadają się do innego wykorzystania) z wykorzystaniem procesów fermentacyjnych i termicznych np. pirolizy i/lub zgazowania, mogłoby umożliwić przetworzenie ok. 1 mln Mg substancji biopochodnych rocznie na użyteczne biosurowce lub biopaliwa. Działanie takie wpisałoby się idealnie w coraz popularniejszą ideę tzw. gospodarki o obiegu zamkniętym. Racjonalne zagospodarowanie energetycznych frakcji odpadów komunalnych zawierających materiały biodegradowalne stanowi duże wyzwanie technologiczne oraz ekologiczne, co wynika m.in. z ich dużej niejednorodności, a także wysokiej wilgotności i zawartości frakcji mineralnych. Mogą one ponadto zawierać pewne ilości metali ciężkich, siarki czy chloru, a co za tym idzie ich przetwarzanie jest utrudnione. Stąd obecnie w kraju potencjał ten wykorzystywany jest w ilościach śladowych. W dobie rozszerzającej się skali segregacji odpadów wyzwaniem jest opracowywanie efektywnych technologii wykorzystania odpadów jednorodnych wytwarzanych w dużej skali, a mających właściwości palne. Klastycznym przykładem mogą tu być oleje posmażalniane, odpady kawowe, odpady herbaciane ale też zużyte opony, zużyte podkłady kolejowe itp. Ich efektywne wykorzystanie wymaga stosowania specjalnych przeznaczonych dla konkretnych odpadów technologii. W Polsce są one obecnie praktycznie niedostępne.

#### Strategiczność pod względem polityki:

Energetyczne wykorzystanie ciepła i gazów poprocesowych oraz odpadów i specjalnych wpisuje się w politykę gospodarczą Unii Europejskiej, szczególnie w obszarze działań na rzecz neutralności klimatycznej i Gospodarki Obiegu Zamkniętego.

Program w omawianym tu zakresie pomoże zrealizować wymagania i jest ściśle uwarunkowany trzema dyrektywami:

- w zakresie wykorzystania ciepła i gazów poprocesowych jest to przede wszystkim Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2002 z dnia 11 grudnia 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej (Recast EED 2012/27/EU).

w zakresie odpadów są to głównie:

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (RED II), która musi zostać wdrożona przez wszystkie państwa członkowskie Unii Europejskiej do 30 czerwca 2021 r. Stawia ona za główny cel zmniejszenie do 2030 r. emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 40 % w stosunku do poziomów z roku 1990 oraz osiągnięcie 32 % udziału energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii. Założenia

RED II priorytetowo traktują rozwój biopaliw zaawansowanych zakładając zwiększenie udziału tych paliw z 0,5 % w 2020 r. do 3,5 % w 2030r.

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/851 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2008/98/WE w sprawie odpadów.

W przypadku polityki krajowej dokumentami z których wynika strategiczność programu są:

- Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030 (KPEiK).
- Mapa drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym.

W dokumentach stwierdza się, że istnieje potrzeba rozwoju krajowej produkcji zaawansowanych biopaliw na cele transportowe, czyli biopaliw wytwarzanych z surowca, który nie stanowi bezpośredniej konkurencji dla upraw żywnościowych i paszowych (w tym m.in. zasobów biomasy lignocelulozowej).

#### Strategiczność tematyki:

Tematyka badań w zakresie technologii wykorzystania ciepła i substancji odpadowych w proponowanym zakresie ma charakter strategiczny w kontekście transformacji gospodarki Polski na gospodarkę niskoemisyjną i spełnienia warunków zachowania neutralności klimatycznej przy jednoczesnym zachowaniu bilansu zapotrzebowania na surowce i materiały. Szczególnie istotny jest fakt, że o ile zjawiska i procesy, które mogą być wykorzystane w rozpatrywanym przypadku o tyle technologie, które mogłyby być stosowane w skali przemysłowej ciągle jeszcze są w fazie poszukiwań rozwiązań racjonalnych kosztowo.

#### 1. Gazy poprocesowe

Osiągnięty w ostatnich 5 latach, stan gotowości technologicznej technologii kogeneracyjnych umożliwiających wykorzystanie obecnie dostępnych, jak i nowobudowanych źródeł gazów procesowych, w szczególności opartych na surowcach odpadowych, obejmować powinno głównie prace rozwojowe i demonstrację kompletnej technologii w skali pilotażowej. Skala instalacji demonstracyjnych powinna być adekwatna do danego sektora gospodarki i umożliwić szybkie wdrożenie opracowanych rozwiązań w jak najszerszym zakresie. Powyższe wynika z faktu istnienia znaczącego efektu synergii energetycznego zagospodarowania ww. źródeł odpadów czy biomasy z możliwością osiągnięcia podpisanych zobowiązań dot. redukcji emisji i produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych oraz charakterystyką polskiego sektora energetycznego i odpadowego.

Podejmowane działania powinny przyczynić się do opracowania kogeneracyjnych układów energetycznych, zasilanych niskojakościowymi gazami procesowymi, których wdrożenie umożliwi osiągnięcie wyższych wskaźników opłacalności funkcjonowania polskich przedsiębiorstw tj. wskaźników energetycznych oraz ekonomicznych, przy jednoczesnym zmniejszeniu uciążliwości dla środowiska naturalnego. Technologie bazujące na energetycznym wykorzystaniu gazów procesowych ze swojej charakterystyki wpisują się również w scenariusze rozwoju gospodarki o obiegu zamkniętym.

#### 2. Ciepło poprocesowe

W zakresie wykorzystania ciepła odpadowego istnieje duża gama technologii, które znajdują się we wstępnej fazie aplikacji. Można je traktować jako rozwiązania nowe, które zalicza się do tzw. technologii wschodzących. Zaliczamy do nich: organiczny obieg Rankine'a (ORC), nadkrytyczny obieg CO<sub>2</sub>, technologie elektrochemiczne, jak ogniwa termoelektrochemiczne (TEC), układy termoosmotyczne (TOEC) i obiegi elektrochemiczne z regeneracją ciepła (TREC), siłownia absorpcyjna, układy mechaniczne wykorzystujące rozszerzalność cieplną ciał stałych, silnik Stirlinga, generator termoelektryczny itp. Rozwój technologii pozwalających wykorzystywać ciepło ma ciągły charakter ze względu na potrzebę wykorzystywania ciepła o coraz niższej temperaturze.

### 3. Odpady biodegradowalne i specjalne

Wykorzystanie zasobów biodegradowalnych i specjalnych oraz wdrożenie innowacyjnych technik ich przetwarzania do bioproduktów lub bezpośrednio na użytkowe formy energii jest jednym z elementów gospodarki o obiegu zamkniętym i ma bezpośredni wpływ na zmniejszenie wykorzystania paliw kopalnych, jakość powietrza, emisję gazów cieplarnianych. Rozwinięcie tej gałęzi gospodarki również będzie miało pozytywne skutki społeczne jak: wzrost zatrudnienia w rolnictwie i przemyśle, możliwość zmiany/podwyższenia kwalifikacji zawodowych, rozwój lokalny.

Szczególne znaczenie ma produkcja bioetanolu II generacji, a nie występuje ona obecnie w Polsce w skali przemysłowej. Z uwagi na wymogi dotyczące wykorzystania tego rodzaju biopaliw, niezbędny jest rozwój rodzimych technologii. Istotny jest również istniejący w Polsce wysoki potencjał pod względem surowców i arealu do rozwoju produkcji biopaliw z surowców lignocelulozowych.

#### Skala wdrożeń:

Optymistycznie można oszacować, że do roku 2030, nowe opracowane w ramach projektu technologie, powinny pozwolić na energetyczne wykorzystanie około 20 % obecnego potencjału.

Szczególne znaczenie ma rozwój technologii wytwarzania biopaliw. Zgodnie z danymi za rok 2018 produkcja benzyn silnikowych wyniosła w Polsce 6 mln m<sup>3</sup>. Obowiązek udziału 1% biopaliw zaawansowanych w końcowym zużyciu energii w sektorze transportu w roku 2025 oznacza konieczność wykorzystania ok. 100 tys. m<sup>3</sup> takich biopaliw, przy czym wartość ta powinna być większa, z uwagi na obserwowane od kilku lat rosnące zużycie benzyn silnikowych i przewidywane utrzymanie się tej tendencji przez kolejne lata.

#### Horyzont czasowy:

Przyjmuje się, że w każdym przypadku, w ostatniej fazie 3 – 5 letniego projektu uruchomiona powinna zostać instalacja pilotażowa w skali technicznej. Można zatem przyjąć, że istotne gospodarczo wykorzystanie nowych technologii nastąpi do roku 2030.

### Proponowana metoda rozwiązania

#### 1. Wykorzystanie gazów poprocesowych.

Ze względu na niską objętościową wartość opałową i związaną z tym trudność w spalaniu gazy odlotowe wykorzystywane są mało efektywnie poprzez proste spalanie w kotłach wodnych lub parowych, a często są po prostu wypuszczane do atmosfery. W wielu przypadkach strumień tych gazów jest zmienny w czasie co dodatkowo utrudnia ich wykorzystaniu. Celem programu jest opracowanie technologii i instalacji w skali minimum demonstracyjnej, które pozwoliłyby znacząco poprawić efektywność wykorzystania gazów poprocesowych.

Szczególne istotne będzie tu rozwiązanie zagadnień dotyczących m.in.:

- stabilizacji parametrów jakościowych i ilości generowanych gazów procesowych,
- ich oczyszczania pod kątem wymogów stawianych przez urządzenia wchodzące w skład jednostek kogeneracyjnych np. silników tłokowych, turbin gazowych,
- gospodarki pozostałościami poprocesowymi;
- minimalizacji wpływu zastosowanej technologii na środowisko naturalne.

Technologicznym wyzwaniem jest opracowanie efektywnych instalacji wykorzystujących metan z instalacji wentylacyjnych kopalń. Wśród ważniejszych rozwijanych technologii wykorzystujących metan z powietrza wentylacyjnego można wymienić: termiczne rewersyjne reaktory przepływowe (FTRR) i katalityczne przepływowe reaktory rewersyjne (CFRR). W wielu przypadkach wymagane jest zatężanie zawartości metanu



m.in. metodami adsorpcyjnymi czy też membranowymi. Obecnie nie ma w tym zakresie rozwiązań pracujących komercyjnie.

## 2. Wykorzystanie ciepła poprocesowego.

Ciepło poprocesowe musi być wykorzystywane lokalnie w miejscu jego wytworzenia. Związane technologie mają zatem charakter indywidualny. Mogą one w pewnym zakresie stanowić pewnego rodzaju wzorce możliwe do powielania i takie rozwiązania powinny być w programie preferowane. Z punktu widzenia urzędów, które mogą być stosowane w takich instalacjach szczególne znaczenie mają pompy ciepła. W obszarze tym, często zmienności w czasie dostępności ciepła i równie zmiennego zapotrzebowania potrzebne są także technologie pozwalające magazynować ciepło. Szczególnie przydatne są też przewoźne magazyny. Skalę wykorzystania odpadowego ciepła niskotemperaturowego można także zwiększyć poprzez obniżenie temperatury w systemach grzewczych domów. Technologie pozwalające na takie działania powinny także mieścić się w zakresie tematyki programu.

## 3. Wykorzystanie odpadów biodegradowalnych i specjalnych:

W załączniku IX do dyrektywy RED II podano listę preferowanych surowców do produkcji zaawansowanych biopaliw. Powinny one być zatem szczególnie uwzględniane w projektach. Lista ta w zakresie produktów o charakterze odpadów obejmuje

- frakcję biomasy zmieszanych odpadów komunalnych, ale niesegregowanych odpadów z gospodarstw domowych, z zastrzeżeniem celów recyklingu, na mocy art. 11 ust. 2a dyrektywy 2008/98/WE.
- bioodpady, zgodnie z definicją w art. 3 pkt 4 dyrektywy 2008/98/WE, z gospodarstw domowych podlegające selektywnej zbiórce, zgodnie z definicją w art. 3 pkt 11 tej dyrektywy.
- frakcję biomasy odpadów przemysłowych, nienadająca się do wykorzystania w łańcuchu żywnościowym ludzi i zwierząt, w tym materiał z detalu i hurtu oraz z przemysłu rolno-spożywczego, rybołówstwa i akwakultury, z wyłączeniem surowców wymienionych w części B niniejszego załącznika:
  - słomę,
  - obornik i osad ściekowy,
  - ścieki z zakładów wyłaczania oleju palmowego i puste wiązki owoców palmy,
  - olej talowy i słoma oleju talowego,
  - wyłoczyny z trzciny cukrowej, winogron i osad winny z drożdży, melasę,
  - łupiny orzechów, łuski nasion, kolby oczyszczone z ziaren kukurydzy,
  - frakcję biomasy z odpadów i pozostałości z leśnictwa i gałęzi przemysłu opartych na leśnictwie, np. kora, gałęzie, trzebież, liście, igły, wierzchołki drzew, trociny, strużyny, ług czarny, melasa, osad włóknisty, lignina,
  - inny, niespożywczy materiał celulozowy i lignocelulozowy,
  - zużyty olej kuchenny, tłuszcze zwierzęce.

Technologie otrzymywania biopaliw zaawansowanych to m.in.: fermentacja, piroliza, zgazowanie. Produktami winny być wodór, metan, metanol i jego pochodne, benzyna, biodiesel. Badania nad technologiami wytwarzania z odpadów biodegradowalnych biopaliw lub surowców do wytwarzania biopaliw dla celów transportowych prowadzonych są w przeznaczonym programie „Odnawialne Źródła Energii w transporcie” ([https://www.ncbr.gov.pl/fileadmin/POIR/4\\_1\\_1\\_1\\_2020/zasady\\_konkursu/3\\_zakres\\_tematyczny\\_OZE\\_do\\_publicacji.docx.pdf](https://www.ncbr.gov.pl/fileadmin/POIR/4_1_1_1_2020/zasady_konkursu/3_zakres_tematyczny_OZE_do_publicacji.docx.pdf)) i nie powinny być finansowane z niniejszego programu. W wielu jednak przypadkach produkty otrzymywane z przetwarzania takich odpadów nie spełniają wymagań stawianych biopaliwom, natomiast mogą

być wykorzystane dla celów wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. Badania nad takim wykorzystaniem odpadów powinny być objęte niniejszym programem badawczym

Z punktu widzenia badań wyzwania nie stanowi energetyczne wykorzystanie palnych frakcji zmieszanych odpadów komunalnych. Technologia spalania takich odpadów znana jest od wielu lat i odpowiednie instalacje oferowane są komercyjnie. W dobie rozszerzającej się skali segregacji odpadów wyzwaniem jest opracowywanie efektywnych technologii wykorzystania odpadów jednorodnych wytwarzanych w dużej skali, innych niż przeróbka na biopaliwa. Klastycznym przykładem mogą tu być oleje posmażalnicze, odpady kawowe, odpady herbaciane, ale też zużyte opony, zużyte podkłady kolejowe itp.

Celem programu w tym obszarze będzie opracowanie technologii i instalacji w skali pilotowej wykorzystujących do celów energetycznych tj. wytwarzania energii elektrycznej i ciepła przede wszystkim takich jednorodnych odpadów.

Realizacja wszystkich projektów powinna skończyć się na poziomie gotowości technologicznej (TRL) 8/9

#### Potencjał instytucjonalny i społeczny

Podmioty zainteresowane to przedsiębiorstwa energetyczne i sektora komunalnego, ale również odbiorcy powstających odpadów energetycznych - składowiska odpadów (podziemnych składowisk odpadów niebezpiecznych lub innych niż niebezpieczne), kopalnie węgla kamiennego w zakresie odzysku / zagospodarowania tych odpadów w technologiach górniczych, inne przemysły - budownictwo mieszkaniowe i drogowe

#### Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów)

- w zakresie badań: wyższe uczelnie techniczne instytuty PAN i resortowe (ocenia się, że badania nad technologiami, które mogłyby być wykorzystane w omawianym obszarze projektu prowadzone są w kraju w około 10 jednostkach naukowych),
- w zakresie pozyskania technologii, a wcześniej wybudowania instalacji pilotowej: przedsiębiorstwa przemysłowe i usługowe działające w obszarze budowy i remontów maszyn i urządzeń energetycznych (obecnie w kraju jest to około 20 przedsiębiorstw).

#### Ostateczni odbiorcy

Przedsiębiorstwa energetyczne. Przedsiębiorstwa komunalne. Zakładany potencjał projektowanych instalacji będzie pokrywał potrzeby w niecałym procencie. Istnieje zatem możliwość kolejnych wdrożeń, po uzyskaniu wystarczającego dla krajowych warunków stopnia integracji instalacji.

## T6. Energetyczne wykorzystanie ciepła geotermalnego (geotermia)

### Analiza strategiczności tematyki

#### Problem:

Wody termalne stanowią cenny surowiec wykorzystywany w wielu dziedzinach gospodarki krajowej, cieszący się rosnącym zainteresowaniem ze strony inwestorów. Dlatego też niezbędny jest rozwój i wdrożenia optymalnych metod i technologii w kluczowych obszarach związanych z poszukiwaniem, udostępnianiem, eksploatacją i wykorzystywaniem ciepła Ziemi. Zważywszy na wielkość potencjału geotermalnego naszego kraju uzasadnione jest poszukiwanie nowoczesnych metod produkcji nie tylko ciepła sieciowego, ale również prądu elektrycznego. Produkcja energii elektrycznej przy wykorzystaniu niskotemperaturowych zasobów geotermalnych jest technicznie możliwa dzięki zastosowaniu technologii binarnych, przy czym w grę wchodzi także aspekty związane

z efektywnością ekonomiczną. Do tej pory nigdzie w Polsce nie powstała instalacja, która komercyjnie produkowałaby ciepło sieciowe i prąd elektryczny.

Wykorzystanie potencjału geotermalnego niewątpliwie przyczynia się do powstania korzystnego efektu ekologicznego w postaci ograniczania niskiej emisji (smogu).

#### Stan obecny:

Występowanie wód termalnych na terenie naszego kraju związane jest głównie z poziomami wodonośnymi w utworach mezozoiku na Niżu Polskim oraz ze zbiornikami w Karpatach wewnętrznych (Podhale), a także, w mniejszym stopniu ze zbiornikami w zapadlisku przedkarpackim, Karpatach zewnętrznych i w Sudetach.

Do najbardziej perspektywicznych pod względem ujmowania i zagospodarowania wód termalnych zakwalifikowano obszary synklinorium szczecińsko-miechowskiego, antyklinorium środkowopolskiego, niecki brzeźnej, północnej części monokliny przedsudeckiej oraz podłoża niecki podhalańskiej. Wymienione obszary są stosunkowo dobrze rozpoznane pod kątem warunków hydrogeologicznych, co w znacznym stopniu ogranicza ryzyko geologiczne, a tym samym sprzyja planowaniu i realizacji prac związanych z poszukiwaniem nowych złóż wód termalnych.

Największe perspektywy dla wykorzystania wód termalnych w systemach binarnych występują w rejonie niecki mogileńsko-łódzkiej, gdzie w rejonie Konina temperatura wód w stropie zbiornika przekracza 90°C. Jest to jednocześnie obszar, gdzie można się spodziewać wysokich wydajności ujęć przekraczających 100 m<sup>3</sup>/h. Równie korzystne perspektywy dla wykorzystania wód termalnych w systemach binarnych należy wiązać z utworami mezozoicznymi niecki podhalańskiej, gdzie ich temperatury prawdopodobnie przekroczą 100°C a wydajności mogą przekraczać 300 m<sup>3</sup>/h. Perspektywy są także w przypadku niektórych innych lokalizacji na Niżu Polski i w Sudetach.

W Polsce funkcjonuje dotychczas 6 sieciowych ciepłowni geotermalnych. W ostatnich 4 latach uruchomiono także 3 małe lokalne geotermalne systemy ciepłownicze służące do zaopatrzenia w ciepło pojedynczych budynków użyteczności publicznej. Istniejące ciepłownie geotermalne położone są w obrębie obszarów charakteryzujących się najkorzystniejszymi warunkami występowania i ujmowania wód termalnych, przede wszystkim jest to rejon Karpat wewnętrznych (Podhala) oraz niecek szczecińskiej, łódzkiej i warszawskiej. Dysponują one 16 otworami, z których 9 jest przeznaczonych do eksploatacji wód, a 7 do ich zatłaczania. W otworach eksploatacyjnych ujęto poziomy wodonośny występujący na głębokości od około 1490 m (Pyrzyce otw. GT-3) do niemal 2780 m (Bańska otw. IG-1) i uzyskano temperaturę wód na wypływie od 41°C (Mszczonów otw. IG-1) do 86°C (Bańska otw. PGP-3). Wszystkie ciepłownie mają dodatkowe szczytowe źródła ciepła, którymi na ogół są kotłownie gazowe. Do tej pory nie powstał w naszym kraju zakład geotermalny produkujący przemysłowo prąd elektryczny.

#### Strategiczność pod względem polityki:

Głównym strategicznym celem realizacji proponowanych tematów jest zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego Polski poprzez wzrost wykorzystywania odnawialnych źródeł energii – w szczególności energii geotermalnej (ciepła Ziemi), realizowanie zasad niskoemisyjnej gospodarki, zrównoważonego rozwoju oraz poprawa jakości życia i zdrowia społeczeństwa.

Głównym celem wykorzystania energii geotermalnej jest ciepłownictwo (niekiedy także wraz z produkcją energii elektrycznej) jednak zagospodarowanie potencjału geotermalnego powinno obejmować także inne dziedziny ważne społecznie i gospodarczo, jak m.in. lecznictwo i rekreacja oraz rolnictwo i inne dziedziny.

Wody termalne stanowią źródło energii, które jest dostępne cały rok przez całą dobę, bez względu na zmienność okoliczności zewnętrznych (tak jak w przypadku innych źródeł odnawialnych). Jest to czysta ekologicznie energia, dostępna w Polsce, i, co bardzo ważne, posiada wysoką akceptację społeczną, ponieważ praktycznie nie ingeruje w środowisko i krajobraz lokalny.

#### Skala wdrożeń:

Głównym założeniem wdrożenia systemowej produkcji energii cieplnej z wód termalnych jest optymalne wykorzystywanie ich zasobów w Polsce, szczególnie w sieciach ciepłowniczych miast, które są położone w obszarach perspektywicznych (jest ich potencjalnie kilkadziesiąt). W pewnym zakresie możliwa jest w niektórych lokalizacjach produkcja energii elektrycznej (w kogeneracji, zintegrowaniu z energią elektryczną). Innym kierunkiem rozwoju, w przypadku braku wód termalnych jest m.in. pozyskiwanie ciepła Ziemi za pomocą otworowych wymienników ciepła, czy też technologii EGS (Enhanced Geothermal Systems).

#### Horyzont czasowy:

Przyjmuje się, że w ostatniej fazie 5 letniego projektu uruchomiona powinna zostać instalacja pilotażowa w skali technicznej produkująca ciepło sieciowe i prąd elektryczny o łącznej mocy minimum 20 MW, z której energia wykorzystywana będzie w systemie kaskadowym. Wykorzystanie energetyczne wód powinno się odbywać w zakresie, który nie powoduje zjawisk kolmatacji i korozji. Przewidywany okres funkcjonowania elektrociepłowni w oparciu o doświadczenia branżowe bez istotnych nakładów inwestycyjnych (z wyłączeniem bieżących kosztów funkcjonowania) powinien wynieść około 25 lat.

#### Proponowana metoda rozwiązania

W oparciu o otwory geotermalne (najlepiej dublety) wytworzone będą w ramach proponowanych tematów instalacje geotermalne, w oparciu o które będą testowane nowoczesne proponowane rozwiązania. Instalacje takie mogą być wykonane we współpracy z wybranymi samorządami lokalnymi lub innym przedsiębiorcą. W celu osiągnięcia jak najlepszego efektu ekologicznego nie tylko eliminującego niską emisję, ale również ograniczającą emisję globalną instalacja powinna być zasilana czystym ekologicznie prądem elektrycznym.

#### Potencjał instytucjonalny i społeczny

Podmioty zainteresowane to przedsiębiorstwa energetyczne, sektora komunalnego, samorzady, uzdrowiska.

#### Potencjał wykonawczy (beneficjenci/wykonawcy projektów)

- w zakresie badań: wyższe uczelnie, instytuty PAN i resortowe,
- w zakresie pozyskania technologii, a wcześniej wybudowania instalacji pilotowej przedsiębiorstwa przemysłowe i usługowe działające w sektorze energetycznym oraz jednostki samorządu terytorialnego.

#### Ostateczni odbiorcy

Przedsiębiorstwa energetyczne. Przedsiębiorstwa komunalne. Uzdrowiska.

- 
- <sup>i</sup> [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2\\_dgclima\\_rungemetzger.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2_dgclima_rungemetzger.pdf)
- <sup>ii</sup> <https://op.europa.eu/pl/publication-detail/-/publication/92f6d5bc-76bc-11e9-9f05-01aa75ed71a1>
- <sup>iii</sup> <https://www.gov.pl/web/klimat/minister-kurtyka-polityka-energetyczna-polski-do-2040-r-udziela-odpowiedzi-na-najwazniejsze-wyzwania-stojace-przed-polska-energetyka-w-najblizszych-dziesiecioleciach>
- <sup>iv</sup> <https://www.gov.pl/web/klimat/program-polskiej-energetyki-jadrowej>
- <sup>v</sup> <https://webstore.iea.org/download/direct/2738?fileName=WEI2019.pdf>
- <sup>vi</sup> [https://ec.europa.eu/energy/topics/technology-and-innovation/strategic-energy-technology-plan\\_en#key-action-areas](https://ec.europa.eu/energy/topics/technology-and-innovation/strategic-energy-technology-plan_en#key-action-areas)
- <sup>vii</sup> <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/064a025d-0703-11e8-b8f5-01aa75ed71a1>
- <sup>viii</sup> <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-8082841/Elon-Musks-Tesla-battery-farm-saved-South-Australia-116-MILLION.html>
- <sup>ix</sup> <https://www.evwind.es/2020/02/19/industrial-scale-renewable-hydrogen-project-advances-to-next-phase/73628>
- <sup>x</sup> [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
- <sup>xi</sup> [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2\\_dgclima\\_rungemetzger.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2_dgclima_rungemetzger.pdf)
- <sup>xii</sup> <https://op.europa.eu/pl/publication-detail/-/publication/92f6d5bc-76bc-11e9-9f05-01aa75ed71a1>
- <sup>xiii</sup> [https://ec.europa.eu/research/pdf/horizon-europe/ec\\_rtd\\_orientations-towards-the-strategic-planning.pdf](https://ec.europa.eu/research/pdf/horizon-europe/ec_rtd_orientations-towards-the-strategic-planning.pdf)
- <sup>xiv</sup> <https://www.nga.org/wp-content/uploads/2018/07/Energy-Innovation-Roadmap-Final-Hi-Res-for-Posting-Online.pdf>
- <sup>xv</sup> [http://kigeit.org.pl/FTP/PRCIP/Literatura/049\\_China\\_National\\_Energy\\_Strategy\\_and\\_Policy\\_2020%20Renewable\\_energy.pdf](http://kigeit.org.pl/FTP/PRCIP/Literatura/049_China_National_Energy_Strategy_and_Policy_2020%20Renewable_energy.pdf)
- <sup>xvi</sup> <https://www.statista.com/statistics/267233/renewable-energy-capacity-worldwide-by-country/>
- <sup>xvii</sup> [file:///C:/Users/msc/Documents/My\\_Library/Energy\\_strategy/Energy\\_outlook/gsr\\_2019\\_full\\_report\\_en.pdf](file:///C:/Users/msc/Documents/My_Library/Energy_strategy/Energy_outlook/gsr_2019_full_report_en.pdf)
- <sup>xviii</sup> [https://www.bp.com/pl\\_pl/poland/home/centrum\\_prasowe/informacje\\_prasowe/press\\_20200212\\_zero\\_emisji.html](https://www.bp.com/pl_pl/poland/home/centrum_prasowe/informacje_prasowe/press_20200212_zero_emisji.html)
- <sup>xix</sup> <https://www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies.html>
- <sup>xx</sup> <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/energy-and-carbon-summary/Energy-and-carbon-summary.pdf>
- <sup>xxi</sup> [https://www.chevron.com/-/media/chevron/PDF-Reports/Corporate-Responsibility/corporate-responsibility\\_the-energy-transition.pdf](https://www.chevron.com/-/media/chevron/PDF-Reports/Corporate-Responsibility/corporate-responsibility_the-energy-transition.pdf)
- <sup>xxii</sup> <https://www.saudiaramco.com/en/who-we-are/overview/our-perspective>
- <sup>xxiii</sup> <https://www.total.com/en/commitment/environmental-issues-challenges/climate-change>
- <sup>xxiv</sup> [file:///C:/Users/msc/Documents/My\\_Library/Energy\\_strategy/IEA/Energy\\_transition.pdf](file:///C:/Users/msc/Documents/My_Library/Energy_strategy/IEA/Energy_transition.pdf)
- <sup>xxv</sup> <https://www.gov.pl/web/aktywa-panstwowe/krajowy-plan-na-rzecz-energii-i-klimatu-na-lata-2021-2030-przekazany-do-ke>
- <sup>xxvi</sup> <https://www.gov.pl/web/rozwoj/rada-ministrow-przyjela-projekt-mapy-drogowej-goz>
- <sup>xxvii</sup> <https://www.gov.pl/web/rozwoj/krajowe-inteligentne-specjalizacje>
- <sup>xxviii</sup> [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/IRENA\\_Innovation\\_priorities\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/IRENA_Innovation_priorities_2018.pdf)
- <sup>xxix</sup> <http://ncbj.edu.pl/htgr-r-gazowy-wysokotemperaturowy/zastosowanie-reaktorow-htgr>
- <sup>xxx</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008622311005185>