

# Gospodarka wodorowa w Polsce

Obserwacje na podstawie ram badawczych  
Technologicznego Systemu Innowacji

Prace merytoryczne nad raportem zostały ukończone przed opublikowaniem projektu Polskiej Strategii Wodorowej.

Cytowanie:

Maj, M., Szpor, A. (2020), *Gospodarka wodorowa w Polsce. Obserwacje na podstawie ram badawczych Technologicznego Systemu Innowacji*, Policy Paper, nr 5, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa.

Warszawa, grudzień 2020 r.

Autorzy: Magdalena Maj, Aleksander Szpor

Współpraca: Dorota Nowaczewska

Redakcja merytoryczna: Piotr Arak

Redakcja: Jakub Nowak, Małgorzata Wieteska

Projekt graficzny: Anna Olczak

Skład i łamanie: Sławomir Jarząbek

Polski Instytut Ekonomiczny

Al. Jerozolimskie 87

02-001 Warszawa

© Copyright by Polski Instytut Ekonomiczny

ISBN 978-83-66698-04-8

# Spis treści

Wykaz akronimów .....	4
Kluczowe liczby .....	5
Kluczowe wnioski .....	6
Wprowadzenie.....	8
1. Analiza strukturalna.....	10
1.1. Agencje rządowe.....	10
1.2. Aktorzy przemysłowi.....	10
1.3. Organizacje naukowe i badawcze.....	12
1.4. Organizacje wspierające.....	14
1.5. Sieci.....	14
1.6. Instytucje .....	15
2. Analiza funkcjonalna .....	17
2.1. Rozwój wiedzy .....	17
2.2. Wymiana wiedzy .....	22
2.3. Ukierunkowanie poszukiwań .....	23
2.4. Dojrzałość rynku .....	24
2.5. Mobilizacja zasobów .....	27
2.6. Legitymizacja .....	29
2.7. Warunki do eksperymentowania .....	30
3. Dyskusja i rekomendacje dla polityk publicznych.....	32
3.1. Wyniki analizy strukturalnej.....	32
3.2. Wyniki analizy funkcjonalnej .....	33
3.3. Rekomendacje dla polityk publicznych.....	35
Bibliografia .....	37
Załącznik 1. ....	40
Załącznik 2.....	41
Załącznik 3.....	42
Spis tabel i wykresów.....	43

## Wykaz akronimów

B+R – badania i rozwój

BGK – Bank Gospodarstwa Krajowego

CC(U)S – Carbon Capture, Utilisation And Storage, wychwytywanie, użycie lub składowanie dwutlenku węgla

GPFR – Grupa Polski Fundusz Rozwoju

IEn – Instytut Energetyki

IGG – Izba Gospodarcza Gazownictwa

JSW – Jastrzębska Spółka Węglowa

KIG – Krajowa Izba Gospodarcza

MAE – Międzynarodowa Agencja Energii

MSP – Małe i Średnie Przedsiębiorstwa

NCBiR – Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

NCN – Narodowe Centrum Nauki

NFOŚiGW – Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

OZE – odnawialne źródła energii

PAN – Polska Akademia Nauk

PGNiG – Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo

PIB – Państwowy Instytut Badawczy

PIPP – Polska Izba Paliw Płynnych

PSEW – Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej

PSPA – Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych

SNG – Syntetyczny Gaz Ziemny

TIS – Technological Innovation System

UE – Unia Europejska

ZE PAK – Zespół Elektrowni Pątnów Adamów Konin

## Kluczowe liczby

---

**2,7** ocena Technologicznego Systemu Innowacji w obszarze gospodarki wodorowej w skali 1-5

---

**67 proc.** ankietowanych przez PIE ekspertów z obszaru gospodarki wodorowej ocenia, że przepisy prawne są niewystarczające dla rozwoju gospodarki wodorowej

---

**3/4** ekspertów źle ocenia potencjał infrastruktury, surowców i zasobów do wdrażania gospodarki wodorowej

---

**40** razy mniejsze środki przeznaczone na B+R wodoru w Polsce niż w czołówce UE (Niemcy, Francja)

---

**2 proc.** udział środków na B+R wodoru w całkowitych krajowych wydatkach na B+R

---

**7.** miejsce Polski w UE i 83 publikacje naukowe o wodorze jako paliwie w 2019 r.

---

**6.** miejsce Polski w UE i 79 patentów dotyczących wodoru i ogni wodorowych

---

**6 na 200** projektów wodorowych w ramach programu Horyzont 2020 z udziałem polskich organizacji

---

## Kluczowe wnioski

**G**łówni aktorzy konsolidującego się systemu innowacji w kraju to administracja rządowa, spółki Skarbu Państwa oraz organizacje wspierające, finansowane z kapitału państwowego. Działania podejmowane na rzecz budowania gospodarki wodorowej charakteryzuje podejście *top-down*.

**Zaletami podejścia *top-down* z silnym udziałem kapitału państwowego w budowie gospodarki wodorowej mogą być lepsza synergia oraz zapewnienie większych środków inwestycyjnych na projekty wodorowe.** Oprócz przyjęcia strategii wodorowej, ukierunkowanie rozwoju może być osiągnięte także przez przygotowanie map technologicznych (lub *foresightów*) określających potencjał, cele i ścieżki dojścia w średnim i długim horyzoncie czasowym dla każdego z segmentów gospodarki wodorowej. Stworzenie map technologicznych pozwoli dopasować niezbędne instrumenty wsparcia o charakterze finansowym (np. dotacje, pożyczki, zamówienia publiczne), regulacyjnym (standardy emisyjne paliw), rynkowym, (kontrakty różnicowe, *feebates*) do konkretnych etapów rozwoju poszczególnych technologii. Prace nad mapami oraz wypracowanie właściwych instrumentów powinny być jednak prowadzone w grupach roboczych, do których równy dostęp powinny mieć firmy z sektora prywatnego. Skoncentrowanie kapitału krajowego może pozwolić na uzyskanie większej dźwigni finansowej w pozyskiwaniu środków zewnętrznych dla wyznaczonych projektów.

**Wadą tego podejścia może okazać się zbyt duży nacisk na utrzymanie w portfelu aktywów nieperspektywicznych (opartych na paliwach kopalnych) oraz asymetria informacji między spółkami Skarbu Państwa**

**a firmami prywatnymi.** Obciążenie „brudnymi aktywami” będzie ograniczać środki na „zielone innowacje” i zamiast skracać może wydłużyć dystans dzielący spółki Skarbu Państwa od światowych liderów gospodarki wodorowej. Z kolei uprzywilejowany dostęp spółek Skarbu Państwa do wiedzy i większa możliwość wpływu, np. na regulacje i instrumenty wsparcia, mogą skutkować zaktóceniem mechanizmów rynkowych i osłabieniem konkurencyjności firm prywatnych wbrew celowi nadrzędnemu, jakim jest budowanie pozycji polskich firm w międzynarodowych łańcuchach dostaw gospodarki wodorowej.

**Polska na tle krajów wysoko rozwiniętych posiada stosunkowo niewielki potencjał technologiczny w obszarze gospodarki wodorowej.** Wskazuje na to niewielka liczba wyspecjalizowanych firm, jak i dane dotyczące dedykowanych wydatków na badania i rozwój. Badani przez nas eksperci wskazują, że **największym problemem dla rozwoju systemu innowacji w obszarze wodoru jest niska dojrzałość rynku** (przede wszystkim brak wystarczających przepisów prawnych oraz instrumentów wsparcia) **i niedostateczne ukierunkowanie poszukiwań** (przede wszystkim niejasne cele i procedury ich ustalania).

**Brak otwarcia na współpracę, zarówno między organizacjami krajowymi, jak i z organizacjami zagranicznymi będzie utrudniać rozwój gospodarki wodorowej.** Potrzebna jest większa liczba transparentnych projektów realizowanych przez organizacje branżowe w odpowiedzi na jasno sformułowane zapotrzebowanie administracji publicznej i przy jej wsparciu finansowym. Istotne luki, jeśli chodzi o wiedzę o dalszym rozwoju gospodarki wodorowej dotyczą akceptacji społecznej dla

technologii wodorowych oraz potencjału regionalnego. Niski odsetek firm zaangażowanych we współpracę w ramach międzynarodowych organizacji branżowych oraz w projektach

badawczych i wdrożeniowych realizowanych z liderami gospodarki wodorowej, wskazuje na potrzebę promocji i zachęt ze strony administracji do tego typu działań.



# Wprowadzenie

**P**ojęcie gospodarki wodorowej sięga swoimi korzeniami 1970 r., kiedy to najpierw pojawiło się w przemówieniu prof. Johna Bockrisa (Bockris, 2002) i w tym samym roku jako element pracy naukowej prof. Lawrence'a W. Jonesa (Jones, 1970). **Pierwotne znaczenie tego terminu obejmowało zastąpienie paliw kopalnych w transporcie paliwem wodorowym.** Lata 70. sprzyjały rozwojowi tej koncepcji, głównie w okresie pierwszego kryzysu paliwowego. Znalazło to odzwierciedlenie w utworzeniu kilku organizacji międzynarodowych zajmujących się wodorem. Jednak wraz z powrotem stabilności na rynku ropy w latach 80., motywacja do pokonywania barier rozwoju gospodarki wodorowej osłabła. Idea powróciła po raz drugi w latach 90. na fali działań na rzecz **ochrony klimatu.** Podobnie jak poprzednio, sektor transportu miał być najsilniej poddany „wodoryzacji”. Jednak szybszy rozwój bateryjnych aut elektrycznych i późniejsze osłabienie działań na rzecz ochrony klimatu doprowadziły do dyskontynuacji w programach badawczych i projektach wdrożeniowych. Obecnie mamy do czynienia z trzecią falą nasilonego trendu rozwojowego gospodarki wodorowej. Charakteryzuje się ona **rozszerzeniem pojęcia na takie sektory jak energetyka, chemia i hutnictwo.** Wyraźnym wsparciem rozwoju gospodarki wodorowej były ogłoszone przez Unię Europejską (UE) strategie łączenia sektorów mające na celu zniesienie silosowości łańcuchów dostaw działających w obrębie każdego z nich.

**Trzecia fala rozwoju globalnej gospodarki wodorowej znajduje odzwierciedlenie w Strategii Wodorowej UE – stanowiąc szansę na szybszą dekarbonizację dla Polski.** Strategia przewiduje budowę ok. 40 GW mocy elektrolizerów przeznaczonych do produkcji

„zielonego” wodoru do 2030 r. (KE, 2020a). Według zapowiedzi rządu Polska mogłaby zainstalować 2-4 GW mocy elektrolizerów, czyli mieć 5-10 proc. udziału w planach unijnych (www1). Oprócz produkcji wodoru Polska planuje rozwój również pozostałych segmentów gospodarki wodorowej, tj. przesyłu i dystrybucji, magazynowania oraz wykorzystania wodoru w przemyśle. Technologie wodorowe rozwijały się również w Polsce, choć **dopiero w ostatnich latach pojawiły się projekty mające na celu zastosowanie tego rodzaju technologii w celu obniżenia emisyjności gospodarki.** Głównymi aktorami w tym obszarze są duże spółki paliwowo-energetyczne z udziałem Skarbu Państwa. Firmy prywatne mają na początkowym etapie rolę drugorzędą, co tworzy pewien **charakterystyczny model rozwoju technologii.** Można to tłumaczyć stosunkowo niskim potencjałem innowacyjnym małych i średnich przedsiębiorstw (MSP) w porównaniu z dużymi (PARP, 2020) oraz dużą rolą, przypisywaną państwu w rozwoju gospodarki, w szczególności w energetyce. Struktura polskich firm paliwowo-energetycznych obejmująca wiele segmentów rynku przekłada się na **symultaniczny rozwój badań nad kilkoma segmentami w obrębie gospodarki wodorowej** (np. wytwarzaniem i przesyłem lub przesyłem i wykorzystaniem). Rozwój technologii wodorowych w różnych segmentach będzie jeszcze ściślej ze sobą powiązany przez połączenie trzech największych firm paliwowych z udziałem Skarbu Państwa – Orlen, Lotos i PGNiG (Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo). Podobną konsolidację przeszły już w 2019 r. instytucje rozwoju (Grupa Polski Fundusz Rozwoju – Grupa PFR). Ze względu na konsolidację głównych podmiotów gospodarki wodorowej i ich powiązanie z kapitałem państwowym, model rozwoju gospodarki



wodorowej wydaje się odmienny od tego, jaki przeważa obecnie w krajach zaawansowanych technologicznie, gdzie rozwój poszczególnych technologii odbywa się z większym udziałem inicjatyw oddolnych i przy współpracy wielu niezależnych aktorów.

Aby opisać rozwój gospodarki wodorowej w Polsce w tej publikacji wykorzystaliśmy metodykę opartą na **Technologicznym Systemie Innowacji (Technological Innovation System, TIS)** – jedną z najbardziej zaawansowanych i rozpowszechnionych metod badawczych, stworzoną przeszło trzy dekady temu do opisu zjawiska oraz tempa zmian technologicznych<sup>1</sup>. Twórcy TIS zwrócili uwagę, że zmiana technologiczna i związany z nią postęp gospodarczy nie zależą wyłącznie od sumy działań indywidualnych podmiotów tego systemu, ale też od struktury i dynamiki ich powiązań. Zanegowano przy tym linearny model rozwoju innowacji (rozumiany sekwencyjnie jako badania podstawowe, B+R, produkcja, dyfuzja). Podkreślono natomiast pozytywny wpływ ciągłej i wielokierunkowej interakcji między poszczególnymi agentami na rozwój innowacji. Ważnym elementem TIS jest również koncentracja działań na przepływie wiedzy i kompetencji, bardziej niż na przepływie produktów i usług (jak to miało miejsce w ujęciu neoklasycznym) (Carlsson, Stankiewicz, 1991).

W literaturze pojawiają się różne koncepcje systemu innowacji, takie jak krajowy, regionalny, sektorowy czy technologiczny. Według Wood Mackenzie (2020) technologiczny system

innowacji dotyczy rozwoju, dyfuzji i zastosowania danej technologii. Przy czym technologia ma tutaj przynajmniej dwa znaczenia: pierwsze związane z materialnymi i niematerialnymi przedmiotami służącymi do rozwiązywania problemów natury technicznej, a drugie znaczenie odnosi się do wiedzy o danej technologii. TIS jest wykorzystywany zwykle do oceny jednej technologii, np. turbin wiatrowych (Gosens, Lu, 2013), fotowoltaiki (Kebede, Mitsu-fuji, 2017; Palm, 2015), wychwytywania i sekwestracji dwutlenku węgla (van Alphen, Hekkert, Turkenburg, 2010) i wodoru i ogniwi paliwowych (Nasiri, Ramazani Khorshid-Doust, Bagheri Moghaddam, 2015). TIS może też być wykorzystywany do oceny relacji między zależnymi od siebie TIS-ami, składającymi się na pewien system (Bergek i in., 2015) lub do oceny łańcuchów dostaw składających się na daną technologię, np. systemu stacjonarnych urządzeń sanitarnych (*on-site sanitation*) analizowanego przez van Welle i in (2019)<sup>2</sup>. TIS jest także wykorzystywany w badaniach komparatystycznych dotyczących jednej technologii w różnych krajach (Walz, Delgado, 2012; Wieczorek i in., 2013).

**W niniejszej publikacji wykorzystujemy ramy badawcze TIS do oceny stanu gospodarki wodorowej w Polsce. Przez gospodarkę wodorową rozumiemy grupę technologii związanych z wytwarzaniem, przesyłem, magazynowaniem i wykorzystaniem wodoru służących do obniżenia emisyjności gospodarki.**

<sup>1</sup> TIS jest przy tym zakotwiczony w szerszym nurcie badań w ramach ekonomii ewolucyjnej, z kluczowym podejściem badawczym nazwanym systemem innowacji (Freeman, 1987; Lundvall, 1985; Nelson, 1993).

<sup>2</sup> Technologiczny system innowacji w Polsce był w ostatnich latach opisywany w odniesieniu do morskich farm wiatrowych (Sawulski, Gałczyński, Zajdler, 2019) i technologii wykorzystywanych w sektorze hutnictwa (Skoczkowski i in., 2020).

# 1. Analiza strukturalna

**A**naliza strukturalna jest pierwszą częścią naszego procesu badawczego w ramach TIS. Określani są w niej główni aktorzy z sektora administracji publicznej, sektora prywatnego (przemysłu), sektora badawczo-naukowego oraz organizacje

wspierające. Analizujemy także powiązania między nimi (sieci) oraz instytucje stanowiące podstawy ich funkcjonowania. Ocenę poszczególnych elementów analizy opieramy przede wszystkim na analizie danych zastanych (*desk research*) i otwartych bazach danych.

## 1.1. Agencje rządowe

Aktywność rządu związana z rozwojem gospodarki wodorowej rozpoczęła się w 2018 r. W powołanym przy ówczesnym Ministerstwie Energii zespole roboczym ds. Strategicznych Analiz Rozwoju Gospodarki Wodorowej w Polsce zbierali się przedstawiciele spółek energetycznych, środowiska naukowego i administracji. Celem zespołu było stworzenie dokumentu strategicznego dotyczącego rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce w średnim okresie.

Z początkiem 2020 r. rozpoczęły się prace nad polską strategią wodorową. W połowie roku podpisano list intencyjny o ustanowieniu partnerstwa na rzecz budowy gospodarki wodorowej (www2). Za wstępny etap prac odpowiadało przede wszystkim Ministerstwo Klimatu, a następnie, na podstawie zarządzenia nr 111

Prezesa Rady Ministrów z dnia 18 sierpnia 2020 r. (www3) utworzono Międzyresortowy Zespół do spraw gospodarki wodorowej. Na jego czele stanął powołany Pełnomocnik Rządu ds. gospodarki wodorowej, a w skład samego zespołu weszły m.in. Ministerstwo Aktywów Państwowych, Ministerstwo Klimatu, Ministerstwo Infrastruktury, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Ministerstwo Rozwoju.

Oprócz przygotowywania dokumentu strategicznego organy administracji centralnej prowadziły również prace legislacyjne (o których więcej w podrozdziale *Instytucje*) związane z wykorzystaniem wodoru w transporcie, natomiast nie obejmowały one dotąd segmentu wytwarzania, magazynowania oraz przesyłu i dystrybucji wodoru.

## 1.2. Aktorzy przemysłowi

Polskie firmy znajdują się wyraźnie poza światową czołówką w dziedzinie produkcji elektrolizerów i ogniw paliwowych wśród rozwiniętych firm (OpenEI, 2020). Nie ma również ich pośród czołowych *start-upów* w tym zakresie (Tracxn 2020a; 2020b). Spółki zaangażowane w rozwój gospodarki wodorowej to w większości spółki Skarbu Państwa. List intencyjny w sprawie

rozwoju gospodarki wodorowej podpisało w lipcu 2020 r. osiemnaście podmiotów, z czego osiem stanowiły spółki Skarbu Państwa (podległe MAP), trzy – państwowe instytuty badawcze oraz jedna uczelnia (finansowane częściowo ze środków publicznych). List podpisały tylko trzy przedsiębiorstwa prywatne oraz dwie organizacje branżowe (załącznik 1).

Liczba przedsiębiorstw mogących współtworzyć łańcuchy dostaw w polskiej gospodarce wodorowej jest ograniczona. Największa grupa podmiotów występuje w obszarze produkcji i zastosowań (co wynika nie tylko z polskiej specyfiki, ale także ze specyfiki tych segmentów). Firmy o dużym potencjale produkcji to przede wszystkim spółki Skarbu Państwa mające doświadczenie w produkcji „szarego” wodoru i zainteresowane oczyszczaniem go w celu zabezpieczenia podaży do rozwoju rynku wodorowego lub spółki

zainteresowane produkcją „zielonego” wodoru. Są również dwie istotne firmy prywatne rozpoczynające we współpracy z partnerami zagranicznymi projekty w zakresie produkcji „zielonego” wodoru i zastosowania go w transporcie oraz w turbinach. Część firm zainteresowanych rozwojem produkcji wodoru realizuje również projekty związane z jego zastosowaniem, głównie w transporcie (autobusy, lokomotywy, jednostki pływające).

▼ **Tabela 1.** Polskie firmy posiadające doświadczenie w wybranych segmentach gospodarki wodorowej

Działalność	Nazwa	Obszar aktywności
Produkcja	Jastrzębska Spółka Węglowa (JSW)	separacja wodoru z gazu koksowniczego
	Lotos, Polskie Sieci Elektroenergetyczne (PSE)	zastosowanie elektrolizerów z energią elektryczną z OZE (odnawialne źródła energii)
	Sescom	sprzedaż elektrolizerów zasilanych z PV
	Grupa Azoty	skalowanie własnej produkcji „szarego” wodoru na sprzedaż
	Polenergia	produkcja i wykorzystanie „zielonego” wodoru; kogeneracja przekształcona do spalania wodoru
	RB Consulting	dystrybucja elektrolizerów
	Zespół Elektrowni Pątnów Adamów Konin (ZE PAK)	zastosowanie elektrolizerów z energią elektryczną z biomasy
	Orlen	zastosowanie elektrolizerów z energią elektryczną z OZE
	Tauron Wytwarzanie	produkcja SNG (syntetyczny gaz ziemny): wodór z elektrolizy z energią elektryczną z OZE, dwutlenek węgla z instalacji emisyjnych
	Wałbrzyskie Zakłady Koksownicze „Victoria”	separacja wodoru z gazu koksowniczego
	Stalprodukt	reforming parowy metanu

Działalność	Nazwa	Obszar aktywności
Magazynowanie	PGNiG	zatlaczanie wodoru do sieci dystrybucyjnych i przesyłowych; magazynowanie pod ziemią
	Stako z Grupy Worthington Industries	zbiorniki
Zastosowanie	Lotos	stacje ładowania pojazdów
	PKP Cargo	zastosowanie wodoru w lokomotywach
	H. Cegielski	prototyp lokomotywy wodorowej
	PKN Orlen	stacje ładowania pojazdów
	PGNiG	stacja ładowania pojazdów
	EC Grupa (Energococontrol Sp. z o.o.)	opracowanie modeli ogniw paliwowych
	APS Energia (z Politechniką Gdańską)	wodorowy system zasilania awaryjnego
	Remontowa Holding	opracowanie projektów koncepcyjnych jednostek pływających stosujących ogniwa paliwowe
	Solaris	produkcja autobusu wodorowego
	Polenergia (z Siemens)	spalanie wodoru w turbinach w kogeneracji
Przesył w sieciach gazowych	PGNiG	blendowanie wodoru w gazociągach
Aparatura	Intergaz	gazomierze
	cGAS controls	zbiorniki ciśnieniowe
	Emag Serwis	czujniki
	Frankoterm	kriostatyczne urządzenia

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie badania źródeł wtórnych oraz wywiadów.

### 1.3. Organizacje naukowe i badawcze

Temat wodoru pojawia się w programach uczelni technicznych i uniwersytetów, m.in

w ramach nauczania o fizyce, chemii czy energetyce na studiach I i II stopnia. Wodór jest też

w programach studiów podyplomowych, np. w sekcji dotyczącej odnawialnych źródeł energii. Nie istnieją w Polsce kierunki ani specjalizacje studiów związane z nauczaniem wyłącznie o wodorze.

Instytut Energetyki (IEEn) pełni w kraju kluczową rolę w nauce i badaniach nad wodorem. Główną jednostką prowadzącą prace w tym obszarze jest Zakład Wysokotemperaturowych Procesów Elektrochemicznych, zajmujący się m.in.: stałotlenkowymi ogniwami paliwowymi, wysokotemperaturową elektrolizą, rozwiązaniami *power-to-gas/liquid*, CC(U)S (*carbon capture, utilisation and storage*). Instytut na skalę

laboratoryjną wytwarza dwa rodzaje stałotlenkowych ogniwi paliwowych. Pozostałe ośrodki badawcze skupiają raczej pojedynczych naukowców. Kompetencje w zakresie produkcji wodoru posiadają instytuty chemiczne, przede wszystkim Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Instytut Chemii Przemysłowej. W zakresie magazynowania wodoru działa Instytut Wysokich Ciśnień.

Istnieje kilkanaście państwowych instytutów badawczych (PIB) oraz jednostek naukowych Polskiej Akademii Nauk (PAN), które w różnym stopniu są zaangażowane w badania podstawowe związane z gospodarką wodorową. Listę tych jednostek przedstawiamy w tabeli 2.

▼ **Tabela 2.** Państwowe Instytuty Badawcze i instytuty Polskiej Akademii Nauk zaangażowane w badania podstawowe nad wodorem

Miejscowość	Nazwa jednostki
Katowice	Główny Instytut Górnictwa
Zabrze	Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla
Warszawa	Instytut Chemii Fizycznej PAN
Warszawa	Instytut Chemii Fizycznej PAN
Warszawa	Instytut Chemii Przemysłowej
Katowice	Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych
Wrocław	Instytut Elektrotechniki
Warszawa	Instytut Energetyki
Poznań	Instytut Fizyki Molekularnej PAN
Gliwice	Instytut Inżynierii Chemicznej PAN
Warszawa	Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej PAN
Warszawa	Instytut Nafty i Gazu
Warszawa	Instytut Wysokich Ciśnień

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie badania źródeł wtórnych oraz wywiadów.

## 1.4. Organizacje wspierające

---

Główne organizacje wspierające są skupione w utworzonej w 2019 r. Grupie Polskiego Funduszu Rozwoju (GPFR). Jest to instytucja finansowa i doradczą dla przedsiębiorstw, samorządów i osób prywatnych, która inwestuje w zrównoważony rozwój społeczny i gospodarczy kraju. W skład Grupy wchodzi: Polski Fundusz Rozwoju (PFR) (centrum strategiczne), Agencja Rozwoju Przemysłu, Bank Gospodarstwa Krajowego (BGK), Korporacja Ubezpieczeń Kredytów Eksportowych, Polska Agencja Inwestycji i Handlu, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości oraz spółki zależne tych podmiotów. Głównym celem PFR w obszarze energetyki jest wsparcie projektów OZE dotyczących m.in. zastosowania biowodoru w ciepłownictwie oraz transporcie. BGK deklaruje z kolei wsparcie inwestycyjne dla technologii wodorowych, a od 2019 r. zaangażowany jest w projekty dotyczące rozwoju transportu opartego na paliwach alternatywnych, m.in. wodorze (www4).

Poza GPFR, kluczowe znaczenie dla wspierania rozwoju gospodarki wodorowej

będą miały również Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), Narodowe Centrum Nauki (NCN) oraz Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW). NCBiR wspiera już od wielu lat projekty dotyczące wodoru choć częściowo odbywało się to pośrednio przez wsparcie badań, np. w obszarze chemii.

NFOŚiGW zapowiedział utworzenie programu wsparcia „Nowa Energia”, mającego obejmować sześć obszarów, w tym jeden, dotyczący w całości wsparcia produkcji, magazynowania, transportu i wykorzystania wodoru. Na finansowanie całego programu, NFOŚiGW miałby przeznaczyć 3,8 mld PLN, z czego 0,6 mld PLN miałyby być rozdysponowane na projekty wodorowe jeszcze w 2021 r. Program ten miałby oferować dodatkowe finansowanie dla projektów realizowanych przez przedsiębiorstwa (www5), które wcześniej uzyskiwałyby wsparcie NCBiR, finansowanie z projektu Horyzont 2020 lub wsparcie skierowane na regiony górnicze.

## 1.5. Sieci

---

W rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce ważne miejsce zajmują organizacje, których celem jest łączenie poszczególnych aktorów i wykorzystanie ich wspólnego potencjału. Część z nich ma charakter ogólnopolski, część koncentruje się na wybranych regionach. Do organizacji ogólnopolskich należą m.in. IGG (Izba Gospodarcza Gazownictwa), PSEW (Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej), PIPP (Polska Izba Paliw Płynnych), PSPA (Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych) oraz KIG (Krajowa Izba Gospodarcza). Organizacje te działają od dłuższego czasu, ale wodor stanowi dla nich tylko element szerszej działalności i trudno znaleźć konkretne rezultaty działań tych organizacji

w ogólnodostępnych informacjach. Do najważniejszych organizacji o charakterze lokalnym lub regionalnym należy Gdański Klaster Wodorowy oraz Wieluński Klaster Energii.

Polskie podmioty są członkami sieci europejskich związanych z gospodarką wodorową. Hydrogen Europe jest obecnie największą z nich. W stowarzyszeniu, wśród około 250 podmiotów, g reprezentuje Polskę: Gaz-System, Grupa Lotos, JSW, PGE (Polska Grupa Energetyczna), PGNiG, PKN Orlen, IEn, Klaster Wodorowy i Czystych Technologii Węglowych oraz Tomo Group (www6). Dla porównania, w Niemczech działa 37 podmiotów, a we Francji – 33. Drugie istotne stowarzyszenie europejskie to European Clean Hydrogen

Alliance. Polska nie miała swoich reprezentantów wśród trzydziestu członków-założycieli, jednak

kilka polskich podmiotów, jak PGNiG, Polenergia czy Orlen należą obecnie do tej organizacji.

▼ **Tabela 3.** Organizacje na rzecz wodoru w Polsce

Organizacje o charakterze lokalnym lub regionalnym	Organizacje o charakterze ogólnopolskim
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Klaster Technologii Wodorowych i Czystych Technologii Węglowych (Politechnika Gdańska),</li> <li>- Wieluński Klaster Energii,</li> <li>- Stowarzyszenie Polski Wodór (charakter ogólnopolski jednak z mocnym nastawieniem na rozwój projektów wodorowych na Śląsku),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- KIG,</li> <li>- PSEW,</li> <li>- IGG,</li> <li>- PIPP</li> <li>- PSPA,</li> <li>- PIME,</li> <li>- Hydrogen Poland.</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie badania źródeł wtórnych oraz wywiadów.

Polska nie jest reprezentowana przez żadne podmioty w globalnych organizacjach związanych z wodorem. Polskie podmioty nie występują w Hydrogen Council, istotnej organizacji o charakterze globalnym, zrzeszającej przeszło 90 podmiotów, głównie firm przemysłowych. Polska nie jest również członkiem inicjatywy Mission Innovation działającej m.in. w obszarze odnawialnego i czystego wodoru (Innovation Challenge 8).

Skromny udział polskich podmiotów w organizacjach europejskich i brak udziału

w organizacjach globalnych częściowo można tłumaczyć ograniczonym potencjałem technologicznym Polski w dziedzinie wodoru, jak i stosunkowo niewielkim rozmiarem największych firm energetycznych w Polsce. Znaczenie może odgrywać również brak świadomości z korzyści, jakie przynosi uczestnictwo w sieciach międzynarodowych i postrzeganie technologii zero-emisyjnych jako zbyt zaawansowanych i kosztownych względem dominujących w polskim przemyśle technologii opartych na paliwach kopalnych.

## 1.6. Instytucje

Możliwość wykorzystania wodoru w celu redukcji emisji w gospodarce jest regulowana w poszczególnych sektorach w odmienny sposób. Głównymi bodźcami do szybszego wykorzystania wodoru w gospodarce mogą być przede wszystkim redukcja emisji CO<sub>2</sub> (w sektorach ETS i non-ETS) oraz cel OZE w ramach pakietu klimatyczno-energetycznego UE. W 2020 r. toczy się intensywna debata nad

ustanowieniem nowych celów na 2030 r. które pozwoliłyby osiągnąć neutralność klimatyczną UE w 2050 r.

Dla rozwoju gospodarki wodorowej w UE kluczowe są trzy strategie ogłoszone w 2020 r. – integracja systemu energetycznego, strategia wodorowa oraz strategia metanowa. Tworzą one ramy referencyjne dla prac administracji publicznej.

Strategia UE na rzecz integracji systemu energetycznego tworzy ramy do rozwoju zrównoważonej energetyki. Skupia się przede wszystkim na pokonywaniu silosowości w systemach energetycznych poszczególnych sektorów obejmując m.in. infrastrukturę, regulacje oraz łańcuchy wartości. Strategia opiera się na trzech filarach: unikaniu strat w obiegu energii, zgodnie z priorytetem „*energy efficiency first*”, elektryfikacji oraz wprowadzaniu czystych paliw, w tym wodoru (KE, 2020a).

Strategia UE w zakresie wodoru skupia się na stworzeniu alternatywy dla elektryfikacji w „trudnych” sektorach oraz dla technologii magazynowania energii. Strategia promuje produkcję „zielonego” wodoru, jednak dopuszcza także przejściowe wykorzystywanie „szarego” wodoru w celu zapewnienia podaży tego gazu. Ma to ułatwić inwestycje po stronie popytowej. Głównymi instrumentami mającymi służyć promocji wodoru jest dyrektywa o odnawialnych źródłach energii oraz system handlu emisjami (po rewizji), natomiast finansowanie ma zapewnić przede wszystkim *Przyszłe Pokolenie UE* oraz polityka przemysłowa. Ponadto przewiduje się utworzenie szczególnych mechanizmów, np. kontraktów różnicowych (*carbon contracts for difference*), jak i możliwość prowadzenia programów pilotażowych na poziomie UE i w poszczególnych krajach członkowskich (KE, 2020b).

Strategia UE na rzecz ograniczenia emisji metanu wprowadza głównie miękkie narzędzia związane z kontrolą i monitorowaniem emisji tego gazu. Skierowana jest ona w szczególności na trzy obszary – energetykę, rolnictwo i zagospodarowanie odpadów. W kontekście gospodarki wodorowej strategia odgrywa znaczenie głównie dla branży gazowniczej, sygnalizując, że nieszczelność infrastruktury przesyłowej i dystrybucyjnej może w przyszłości zostać obciążona kosztami. Strategia jest więc bodźcem

do inwestycji w modernizację infrastruktury gazowej, co jednocześnie stanowi szansę na uwzględnienie wodoru w przesyłce i dystrybucji.

Wodór wykorzystywany dotychczas w polskiej gospodarce nie był objęty szczególnymi regulacjami. Jego wytwarzanie i wykorzystanie w sektorze chemicznym i petrochemicznym było działaniem opartym na rozwoju technologicznym i mechanizmach rynkowych. Wprowadzone dotychczas zmiany legislacyjne, mające na celu promocję wodoru jako środka do dekarbonizacji, obejmowały przede wszystkim wpisanie go jako możliwego do użycia nośnika energii lub paliwa w trzech ustawach:

- w Ustawie z dnia 25 sierpnia 2006 r. o systemie monitorowania i kontrolowania jakości paliw, w której wprowadzono definicję wodoru jako paliwa w transporcie oraz włączono go do systemu kontrolowania jakości paliw (co ma znaczenie dla realizacji Narodowego Celu Redukcyjnego) (Ustawa..., 2006).
- w Ustawie z dnia 6 czerwca 2018 r. o zmianie ustawy o biokomponentach i biopaliwach ciekłych oraz niektórych innych ustaw, w której utworzono Fundusz Niskoemisyjnego Transportu (zarządzany przez NFOŚiGW) i włączono wytwórców oraz producentów wodoru, a także producentów pojazdów wodorowych, do listy podmiotów mogących starać się o dofinansowanie swojej działalności ze środków tegoż funduszu (Ustawa..., 2018b).
- w Ustawie z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, w której wprowadza się m.in. zwolnienie z podatku akcyzowego dla pojazdów napędzanych wodorem oraz możliwość tworzenia stref czystego transportu (ograniczania ruchu pojazdów innych niż napędzane wodorem) na drogach zarządzanych przez gminy (Ustawa..., 2018a).



## 2. Analiza funkcjonalna

**D**rugim elementem analizy technologicznego systemu innowacji jest analiza funkcjonalna. Stanowi ona odpowiedź na pytanie w jakim stopniu system innowacji zapewnia procesy gwarantujące rozwój. Analiza przeprowadzona w kolejnych podrozdziałach obejmuje rozwój i wymianę wiedzy<sup>3</sup>, jasność kierunków i celów rozwoju, dojrzałość rynku, możliwość eksperymentowania oraz legitymizację gospodarki wodorowej. Naszą analizę opieramy na czterech źródłach:

a) danych zastanych,

- b) pogłębionych wywiadach indywidualnych z ekspertami w obszarze gospodarki wodorowej (załącznik 3),
- c) ankiecie podsumowującej wywiady przeprowadzone w głównej mierze z tymi samymi ekspertami (n=11)<sup>4</sup>,
- d) ankiecie skierowanej do szerokiego grona ekspertów (n=37) odpowiadającej na szersze zagadnienia związane z przyszłością gospodarki wodorowej w Polsce (Maj, Miniszewski, Szpor, 2020).

### 2.1. Rozwój wiedzy

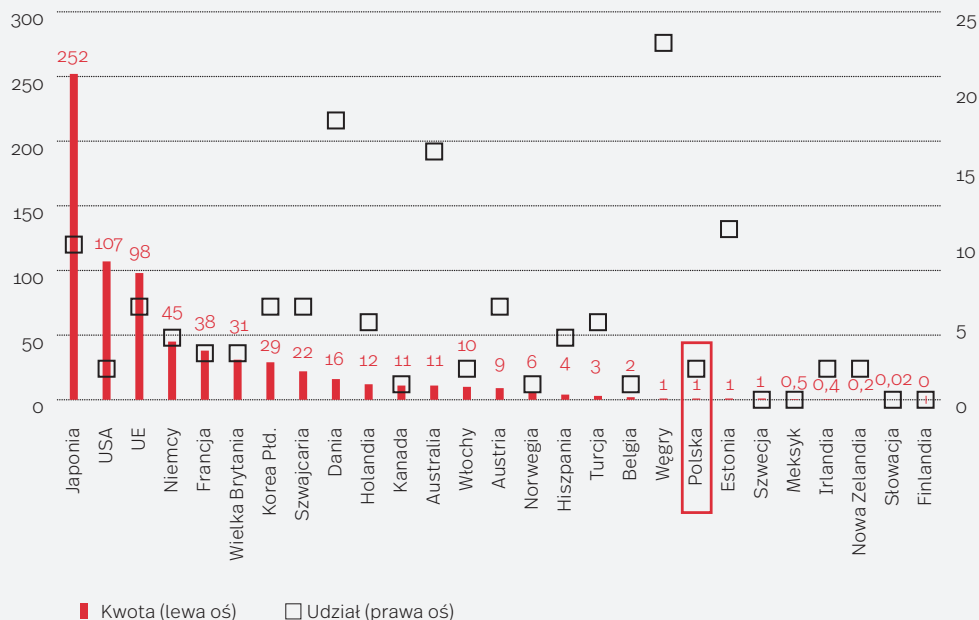
Wiedza o poszczególnych elementach gospodarki wodorowej skupia się w Polsce przede wszystkim w nauce, w szczególności w badaniach podstawowych oraz w biznesie, głównie w branży chemicznej i petrochemicznej. Jest to związane z długoletnim doświadczeniem polskich firm – Grupy Azoty, Orlenu i Lotosu, produkujących wodór przy wykorzystaniu reformingu parowego metanu. Z kolei wiedza dotycząca czystego wodoru jest stosunkowo nową dziedziną, która rozwija się w takich obszarach jak badania naukowe, aplikacje (szczególnie w transporcie kołowym i kolejowym) oraz na poziomie wiedzy projektowej (np. w infrastrukturze tankowania wodoru). Państwowe instytuty badawcze posiadają kompetencje dotyczące gospodarki wodorowej, w szczególności w zakresie badań i produkcji ogniw paliwowych. Środki

przeznaczone na badania i rozwój (B+R) w zakresie wodoru i ogniw paliwowych w Polsce są ok. 40-krotnie mniejsze niż w czołowych krajach UE w tej dziedzinie, tj. w Niemczech i Francji. Środki te stanowią 2 proc. wszystkich środków przeznaczonych w kraju na B+R, co już nie aż tak wyraźnie odbiega od wartości we wcześniej wymienionych krajach. Oznacza to, że w wartościach bezwzględnych w Polsce przeznacza się znacznie mniej środków całościowo na badania i rozwój, ale i podobnie proporcjonalnie mniej na wodór (wykres 1). Według danych MAE (Międzynarodowa Agencja Energetyczna), podobnie wiadać, że do 2019 r. w porównaniu z innymi krajami UE, jak Dania, Niemcy czy nawet Węgry, w Polsce przeznaczano stosunkowo mniejsze środki na B+R w dziedzinie wodoru i ogniw paliwowych w relacji do PKB (wykres 2).

<sup>3</sup> Uwzględniamy tu wiedzę naukową, technologiczną, produkcyjną, rynkową, logistyczną i projektową, która może pochodzić z różnych źródeł, np. B+R, uczenia się z nowych zastosowań lub kopiowania (Bergek i in., 2008).

<sup>4</sup> Do oceny ilościowej funkcji postużyliśmy się ankietą, w której eksperci oceniali funkcje TIS w skali Likerta: bardzo źle (1), źle (2), nie mam zdania (3), dobrze (4), bardzo dobrze (5). Wykres 13 ilustruje uśrednione wyniki ankiety dla wszystkich ekspertów.

▼ Wykres 1. Środki przeznaczone na B+R wodoru i ogniwi paliwowych (lewa oś, w mln EUR) oraz ich udział w całościowej sumie B+R w danym kraju (prawa oś, w proc.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie bazy danych MAE.

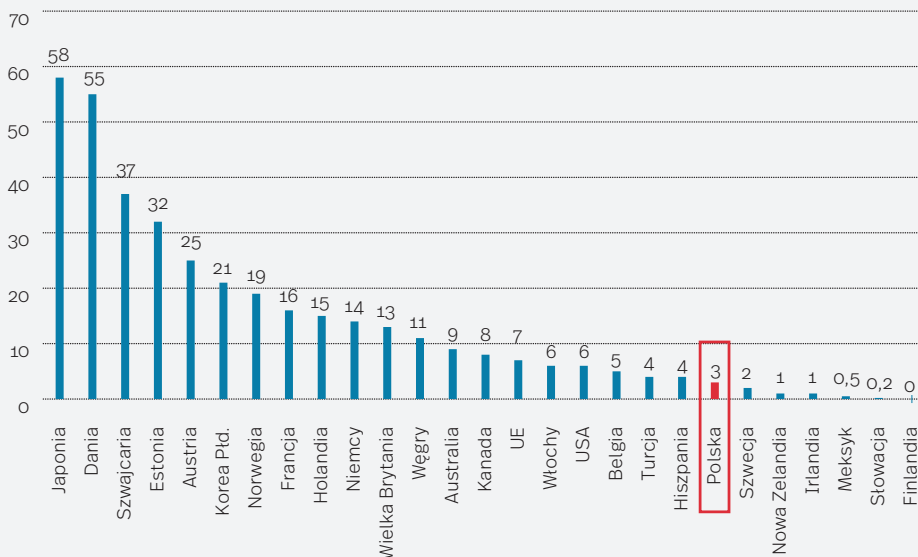
Istotne miejsce w gospodarce wodorowej w Polsce mogą mieć technologie oczyszczania i odseparowywania wodoru. Ponieważ będą stosowane w odniesieniu do „szarego” wodoru mogą jednak stanowić w przyszłości element utrudniający przechodzenie na stosowanie „zielonego” wodoru. Ponadto polskie organizacje posiadają doświadczenie w produkcji zbiorników ciśnieniowych, co może być zaczątkiem dla krajowej specjalizacji.

Według bazy Web of Science w latach 2017-2019 w Polsce publikowano rocznie około 1000 artykułów o wodorze, co stanowiło ok. 2 proc. publikacji na świecie<sup>5</sup>. Większość tych artykułów

należała do dziedziny chemii fizycznej. W 2019 r. 83 publikacje dotyczyły wodoru w kontekście paliw, to jest ok. dwa razy więcej niż jeszcze w 2014 r. Organizacjami o najwyższej liczbie publikacji o wodorze – jako paliwie – były kolejno: Akademia Górniczo-Hutnicza, Politechnika Warszawska, Polska Akademia Nauk, Politechnika Gdańska, Politechnika Łódzka. Wśród omawianych tematów pojawiają się zagadnienia związane z produkcją wodoru w procesie reformingu gazu ziemnego, gazyfikacji ścieków, elektrolizy z OZE, magazynowania wodoru pod ziemią i zastosowania w ogniwach paliwowych w transporcie (tabela 4.).

<sup>5</sup> Według danych Web of Science liczba publikacji indeksowanych pod hasłem „wodór” rosta dynamicznie w ostatnich dwóch dekadach, z niecałych 20 tys. rocznie w drugiej połowie lat 90. do ok. 50 tys. w ostatnich latach.

▼ **Wykres 2.** Wydatki krajowe na B+R w dziedzinie wodoru i ogniw paliwowych w stosunku do PKB w 2019 r. (w ppm)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych MAE i Banku Światowego.

▼ **Tabela 4.** Liczba publikacji w Polsce i na świecie dotyczących wodoru

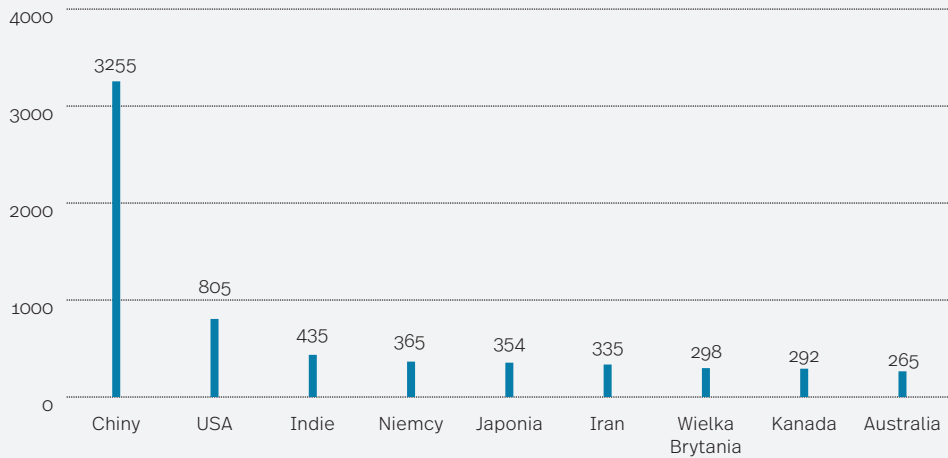
Słowo-klucz	Liczba publikacji	1990 r.	2019 r.
„Hydrogen” – wszystkie dziedziny	na świecie	4 272	39 981
	w Polsce	93	998
„Hydrogen” – w sekcji „Energy fuels”	na świecie	163	7 625
	w Polsce	83	2

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie bazy danych Web of Science.

Według bazy danych Web of Science najwięcej publikacji w grupie „Energy fuels” dla hasła „hydrogen” mają Chiny, Stany Zjednoczone i Indie. Spośród krajów Unii Europejskiej są

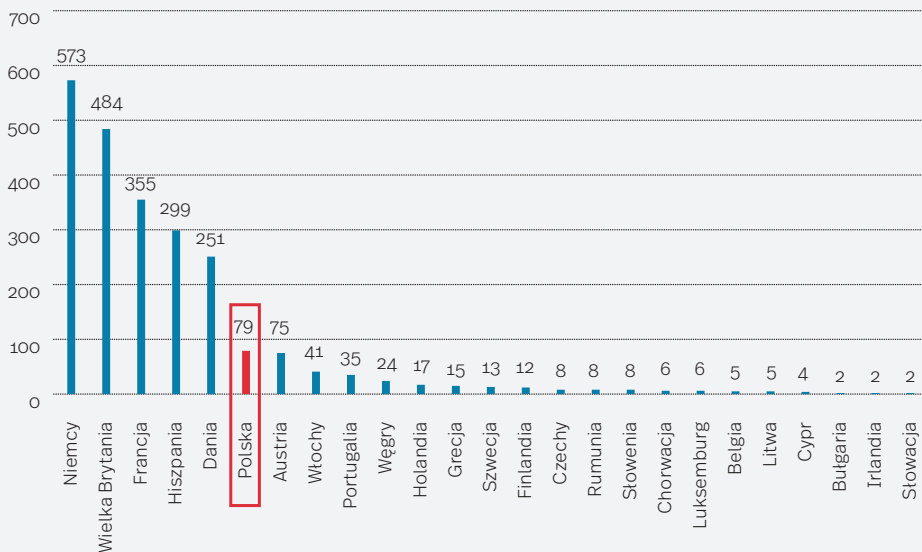
to Niemcy, Wielka Brytania, Francja i Włochy. Polska jest pod tym względem na 26. miejscu na 100 krajów i na 7. miejscu z 27 krajów Unii Europejskiej.

▼ Wykres 3. Liczba publikacji naukowych na świecie dotyczących wodoru



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie bazy danych Web of Science.

▼ Wykres 4. Liczba patentów dotyczących wodoru i wodorowych ogniw paliwowych w latach 2014-2019



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Fuel Cell JU Observatory.

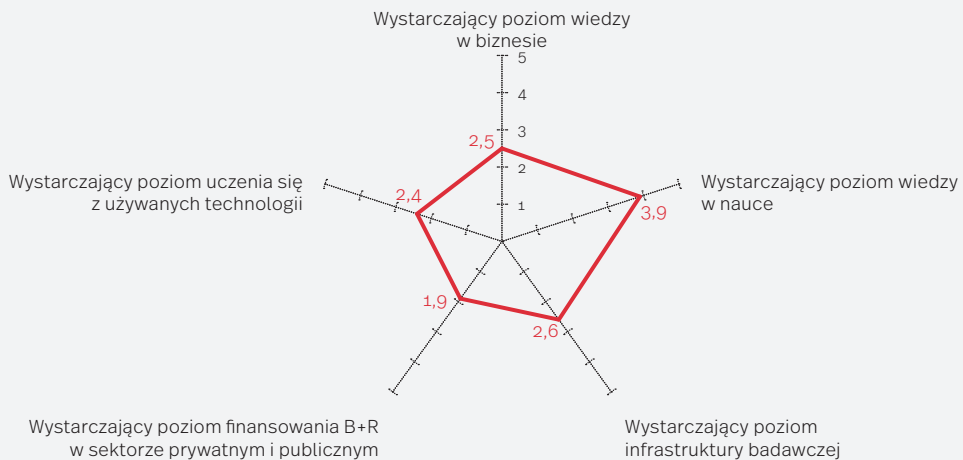
Liczba patentów przyznanych w sektorze wodoru i ogniw paliwowych według statystyk Cooperative Patent Classification przedstawionych w FCH JU (Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking) na przestrzeni ostatnich lat dowodzi, że wśród krajów Unii Polska zajmuje 6. miejsce z liczbą 79 zdobytych patentów. Co potwierdza istnienie zaplecza naukowego, które nie dorównuje czołowym krajom UE, ale też nie ustępuje krajom rozwijającym się. Jest to zdecydowanie niższy wynik niż dla czołówki krajów, także w korelacji z krajowym PKB. W ciągu ostatnich pięciu lat w Unii średnia liczba patentów w omawianym obszarze wzrosła 2-krotnie, a w Polsce 3-krotnie (wykres 4).

Istnieje problem niedostatecznego przekładania wyników badań naukowych na zastosowanie. Jak wskazują eksperci w wywiadach, przyczyną tego jest m.in. **skromna**

**infrastruktura laboratoryjna oraz niska motywacja do prowadzenia badań nad konkretnymi zastosowaniami.** Wiedza o gospodarce wodorowej jest pogłębiona w nielicznych, wąskich dziedzinach. Obecne projekty opierają się na wiedzy naukowej i na integracji elementów infrastruktury wodorowej przy wykorzystaniu technologii tworzonych za granicą.

Kluczowym problemem w ramach funkcji „Rozwój wiedzy” jest więc relatywnie niski poziom finansowania B+R w sektorze prywatnym i publicznym. Potwierdza to wnioski z analizy danych MAE dotyczące środków przeznaczonych na B+R w dziedzinie wodoru i ogniw paliwowych w Polsce i innych krajach (wykres 1, wykres 2). Z kolei bardzo wysoko oceniono poziom wiedzy w nauce, co też jest odzwierciedlone w stosunkowo wysokiej liczbie patentów (wykres 4) i publikacji naukowych.

#### » Wykres 5. Ocena wskaźników funkcji „Rozwój wiedzy”



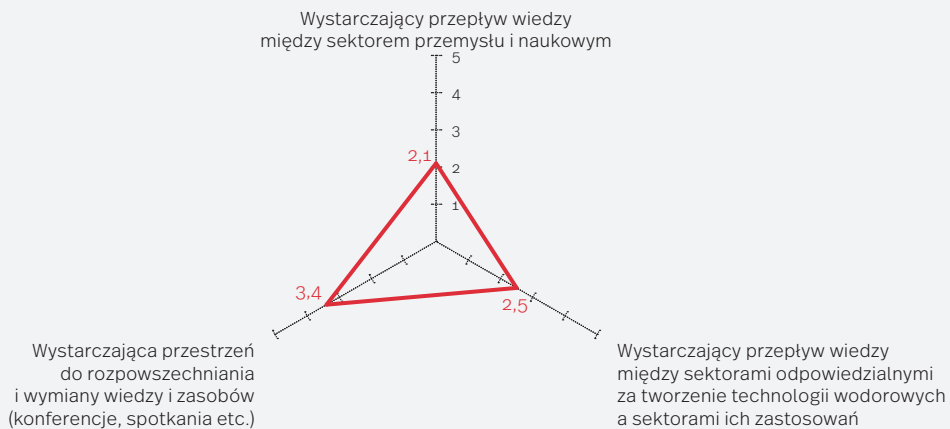
Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie ankiety eksperckiej.

## 2.2. Wymiana wiedzy

Mimo że ośrodki naukowe mają wiedzę w zakresie gospodarki wodorowej, to jednak często jest ona oderwana od potrzeb biznesowych. Jak wskazują eksperci, w przeciwieństwie do krajów bardziej rozwiniętych, rozwój technologii w polskim biznesie następuje często niezależnie od postępu w świecie nauki. Dzieje się tak ze względu na brak zaufania między stronami procesu. W biznesie istnieje popyt na pracowników z doświadczeniem naukowym rozwijających pomysły, które po weryfikacji można wdrażać. Tymczasem nauka w Polsce oferuje często gotowe rozwiązania niespełniające wymogów rynkowych. Organizacje naukowe i badawcze niejednokrotnie w swoich działaniach nastawione są przede wszystkim na uzyskiwanie patentów, wyników w rankingach czy cytowalność.

W przemyśle potrzebne są rozwiązania o wyższym stanie gotowości niż oferują to polskie organizacje naukowe. Przygotowanie i testowanie prototypów to działania zbyt kosztowne, aby mogły być realizowane na uczelniach i w instytutach, a sam przemysł rzadko finansuje ten skok technologiczny. W tej sytuacji, aby zdobyć wiedzę o nowych gałęziach gospodarki wodorowej, np. o „zielonym” wodorze czy o elektrolizerach z membraną elektrolitowo-polimerową, najlepszym rozwiązaniem jest tworzenie *joint venture* z firmami lub organizacjami naukowymi z krajów, które mają już doświadczenie w tym obszarze. Jednak w Polsce – szczególnie wśród spółek Skarbu Państwa – istnieje opór przed realizacją projektów w konsorcjach międzynarodowych.

### » Wykres 6. Ocena wskaźników funkcji „Wymiana wiedzy”



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie ankiety eksperckiej.

Dane o realizowanych projektach badawczych, nakładach na badania i rozwój obrazują znaczącą przewagę krajów Europy Zachodniej

w obszarze gospodarki wodorowej. Udział we wspólnych projektach z czołowymi ośrodkami nie zawsze jest możliwy i niejednokrotnie

pozostaje tylko obserwowanie postępów w danej dziedzinie przez udział w międzynarodowych organizacjach i stowarzyszeniach, takich jak Hydrogen Europe i Fuel Cell Joint Undertaking – czołowych organizacjach w tym obszarze.

Niska ocena dotycząca przepływu wiedzy między sektorem naukowym i przemysłem potwierdza rozbieżności opisane

w poprzednim podrozdziale. Wiedza teoretyczna w ośrodkach naukowych nie przekłada się na wiedzę praktyczną. W instytutach państwowych wiedza jest przekazywana decydom, ale nie dociera do przedsiębiorców, szczególnie prywatnych. Firmy prywatne chętniej korzystają z zasobów wiedzy ośrodków zagranicznych.

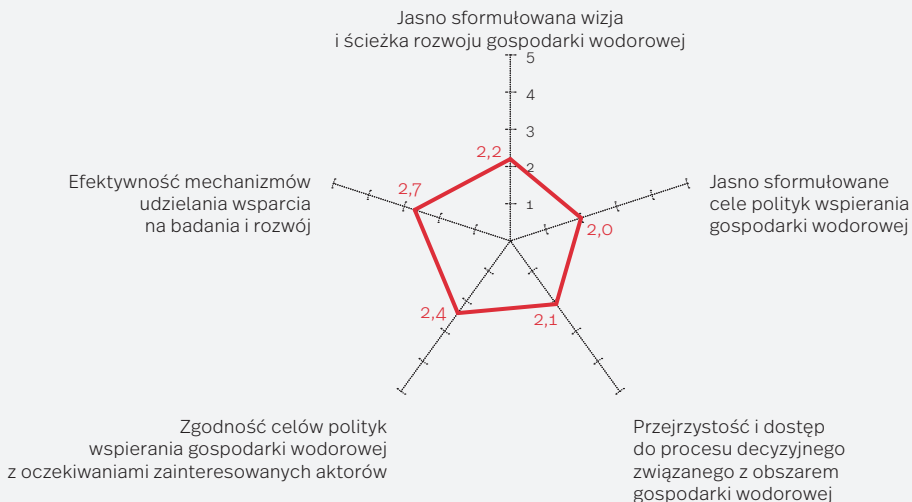
### 2.3. Ukierunkowanie poszukiwań

Opublikowanie unijnej strategii wodorowej i prace polskiego rządu nad krajową strategią wodorową w 2020 r. wskazywane były jako istotny element kierujący rozwój gospodarki wodorowej. O ile jednak strategia unijna została opublikowana w lipcu, publikacja polskiej strategii w 2020 r. opóźniła się dwukrotnie i ostatecznie została przeniesiona na I kwartał 2021 r. Publicznie znane są jedynie orientacyjne cele, a sam proces prac nad strategią pozwolił na

sformułowanie listu intencyjnego, kluczowych projektów i celów ilościowych, które mają pomóc pobudzić rozwój gospodarki wodorowej.

O znaczeniu wodoru w gospodarce wspomniano już wcześniej, w Strategii na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju, opublikowanej w 2017 r. Stanowiło to podstawę do ogłaszania grantów na projekty badawcze związane z poszczególnymi segmentami gospodarki wodorowej (np. konkurs NCBiR na magazynowanie energii) (www7).

#### Wykres 7. Ocena wskaźników funkcji „Ukierunkowanie poszukiwań”



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie ankiety eksperckiej.

Rozwiązania prawne, które już mogą powstać na podstawie Ustawy o elektromobilności (Ustawa..., 2018), pozwolą na wprowadzenie w centrach miast strefy zakazanej dla pojazdów spalinowych. Takie inicjatywy mają miejsce w Chinach i w naturalny sposób prowadzą do stworzenia popytu na pojazdy wodorowe. Do tej pory w Polsce takie propozycje są trudne do zrealizowania. Inaczej może stać się w przemyśle, przy zastosowaniu podobnych mechanizmów, np. dotyczących jakości stosowanych paliw lub wysokich opłat za emisję CO<sub>2</sub>, które zmuszą

przedsiębiorców do poszukiwania nowych rozwiązań, w tym także wodorowych.

Dla funkcji „Ukierunkowanie poszukiwań” (*guidance of the search*) szczególnie nisko oceniono wskaźnik „Jasno sformułowane cele...” i „Przejrzystość i dostęp do procesu decyzyjnego”. Tak oceniać sytuację mogą szczególnie podmioty z sektora prywatnego, nie będące na przykład na liście interesariuszy listu intencyjnego Ministerstwa Klimatu i też te dwa wskaźniki najbardziej utrudniają ich rozwój w gospodarce wodorowej.

## 2.4. Dojrzałość rynku

Obecność „zielonego” wodoru w polskiej gospodarce wydaje się części ekspertów odległą perspektywą (Maj, Miniszewski, Szpor, 2020). Rozwiązania w gospodarce wodorowej są drogie i nie w pełni dojrzałe technologicznie. W Polsce za zyskowne projekty w ramach gospodarki wodorowej uważa się obecnie jedynie doradztwo i ekspertyzy. Firmy nie są skłonne do inwestowania w długiej perspektywie, a technologie wodorowe będą wymagać znacznych nakładów, które zwrócą się dopiero w czwartej dekadzie XXI w. Potrzebne są nadal czasochłonne badania naukowe nad zastosowaniem wodoru np. szczególnie związane z jego korozyjnością lub reakcjami spalania wodoru w turbinach. Dotychczasowe doświadczenia polskich spółek z wodorem są ważne i dają podstawy do rozwoju całej gospodarki wodorowej, także opartej na wodrze niskoemisyjnym.

Obecnie trwa realizacja trzech projektów wytwarzania czystego wodoru. Pierwszy z nich jest rozwijany przez Zespół Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin S.A., w której planuje się wytwarzanie wodoru w elektrolizerze zasilanym energią z jednostek pracujących z wykorzystaniem biomasy. Wyprodukowany wodór ma być załączony do magazynów mobilnych i dostarczany

w ten sposób do stacji tankowania pojazdów. Dwa elektrolizery o łącznej mocy 5 MW umożliwią produkcję 2 t wodoru na dobę i zasilenie ok. 100 autobusów dziennie o średnim przebiegu 250 km ([www8](#)).

Drugi projekt o nazwie InGrid jest realizowany przez PGNiG i ma charakter eksperymentalny. Jego celem jest zbadanie zastosowania i możliwości przesyłania wodoru w celu zwiększenia wolumenu paliwa gazowego w systemie dystrybucyjnym oraz magazynowania i dostawy wodoru w oddalone miejsca, np. na stacje paliw. Budowana instalacja będzie składać się z elektrolizerów wykorzystujących energię z odnawialnych źródeł energii oraz sieci gazowniczej, do której załączany będzie wodór ([www9](#)).

Trzeci projekt jest realizowany przez PKN Orlen i ma na celu wybudowanie *hubu* wodorowego we Włocławku. Wodór, pozyskiwany jako produkt odpadowy w procesie elektrolizy solanki, będzie doczyszczony metodą PSA (*Pressure Swing Adsorption*). Aby uzyskać status „zielonego” wodoru, do procesu elektrolizy – docelowo – ma być używana energia elektryczna ze źródeł odnawialnych. W pierwszym etapie instalacja ma pozwolić na uzyskanie ok. 170 kg wodoru na godzinę, a w przyszłości do 600 kg.



Wyprodukowany wodór ma służyć przede wszystkim do zasilenia transportu publicznego i towarowego (www10).

Dzięki tym projektom polskie firmy chcą podążać za rosnącą grupą światowych firm energetycznych (z Austrii, Australii, Francji, Danii, Chile, Niemiec, Kanady, Japonii czy Wielkiej Brytanii) wykorzystujących elektrolizery do produkcji wodoru (International Renewable Energy Agency, 2019). We wszystkich wymienionych polskich projektach głównym odbiorcą wyprodukowanego wodoru ma być sektor transportu, co odzwierciedla trend obecnie panujący na świecie (MAE, 2019).

W przesyłce wodoru przewagą UE, a także Polski, są rozbudowane sieci gazowe, w których możliwe jest domieszkowanie wodoru. Co do Polski, ze względu na zróżnicowany stan sieci przesyłowych i dystrybucyjnych konieczne jest przeprowadzenie wielu ekspertyz dotyczących skali wykonywania możliwych domieszek (jako udziału procentowego w przesyłanej mieszance), jak i odsetka sieci, które nadają się do choćby minimalnej domieszki wodoru. Badania w tym zakresie są jak dotąd bardzo ograniczone.

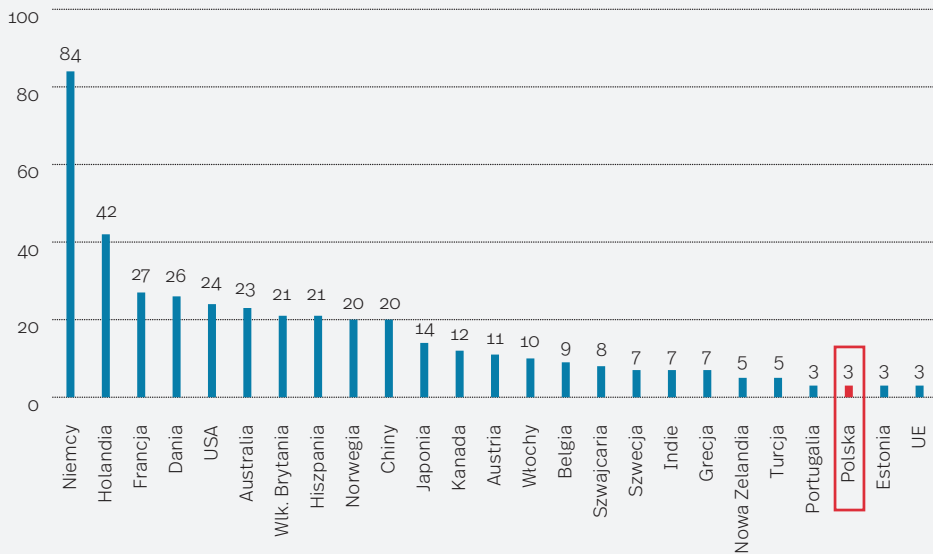
W odpowiedzi na pytanie ankietowe o przyszłość zaopatrzenia w wodór w Polsce, zadane w badaniu skierowanym do szerokiej grupy ekspertów (n=37), ponad 70 proc. respondentów wskazało, że w ciągu najbliższej dekady najważniejszym dostawcą wodoru na krajowy rynek powinny być rodzime firmy produkujące obecnie wodór z paliw kopalnych. Zdaniem tej samej grupy ekspertów już w kolejnej dekadzie „zielony” wodór produkowany przez polskie firmy powinien dominować w dostawach. Świadczy to o przekonaniu respondentów o możliwości

absorpcji przez polskie firmy technologii do produkcji „zielonego” wodoru w ciągu kolejnej dekady (Maj, Miniszewski, Szpor, 2020). Trudnością dla rozwoju polskich firm w obszarze wodoru może być – jak wskazywał jeden z ekspertów – bardzo szybki rozwój technologii wodorowych w Azji.

Międzynarodowa Agencja Energii (MAE) stworzyła bazę projektów w zakresie niskoemisyjnych technologii wodorowych realizowanych na świecie od 2000 r. Baza ta obejmuje w szczególności projekty mające na celu obniżenie emisji związanych z produkcją wodoru w istniejących instalacjach lub wprowadzenie go jako nośnika energii czy surowca do nowych zastosowań umożliwiających wykorzystanie niskoemisyjnych technologii. W zestawieniu MAE nie ma siedmiu unijnych krajów: Chorwacji, Cypru, Irlandii, Litwy, Luksemburga, Łotwy i Malty. Światowym liderem są zdecydowanie Niemcy, a średnia dla krajów UE to ok. 12 projektów<sup>6</sup>. Według MAE, w Polsce do czerwca 2019 r. powstały trzy projekty dotyczące produkcji wodoru i służące rozwojowi energetyki lub przeciwdziałaniu zmianom klimatycznym. Do polskich projektów należą: wspomniany wcześniej PGNiG-InGrid oraz zrealizowany pod koniec 2019 r. projekt Tauron CO<sub>2</sub>-SNG – projekt pilotażowy dotyczący przekształcenia emitowanego CO<sub>2</sub> z bloków energetycznych w syntetyczny metan. W reakcji syntezy ma brać udział wodór wyprodukowany w procesie elektrolizy z nadwyżek energii elektrycznej z OZE (www11). W trzecim projekcie z udziałem Polski, dotyczącym rozwoju transportu ciężkiego opartego na „zielonym” wodorze – Black Horse – biorą udział członkowie Grupy Wyszehradzkiej (MAE, 2020).

<sup>6</sup> Baza nie obejmuje projektów realizowanych w ostatnich miesiącach, jak huby wodorowe Orłenu czy produkcję wodoru w ZE PAK, niemniej jednak pozwala porównać zaangażowanie krajów świata w rozwój niskoemisyjnych technologii wodorowych do 2019 r.

▼ Wykres 8. Liczba projektów z bazy MAE Hydrogen Project Database



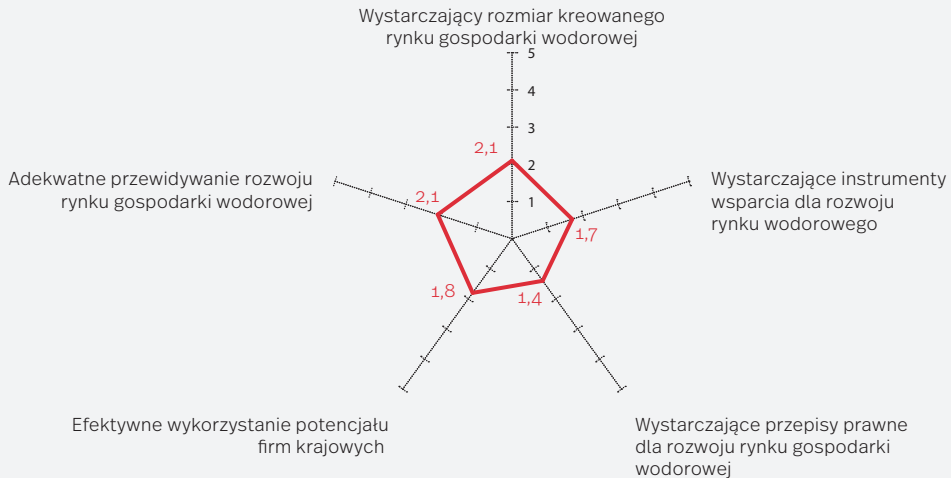
Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: MAE (2020).

W ramach unijnego programu Horyzont 2020 sfinansowano ponad 30 tys. grantów badawczych, z czego nieco ponad 200 dotyczy wodoru. Jedynie część z nich została ujęta w bazie MAE. Sześć projektów dotyczących wodoru realizowano z udziałem polskich organizacji. Uniwersytet Szczeciński prowadzi projekt CleanHME, którego celem jest rozwój technologii produkcji energii podczas reakcji wodoru i metali. Członkiem tego projektu jest także Akademia Morska w Szczecinie. Instytut Energetyki brał udział w dwóch projektach HyLAW i NewSOC dotyczących prawodawstwa, barier administracyjnych i prawnych dotyczących wodoru i ogniw paliwowych oraz rozwoju technologicznego stałotlenkowych ogniw (SOC, *solid oxide cells*). W pozostałych projektach uczestniczą: Sweco Consulting Sp. z o.o., Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Solaris Bus & Coach S.A., a celem tych przedsięwzięć jest

odpowiednio: projekt SWITCH – rozwój technologii i obniżenie kosztów produkcji wodoru w odwracalnych ogniwach stałotlenkowych, projekt FCHgo – rozszerzenie wiedzy o technologiach wodorowych szczególnie wśród uczniów, projekt VIRTUAL-FCS – stworzenie dostępnego narzędzia typu *hardware-software open source* do projektowania ogniw paliwowych (Context, 2020).

W ankiecie eksperci nisko ocenili funkcję „Dojrzałość rynku (*market formation*)”. Wskaźnikiem o najniższym wyniku jest „Wystarczające przepisy prawne dla rozwoju rynku gospodarki wodorowej”. Potwierdza to opinie ekspertów, że rynek gospodarki wodorowej jest nowy i nieukształtowany, a przez to trudny do przewidywania. Firmy chcące w ten rynek inwestować muszą ponieść duże ryzyko, a instrumenty wsparcia i przepisy prawne nie są dla nich zachęcające.

### Wykres 9. Ocena wskaźników funkcji „Dojrzałość rynku”



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie ankiety eksperckiej.

## 2.5. Mobilizacja zasobów

Zdaniem części ekspertów w Polsce brakuje osób z doświadczeniem i z umiejętnościami miękkimi, które biznesowo i regulacyjnie byłyby w stanie rozwijać gospodarkę wodorową. Brakuje też liderów, którzy mogliby komercjalizować rozwiązania wodorowe. Polscy inżynierowie i technicy posiadają kompetencje wystarczające do przyswojenia nowej wiedzy z zakresu gospodarki wodorowej. Część kompetencji – np. z sektora gazu ziemnego – może być przeniesiona na nowy grunt w sektorze wodorowym. Podobnie energetycy, elektrycy, fizycy, automatycy czy chemicy po doszkoleniu mogą pracować np. przy instalacji i obsłudze elektrolizerów. Część ekspertów na podstawie swojego doświadczenia oceniła, że do wyszkolenia inżyniera – absolwenta w obszarze danej technologii wystarczy nawet pół roku, ale całościowo do wytworzenia kadr gospodarki wodorowej potrzeba procesu

10-20-letniego. Opłacalne może także być wprowadzenie doświadczonych pracowników z zagranicy, rodaków bądź obcokrajowców, nawet tymczasowo, szczególnie o kompetencjach innych niż czysto techniczne. Barię w realizacji takiej strategii w Polsce mogą być niewystarczające warunki pracy w porównaniu z ofertami z krajów rozwiniętych, a w przypadku obcokrajowców, brak możliwości komunikacji w języku innym niż język polski.

Środki na finansowanie projektów wodorowych wydają się wystarczające zarówno w firmach, jak i instytucjach finansowych. Istnieją także programy operacyjne skierowane na badania przemysłowe i prace rozwojowe w dziedzinie wodoru. Problemem jest jednak forma prawna tych programów i sposób podziału własności intelektualnej, który zniechęca do udziału w nich mniejsze podmioty. Z kolei

w projektach naukowych problemem jest obciążenie administracyjne.

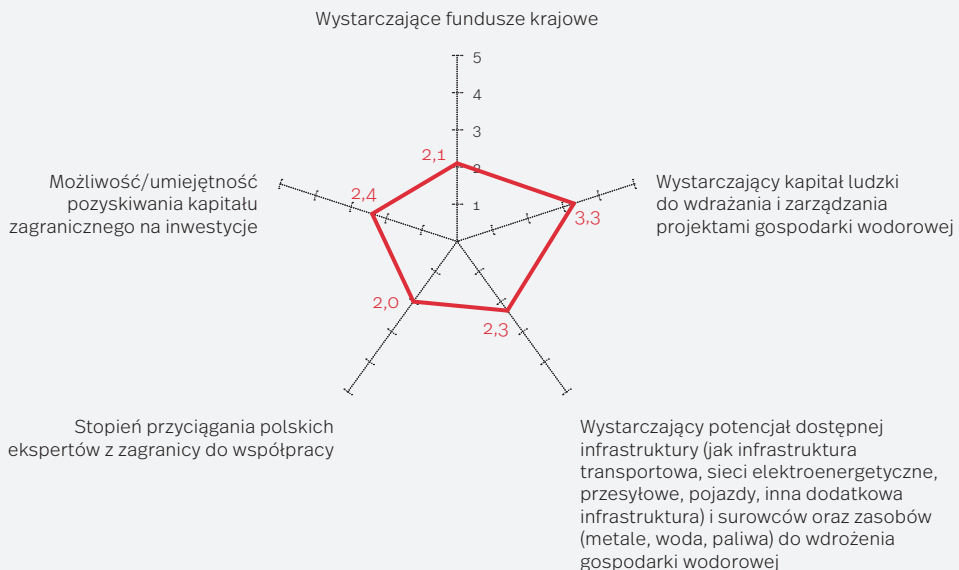
Istniejące programy finansowania projektów wodorowych pomijają koszty zmienne. Tymczasem są one istotne dla produkcji wodoru niskoemisyjnego, ponieważ koszty są wyższe niż przy produkcji innych paliw, także wodoru z tradycyjnych metod produkcji. Problem finansowania projektów wodorowych jest związany z wysoką awersją do ryzyka w polskich firmach. Nastrojom inwestycyjnym nie sprzyja otoczenie prawne związane z gospodarką wodorową.

Utrudnieniem w mobilizacji zasobów w spółkach z udziałem Skarbu Państwa, będących głównymi aktorami polskiej gospodarki wodorowej, może być związane ich aktywów z paliwami kopalnymi. Firmy jak Orlen, Lotos lub PGNiG, bazują na wydobyciu, przetwórstwie i sprzedaży ropy oraz gazu ziemnego.

Aktywa związane z ropą i gazem stanowią nie tylko o przewadze tych firm w zakresie wiedzy technologicznej, ale są również głównym źródłem ich dochodów. Jak pokazują wyniki badań (Tönurist, 2014), oznacza to, że dążenie do amortyzacji technologii opartych na paliwach kopalnych będzie spowalniać ich transformację i ograniczać wydatki na innowacje, w szczególności w okresach kryzysowych.

Ocena poszczególnych wskaźników funkcji „Mobilizacja zasobów” ma charakter raczej negatywny, a jedynym pozytywnym wyjątkiem jest wskaźnik „Wystarczający kapitał ludzki do wdrażania i zarządzania projektami gospodarki wodorowej”. Najniżej oceniono „Stopień przyciągania polskich ekspertów z zagranicy współpracą” oraz „Wystarczające fundusze krajowe”. Co ciekawe, podczas wywiadów ten ostatni wskaźnik był oceniany raczej pozytywnie.

#### Wykres 10. Ocena wskaźników funkcji „Mobilizacja zasobów”



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie ankiety eksperckiej.

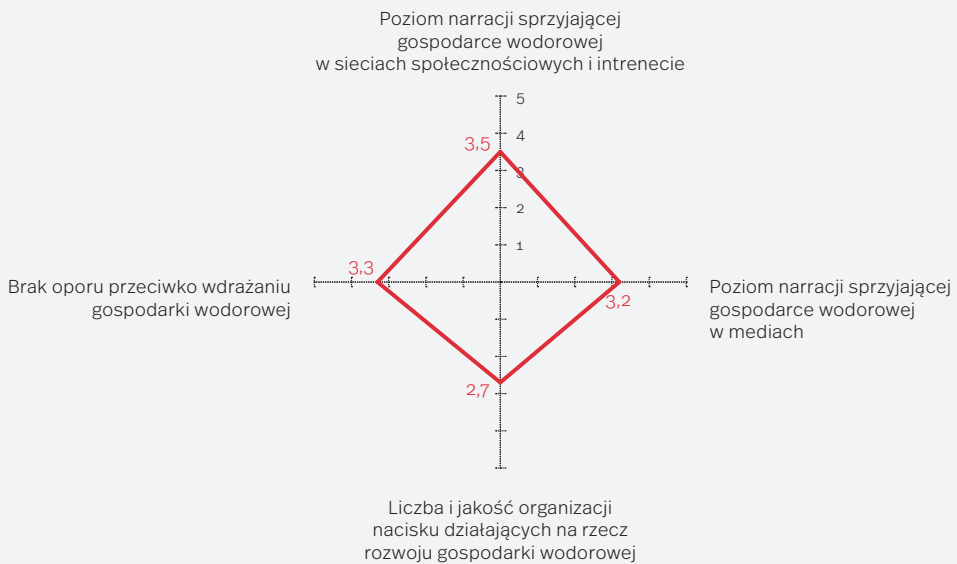
## 2.6. Legitymizacja

Obecnie istnieje wiele luk w prawie dotyczącym gospodarki wodorowej. Brakuje jednolitych definicji prawnych, nie wiadomo jak w świetle prawa klasyfikować poszczególne rozwiązania, np. *power-to-gas*. Brakuje procedur w zakresie bezpieczeństwa magazynowania wodoru oraz standardów dla budowy stacji wodorowych, co utrudnia przyciąganie inwestorów. Aby standardy prawne związane z gospodarką wodorową były efektywne istnieje potrzeba testowania nowych rozwiązań i zgłaszania propozycji ich kształtu. Niejasny jest także system

wsparcia, czego przykład stanowi zwolnienie wodoru z akcyzy, jeśli jest spalany w silnikach tłokowych, ale jednocześnie brak takiej ulgi dla zastosowania wodoru w ogniwach paliwowych.

Publiczna akceptacja jest ważną i często podnoszoną kwestią w procesie adaptacji nowych technologii. Brak przyzwolenia społecznego może skutkować problemami dla komercjalizacji i wdrażania nowych rozwiązań. Administracja centralna w Polsce nie zleciła jak dotąd badania dotyczącego akceptacji społecznej dla technologii wodorowych.

### » Wykres 11. Ocena wskaźników funkcji „Legitymizacja”



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie ankiety eksperckiej.

Proces tworzenia koalicji rzeczników (*advocacy coalition*) gospodarki wodorowej nie został jak dotąd wykrystalizowany. Wiele organizacji aktywnych np. w obszarze energetyki przychylnie

patrzy na wodór jako dodatkową szansę na przyspieszenie dekarbonizacji. Autobusy wodorowe, w których prawdopodobnie będzie miało miejsce pierwsze publiczne zastosowanie wodoru,

nie budziły dotychczas kontrowersji<sup>7</sup>. Sytuacja może się jednak zmienić w momencie przechodzenia z eksperymentalnego charakteru projektów zatłaczania wodoru do sieci do projektów pilotażowych prowadzonych w sieciach dystrybucyjnych z udziałem gospodarstw domowych.

W Polsce obserwuje się już zainteresowanie odbiorców technologiami wodorowymi. Przykładem są samorządy, które w ramach Funduszu Niskoemisyjnej Transformacji mogą otrzymać dofinansowanie na zakup autobusu elektrycznego. Na ulicach ponad 20 polskich miast jeździ już obecnie ok. 350 bateryjnych autobusów elektrycznych (www13). Ze względu na zasięgi i infrastrukturę do ładowania, autobusy zasilane wodorem stanowią korzystniejsze rozwiązanie od autobusów bateryjnych. Do rozwinięcia floty autobusów wodorowych potrzebne będzie

przeszkolenie pracowników z zakresu obsługi pojazdów, a także służb zapewniających bezpieczeństwo, np. strażaków, którzy muszą być przygotowani do obsługi niebezpiecznych wypadków z udziałem wodoru. Do tego potrzeba stworzenia odpowiednich przepisów prawnych.

Funkcją najwyżej ocenioną w ankiecie jest „Legitymizacja”. Wskaźnik „Poziom narracji sprzyjającej gospodarce wodorowej w sieciach społecznościowych i internecie” oceniono jako wystarczający do pokonania ewentualnych obaw społecznych przed wdrażaniem nowych technologii wodorowych. Najgorzej, ale też nie zdecydowanie źle, oceniono „Liczbę i jakość organizacji nacisku działających na rzecz rozwoju gospodarki wodorowej”. Może to być związane z wczesnym etapem tworzenia się organizacji w regionach.

## 2.7. Warunki do eksperymentowania

Wodór niskoemisyjny nie jest w Polsce produkowany w komercyjnych projektach w celach generowania energii, ale jak już wskazywaliśmy wcześniej, istnieje wiele firm państwowych i prywatnych, które deklarują plany takiej produkcji. Wodór jest już stosowany jako czynnik chłodzący uzwojenia elektryczne turbogeneratorów większych mocy.

Duże koncerny są najbardziej aktywne na kietkującym rynku, ich obecność jest konieczna do rozpędzenia gospodarki. Jednak powinno się także stworzyć przestrzeń do zaistnienia mniejszych prywatnych przedsiębiorstw i *start-upów*. Ich właściwością jest umiejętność tworzenia mniej kapitało- i czasochłonnych rozwiązań. Duże koncerny zagraniczne (Siemens i General Electric) pozyskują pracowników z konkretnymi

umiejętnościami do rozwoju innowacyjnych rozwiązań we własnych ośrodkach badawczych. Dysponując większymi zasobami mają możliwość tworzenia bardziej zaawansowanych rozwiązań.

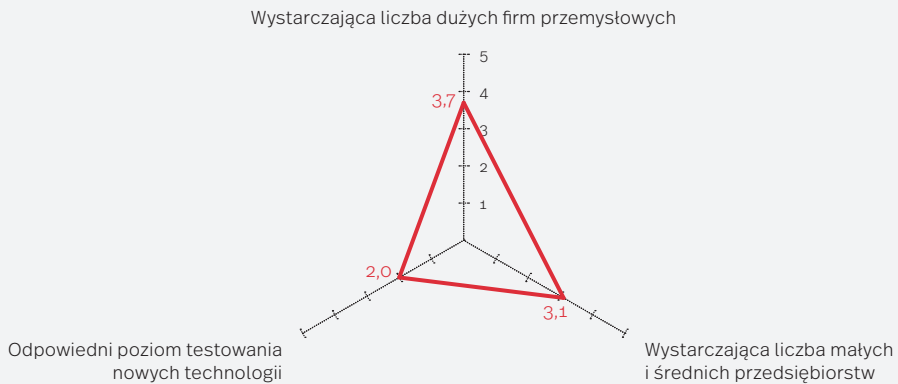
Żeby przemysł mógł wykorzystać rozwiązania zaprojektowane przez naukę, najpierw należy je przetestować. W tym obszarze również istnieje luka omawiana już w rozdziale *Wymiana wiedzy*, która może być wypełniona nowymi podmiotami lub przez przesunięcie kompetencji kóregoś z istniejących podmiotów. Takiego rodzaju rozwiązanie jest stosowane w Grupie KGHM, gdzie istnieje spółka zależna KGHM Cuprum, będąca centrum badawczo-rozwojowym. Podobną inicjatywę rozszerzenia kompetencji Centralnego Laboratorium Pomiarowo-Badawczego próbuje podjąć PGNiG.

<sup>7</sup> O zagrożeniu wybuchem wodoru w kontekście napędu autobusowego wspominał Prezes Volvo Buses Hakan Agnevall podczas uroczystości 25-lecia działania fabryki Volvo we Wrocławiu. Agnevall uzasadniał w ten sposób wybór Volvo, które zainwestowało w elektryfikację autobusów (www12).

Oceny funkcji „Warunki do eksperymentowania (*entrepreneurial experimentation*)” potwierdzają stwierdzenie o niskim poziomie testowania nowych technologii, natomiast względnie wysoko jest oceniany wskaźnik „Wystarczająca

liczba dużych firm przemysłowych”, przez co cała funkcja „Warunki do eksperymentowania” w ocenie ekspertów wypada stosunkowo korzystnie.

➤ **Wykres 12. Ocena wskaźników funkcji „Warunki do eksperymentowania”**



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie ankiety eksperckiej.

## 3. Dyskusja i rekomendacje dla polityk publicznych

**R**ozwój gospodarki wodorowej w Polsce wykazuje trzy cechy składające się na unikalny charakter tego procesu. Pierwszą z nich jest stosunkowo wysoki potencjał produkcji „szarego” wodoru związany z istniejącymi procesami przemysłowymi (głównie chemicznymi i petrochemicznymi). Drugą cechą jest wczesny etap rozwoju nielicznych technologii produkcji niskoemisyjnego wodoru i technologii służących obiegowi wodoru w gospodarce, który

dopiero od niedawna jest stymulowany działaniami UE wspierającymi ten kierunek dekarbonizacji. Trzecią cechą jest obecność dużych koncernów energetycznych będących spółkami z udziałem Skarbu Państwa jako głównych interesariuszy, którzy według koncepcji administracji rządowej mają stanowić siłę napędową gospodarki wodorowej (przede wszystkim Orlen, Lotos, Grupa Azoty oraz PGNiG). Mają je wspierać instytucje skonsolidowane w Grupie PFR.

### 3.1. Wyniki analizy strukturalnej

Analiza statyczna pozwoliła wskazać głównych aktorów i instytucje systemu innowacji w gospodarce wodorowej. Działania administracji publicznej w zakresie rozwoju gospodarki opartej na niskoemisyjnym wodorze – trwające od 2018 r. – mają ograniczone rezultaty. Wśród dotychczasowych inicjatyw rządu najbardziej konkretną propozycją jest podpisanie listu intencyjnego przez Ministerstwo Klimatu oraz duże podmioty, w większości z branży paliwowo-energetycznej. Wskazuje się w nim główne cele na 2030 r. oraz projekty, które mogą być rozwijane. Prace administracji centralnej nie przyniosły jednak dotąd oczekiwanego przez polskich interesariuszy rezultatu w postaci strategii wodorowej. Mimo opóźnień w działaniach na rzecz gospodarki wodorowej w Polsce 2021 r. może okazać się przełomowy z powodu spodziewanej finalizacji strategii wodorowej<sup>8</sup> i przyjęcia uzgodnień na

poziomie unijnym, które pozwolą polskim firmom na uzyskanie wsparcia dla konkretnych projektów.

Głównymi aktorami przemysłowymi w gospodarce wodorowej w Polsce są duże firmy z branży paliwowo-energetycznej. Z informacji zgromadzonych podczas wywiadów oraz ogólnodostępnych danych wynika, iż w polskich łańcuchach gospodarki wodorowej występuje stosunkowo niewiele MSP. W projektach realizowanych przez spółki Skarbu Państwa, partnerami są przede wszystkim firmy zagraniczne. Ważne dla rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce będzie to, w jakim stopniu system innowacji będzie otwarty na inne podmioty niż spółki z udziałem Skarbu Państwa oraz czy tworząca się gospodarka wodorowa będzie otwarta na konkurencję między różnymi technologiami. Jak wskazują wyniki badań rozwoju TIS w krajach podążających za liderami, ważne jest rozwinięcie

<sup>8</sup> Jak wskazywał jeden z ekspertów na podstawie doświadczeń duńskich, strategia nie jest niezbędna do rozwoju TIS, ani też nie jest warunkiem wystarczającym do osiągnięcia tego celu. Inni eksperci wskazywali, że wiele podmiotów oczekuje obecnie wizji rządu w tym zakresie pozwalającej rozmawiać o przyjęciu niezbędnych instrumentów i regulacji prawnych dla rozwoju gospodarki wodorowej.



zdolności absorpcji technologicznej w ramach realizowanych projektów.

Istotną rolę w budowaniu gospodarki wodorowej odgrywają organizacje naukowe i badawcze. W Polsce istnieje kilka Państwowych Instytutów Badawczych i instytutów Polskiej Akademii Nauk, które zajmują się badaniami nad wodorem. Nowe technologie (stałotlenkowe ogniwa) są rozwijane w Instytucie Energetyki. Poza tym w badaniach specjalizują się instytuty chemiczne. Chociaż nie istnieją kierunki studiów I i II stopnia poświęcone gospodarce wodorowej, to nauczanie o wodrze w mniejszym bądź szerszym zakresie odbywa się na kierunkach technicznych. Na obecnym etapie przedwczesne wydaje się tworzenie takich studiów, natomiast przydatne byłoby ukierunkowanie powstających prac naukowych i badawczych w obszarach interesujących z punktu widzenia gospodarki wodorowej.

Skutecznemu wsparciu rozwoju gospodarki wodorowej mogą sprzyjać organizacje konsolidujące się w GPFR. Konsolidacja ta, przy sprawnym

zarządzaniu, może wpływać na właściwe ukierunkowanie rozwoju technologii wodorowych w Polsce i optymalne wykorzystanie funduszy europejskich przeznaczanych na ten cel. Już teraz istotne jest wsparcie udzielane przez NCBiR oraz NFOŚiGW. Wsparcie pozostałych organizacji może być wdrożone na kolejnych etapach.

Dla rozwoju gospodarki wodorowej istotne znaczenie mają także sieci powiązań między interesariuszami. Istniejące w Polsce sieci są stosunkowo mało rozwinięte, często mają charakter zamknięty, nie sprzyjają więc popularyzacji i poszerzaniu wiedzy o łańcuchach dostaw. Nie prowadząc otwartych rejestrów danych nie przyczyniają się do przyciągania nowych członków. Pozytywnie na tym tle wyróżniają się Klaster Wodorowy w Gdańsku i Klaster Wieluński. Działalność polskich klastrów jest obecnie w dużej mierze powiązana z działalnością sieci europejskich – przede wszystkim *Hydrogen Europe* i *European Clean Hydrogen Alliance*, natomiast działalność w sieciach o zasięgu globalnym obecnie nie występuje.

### 3.2. Wyniki analizy funkcjonalnej

---

Analiza funkcjonalna, którą przeprowadziliśmy na potrzeby tego raportu, pozwoliła wskazać silne i słabe strony systemu innowacji w gospodarce wodorowej. Najniżej oceniono wskaźnik „Dojrzałość rynku”, jak również „Ukierunkowanie poszukiwań”. Jako przyczynę niskiej oceny funkcji „dojrzałość rynku” wskazuje się niedostatecznie przygotowane regulacje i instrumenty wsparcia oraz niewielkie ambicje w zakresie kreowanego rynku gospodarki wodorowej. Bardzo nisko jest też oceniana funkcja „Ukierunkowanie poszukiwań”, głównie ze względu na brak jasnej wizji i ścieżki dojścia do stawianych celów oraz nieprzejrzystość procesów ustalania polityki rozwoju gospodarki wodorowej.

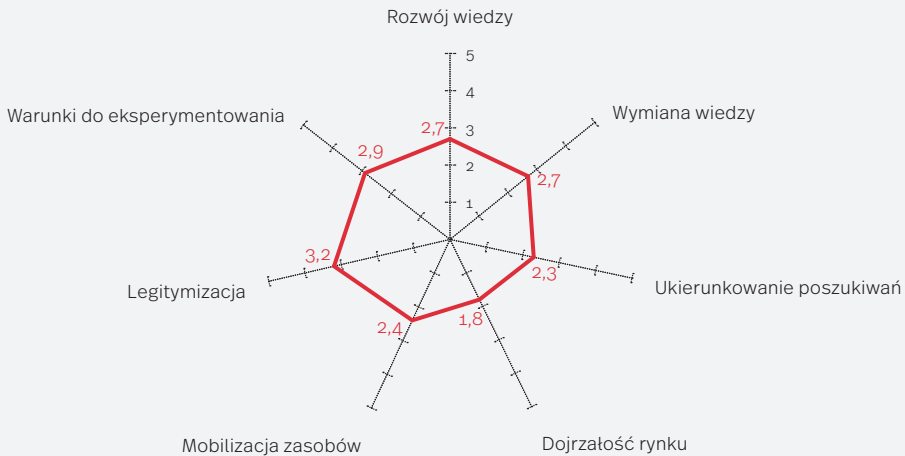
Wśród wskaźników opisujących każdą z analizowanych funkcji najniżej ocenionym okazał się wskaźnik „Wystarczające przepisy prawne dla rozwoju gospodarki wodorowej”. Jest to wynik spójny z opiniami ekspertów prezentowanymi podczas wywiadów. Wodór w polskim prawie jest uwzględniany w niewielkim stopniu (jako jeden z obszarów wymagających pilnego uregulowania wskazywano normy i przepisy bezpieczeństwa związane z budową stacji tankowania wodoru). Drugim najniżej ocenionym wskaźnikiem jest „Zdolność uczenia się z wykorzystywanych technologii”. Jest to o tyle niepokojącym sygnałem, że na wczesnym etapie rozwoju, na jakim znajduje się Polska, ten czynnik uznawany jest za kluczowy do przejścia do grona

gospodarek opartych na innowacjach (Bento, Fontes, 2014).

Stosunkowo najwyższą ocenę uzyskały funkcje: „Legitymizacja” oraz „Warunki do eksperymentowania”. Wysoka ocena pierwszej z wymienionych funkcji jest związana przede wszystkim z poziomem narracji tematów wodorowych w mediach. Choć eksperci w wywiadach wskazywali, że potencjalną konkurencją dla czystych technologii wodorowych może być górnictwo lub tradycyjne gazownictwo, to trudno wyraźnie wskazać konkretne działania, które mogą opóźnić rozwój gospodarki wodorowej. Należy także dostrzec możliwość rozwoju gospodarki wodorowej w systemie zdecentralizowanym. Koszty przewozu i magazynowania wodoru na dużą skalę mogą utrudniać urynkowanie tego gazu, natomiast produkcja wodoru z OZE w rozproszeniu pozwala uniknąć

tych kosztów. Spółki energetyczne powinny dostrzec taką możliwość i zagospodarować ten segment. Wysoka ocena funkcji „Legitymizacja” jest z pewnością korzystna jednak może się wiązać z brakiem świadomości społecznej o możliwych zastosowaniach wodoru w gospodarce. W miarę rozwoju tych technologii w Polsce należy się spodziewać rosnącego oporu społecznego, co powinno skłaniać do działań wyprzedzających. Funkcja „Warunki do eksperymentowania” jest oceniona bardzo korzystnie, głównie ze względu na wysoką ocenę liczby dużych firm przemysłowych. W istocie z naszej analizy strukturalnej TIS wynika, że są to główne podmioty rozwijanej gospodarki wodorowej, choć ocena respondentów ankiety odbiega od opinii wyrażanych przez ekspertów w wywiadach pogłębionych na temat występowania wystarczającej liczby firm MSP.

### ▸ Wykres 13. Ocena funkcji systemu innowacji technologicznej gospodarki wodorowej w Polsce



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie ankiety eksperckiej.

### 3.3. Rekomendacje dla polityk publicznych

Wyniki analizy strukturalnej i funkcjonalnej oraz doświadczenia zagraniczne zebrane przez nas na podstawie przeglądu literatury wskazują, że przyspieszenie rozwoju gospodarki wodorowej będzie możliwe przede wszystkim przez:

**1. Szybkie przyjęcie polskiej strategii wodorowej dzięki wpisaniu założenia o stopniowym rozbudowywaniu strategii o dodatkowe komponenty.** Kolejne komponenty mogą obejmować: 1) pogłębioną analizę sektorową, pozwalającą na rozszerzanie obszarów możliwych zastosowań wodoru, 2) tworzenie pakietów legislacyjnych dla poszczególnych obszarów gospodarki wodorowej na podstawie ustalonego kalendarza. Zapewnieniu trwałego rozwoju gospodarki wodorowej mogą też służyć cykliczne przeglądy strategii oraz ewaluacja realizacji głównych celów według przyjętych wskaźników. Komponentami strategii mogą też być mechanizmy finansowania projektów wodorowych (patrz p. 3). **Umożliwi to skoordynowanie działań interesariuszy gospodarki wodorowej i zapewni stabilne warunki do inwestycji.**

**2. Wzmocnienie przepływu informacji między administracją publiczną i spółkami Skarbu Państwa a polskimi firmami mogącymi budować łańcuchy dostaw gospodarki wodorowej.** Zorganizowanie dla polskich interesariuszy tematycznych grup roboczych przypisanych do poszczególnych projektów strategicznych lub segmentów gospodarki wodorowej. Grupy te mogą wpływać wspólnie na rozwój regulacji, mechanizmów wsparcia oraz zamawianie badań niezbędnych dla rozwoju danych obszarów tematycznych. **Ograniczy to problem asymetrii informacji oraz uchroni obecny model rozwoju od uzyskiwania przewagi przez spółki Skarbu Państwa kosztem innych polskich firm.**

**3. Wypracowanie właściwych mechanizmów wsparcia rynkowego gospodarki wodorowej, np. kontraktów różnicowych, FIT**

**(Feed-In Tariff), FIP (Feed-In Premium), fee-bate itp.** W finansowaniu oprócz kosztów kapitałowych konieczne będzie uwzględnienie kosztów operacyjnych, np. przez wprowadzenie mechanizmów różnicowych między ceną wodoru „szarego” a wodoru niskoemisyjnego. Przegląd i analiza instrumentów wsparcia rynku za granicą pozwoli na wybór optymalnego rozwiązania. W połączeniu z analizą potencjału polskich technologii w obszarze gospodarki wodorowej (na podstawie map technologicznych lub *foresightów*), może być wykorzystane do przyspieszenia rozwoju gospodarki wodorowej. **Pozwoli to obniżyć koszty interwencji publicznej niezbędnej do osiągnięcia przez technologiczne wodorowe (rozwijane z udziałem polskich firm) dojrzałości rynkowej.**

**4. Wykluczenie lub ograniczenie wsparcia publicznego dla projektów bazujących wyłącznie na produkcji „szarego” („brązowego”) wodoru.** Ponieważ technologie te są już w Polsce dojrzałe rynkowo i mają służyć przede wszystkim zapewnieniu wystarczającej podaży wodoru na rynku, nie powinny się znajdować na liście wsparcia ze środków publicznych, w szczególności w zakresie B+R. Jednocześnie konieczne jest zapewnienie transferu wiedzy z obszaru „szarego” wodoru do sektora technologii związanych z niskoemisyjnym wodem. **Pozwoli to na uniknięcie ryzyka efektu zamknięcia w technologiach wysokoemisyjnych (*carbon lock-in*).**

**5. Zwiększenie wymiany wiedzy między organizacjami wspierającymi rozwój gospodarki wodorowej oraz działania na rzecz szerszego upowszechniania tej wiedzy.** Do tego mogą przyczynić się granty na badania społeczne, mapy lub *foresighty* technologiczne związane z gospodarką wodorową, zamówienia publiczne na organizowanie konferencji, kampanie informacyjne, działania promocyjne. Istotne

jest również wspieranie otwartych baz danych pozwalających na badania rozwoju gospodarki wodorowej i szybszą integrację interesariuszy.

**Pozwoli to zapobiegać obawom społecznym przed nowymi technologiami gospodarki wodorowej.**

**6. Stworzenie dodatkowych bodźców wspierających nawiązywanie współpracy międzynarodowej w projektach badawczo-rozwojowych czy wdrożeniowych w obszarze gospodarki wodorowej.** Zarówno firmy

prywatne, jak i te z udziałem Skarbu Państwa, potrzebują dostępu do grantów naukowo-badawczych realizowanych we współpracy z partnerami zagranicznymi mogącymi wnieść wkład w rozwój technologii wodorowych w Polsce. Współpraca taka nie powinna być widziana jako zagrożenie, lecz jako szansa na transfer technologii i wiedzy. **Umożliwi to dostęp do aktualniejszej wiedzy i wzmocni kluczowe na obecnym etapie zdolności absorpcji technologii.**

## Bibliografia

- van Alphen, K., Hekkert, M.P., Turkenburg, W.C. (2010), *Accelerating the deployment of carbon capture and storage technologies by strengthening the innovation system*, „International Journal of Greenhouse Gas Control”, No. 4.
- Bergek, A. i in. (2015), *Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics*, „Environmental Innovation and Societal Transitions”, No. 16.
- Bento N., Fontes M. (2014), *Spatial diffusion and the formation of a technological innovation system in the receiving country: The case of wind energy in Portugal*, „Environmental Innovation and Societal Transitions”, No. 15.
- Bockris, J. (2002), *The origin of ideas on a hydrogen economy and its solution to the decay of the environment*, „International Journal of Hydrogen Energy”, No. 27.
- Carlsson, B., Stankiewicz, R. (1991), *On the nature, function and composition of technological systems*, „Journal of Evolutionary Economics”, No. 1.
- Context, P. (2020), *European Commission: CORDIS: Projects and Results: Final Report Summary*, <https://cordis.europa.eu/projects/en> [dostęp: 11.11.2020].
- Freeman, C. (1987), *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*, Londyn, Pinter.
- Gosens, J., Lu, Y. (2013), *From lagging to leading? Technological innovation systems in emerging economies and the case of Chinese wind power*, „Energy Policy”, No. 60.
- International Renewable Energy Agency (2019), *Renewable Power-To-Hydrogen Innovation Landscape Brief*, <https://www.irena.org> [dostęp: 11.11.2020].
- Jones, W.L. (1970), *Toward a Liquid Hydrogen Fuel Economy*, Uniwersytet Michigan, Michigan.
- KE (2020a), *A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe*, [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en). [dostęp: 11.11.2020].
- KE (2020b), *A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe*, <https://www.eu2018.at/calendar-events/political-events/BMNT-> [dostęp: 11.11.2020].
- Kebede, K.Y., Mitsufuji, T. (2017), *Technological innovation system building for diffusion of renewable energy technology: A case of solar PV systems in Ethiopia*, „Technological Forecasting and Social Change”, No. 114.
- Lundvall, B.-Å. (1985), *Product Innovation and User-Producer Interaction*, Aalborg University Press, Aalborg.
- MAE (2019), *Hydrogen – Analysis*, <https://www.iea.org/reports/hydrogen> [dostęp: 11.11.2020].
- MAE (2020), *Hydrogen Projects Database*, MAE, Paryż, <https://www.iea.org/reports/hydrogen-projects-database> [dostęp: 11.11.2020].
- Maj, M., Miniszewski, M., Szpor, A. (2020), *Opracowanie wyników ankiety do projektu „System innowacji w obszarze gospodarki wodorowej w Polsce”*, PIE, Warszawa.
- Nasiri, M., Ramazani Khorshid-Doust, R., Bagheri Moghaddam, N. (2015), *The status of the hydrogen and fuel cell innovation system in Iran*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews”, No. 43.
- Nelson, R. (1993), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*, Oxford University Press, Oxford.
- OpenEI (2020), *List of Companies in Hydrogen Sector*, [https://openei.org/wiki/List\\_of\\_Companies\\_in\\_Hydrogen\\_Sector](https://openei.org/wiki/List_of_Companies_in_Hydrogen_Sector) [dostęp: 11.11.2020].

- Palm, A. (2015), *An emerging innovation system for deployment of building-sited solar photovoltaics in Sweden*, „Environmental Innovation and Societal Transitions”, No. 15.
- PARP (2020), *Monitoring innowacyjności polskich przedsiębiorstw Wyniki II edycji badania*, Warszawa.
- Sawulski, J., Gaczczyński, M., Zajdler, R. (2019), *Technological innovation system analysis in a follower country – The case of offshore wind in Poland*, „Environmental Innovation and Societal Transitions”, No. 33.
- Skoczkowski, T. i in. (2020), *Technology innovation system analysis of decarbonisation options in the EU steel industry*, „Energy”, No. 212.
- Tönurist P. (2014), *Framework for analysing the role of state owned enterprises in innovation policy management: The case of energy*, „Technovation”, No. 2.
- Tracxn (2020a), *Top Fuel Cells Startups*, <https://tracxn.com/d/trending-themes/Startups-in-Fuel-Cells> [dostęp: 11.11.2020].
- Tracxn (2020b), *Top Hydrogen Production Startups*, <https://tracxn.com/d/trending-themes/Startups-in-Hydrogen-Production> [dostęp: 11.11.2020].
- Ustawa... (2018a), Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 poz. 317 z późn. zm.).
- Ustawa... (2018b), Ustawa z dnia 6 czerwca 2018 r. o zmianie ustawy o biokomponentach i biopaliwach (Dz.U. 2018 poz. 1356).
- Ustawa... (2006), Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o systemie monitorowania i kontrolowania jakości paliw (Dz.U. 2006 nr 169 poz. 1200).
- Walz, R., Delgado, J.N. (2012), *Different routes to technology acquisition and innovation system building? China's and India's wind turbine industries*, „Innovation and Development”, No. 2.
- Welie i in. (2019), *Toward sbsustainable urban basic services in low-income countries: A Technological Innovation System analysis of sanitation valuechains in Nairobi*, „Environmental Innovation and Societal Transitions”, No. 33.
- Wieczorek, A.J. i in. (2013), *A review of the European offshore wind innovation system*, Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Wood Mackenzie (2020), *Hydrogen mobility market 2020 state of the market Report*.
- Zajkowski, K., Seroka, K. (2017), *Przegląd możliwych sposobów ładowania akumulatorów w pojazdach z napędem elektrycznym*, „Technika”, <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-a28a150d-2960-4bfo-b5d8-5bb4c4fd73bb> [dostęp: 20.12.2020].
- (www1) <https://www.gov.pl/web/klimat/minister-kurtyka-na-spotkaniu-hydrogen-energy-ministerial-meeting> [dostęp: 20.12.2020].
- (www2) <https://www.gov.pl/web/klimat/podpisanie-listu-intencyjnego-o-ustanowieniu-partnerstwa-na-rzecz-budowy-gospodarki-wodorowej> [dostęp: 11.11.2020].
- (www3) <https://www.prawo.pl/akty/m-p-2020-751,19018893.html> [dostęp: 11.11.2020].
- (www4) <https://pfr.pl/rada-grupy-pfr.html> [dostęp: 11.11.2020].
- (www5) <https://www.gamwzielone.pl/wodor-01/104140/dofinansowanie-na-polskie-technologie-wodorowe-i-magazyny-energii> [dostęp: 11.11.2020].
- (www6) <https://hydrogeneurope.eu/directory/Industry> [dostęp: 26.11.2020].
- (www7) [https://archiwum.ncbr.gov.pl/o-centrum/aktualnosci/szczegoly-aktualnosci/news/magazynowanie-wodoru-nowy-program-ncbr-zwiazany-z-paliwem-przyszlosci-41161/?tx\\_news\\_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx\\_news\\_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=9aab11a6c679cb758a137b6169f206ed](https://archiwum.ncbr.gov.pl/o-centrum/aktualnosci/szczegoly-aktualnosci/news/magazynowanie-wodoru-nowy-program-ncbr-zwiazany-z-paliwem-przyszlosci-41161/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=9aab11a6c679cb758a137b6169f206ed) [dostęp: 11.11.2020].

- (www8) <https://www.zepak.com.pl/pl/elektrownie/elektrownia-patnow-konin/elektrownia-konin/produkcja-wodoru-w-ze-pak-sa.html> [dostęp: 11.11.2020].
- (www9) <http://pgnig.pl/aktualnosci/-/news-list/id/startuje-nowy-program-wodorowy-pgnig/newsGroupId/10184> [dostęp: 11.11.2020].
- (www10) <https://www.orlen.pl/PL/BiuroPrasowe/Strony/ORLEN-rozpoczyna-przetarg-na-hub-wodorowy-.aspx> [dostęp: 11.11.2020].
- (www11) <https://media.tauron.pl/pr/402899/pilotazowa-instalacja-przekształci-co2-w-gaz-ziemny> [dostęp: 11.11.2020].
- (www12) <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/szef-volvo-buses-naped-wodorowy-to-jeden-autobus-zamiast-dwoch-62546.html> [dostęp: 11.12.2020].
- (www13) <https://www.motofakty.pl/artykul/autobusy-elektryczne-rosnie-liczb-elektrycznych-autobusow-w-polsce.html> [dostęp: 18.12.2020].

## Załącznik 1.

### **Lista podmiotów, które podpisały list intencyjny o ustanowieniu partnerstwa na rzecz budowy gospodarki wodorowej i zawarcia sektorowego porozumienia wodorowego 7.07.2020 r.**

1. Grupa Azoty S.A.,
2. Grupa Lotos S.A.,
3. Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych,
4. Instytut Energetyki,
5. Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy,
6. Jastrzębska Spółka Węglowa S.A.,
7. Operator Gazociągów Przesyłowych Gaz-System S.A.,
8. PKP Energetyka S.A.,
9. Politechnika Rzeszowska,
10. Polski Koncern Naftowy ORLEN S.A.,
11. Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A.,
12. Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych,
13. Tauron Polska Energia S.A.,
14. Toyota Motor Poland Company Limited sp. z o.o.,
15. TÜV SÜD Polska Sp. z o.o.,
16. Wałbrzyskie Zakłady Koksownicze „Victoria” S.A.,
17. Stowarzyszenie Polski Wodór,
18. Poczta Polska S.A.



## Załącznik 2.

### **Lista projektów priorytetowych (załącznik do listu intencyjnego z 7.07.2020 r.)**

1. Autostrada wodorowa północ-południe – rurociąg do dystrybucji wodoru.
2. Rozwój produkcji elektrolizerów i ogniw paliwowych wykorzystywanych w energetyce i w transporcie.
3. Budowa kompleksu elektrolizerów.
4. Wielkoskalowa metanizacja.
5. Rozwój technologii Power to Gas.
6. Wykorzystanie gazów odpadowych do wytwarzania wodoru.
7. Rozwój lokalnych systemów transportowych w oparciu o wodór.
8. *Hub* wodorowy.
9. Budowa instalacji do wytwarzania i oczyszczania wodoru.
10. Wykorzystanie sieci przesyłowych i dystrybucyjnych gazowych do dystrybucji i przesyłu wodoru.
11. Budowa kompletnego łańcucha wartości w ramach ekosystemu wodorowego w sektorze kolejowym.

## Załącznik 3.

Lista ekspertów, z którymi przeprowadzono indywidualne wywiady pogłębione

Imię i nazwisko	Instytucja	Stanowisko	Główny sektor
Andrzej Budziak	AGH	Profesor	Nauka i badania
Jakub Kupecki	Instytut Energetyki	Profesor	Nauka i badania
Grzegorz Tchorek	UW	Doktor	Nauka i badania
Tadeusz Uhl	AGH	Profesor	Nauka i badania
Przemysław Bielecki	Lotos	Kierownik	Sektor prywatny
Marek Foltynowicz	Klaster	Ekspert	Sektor prywatny
Tomasz Jarmicki	PGNiG	Dyrektor	Sektor prywatny
Andrzej Sikora	ISE	Prezes	Sektor prywatny
Tomoho Umeda	KiG	Przewodniczący Komitetu	Sektor prywatny
Szymon Byliński	MKiŚ	Dyrektor	Sektor publiczny
Anonim	-	Członek zarządu	Sektor prywatny

# Spis tabel i wykresów

## SPIS TABEL

↘ <b>Tabela 1.</b> Polskie firmy posiadające doświadczenie w wybranych segmentach gospodarki wodorowej .....	11
↘ <b>Tabela 2.</b> Państwowe Instytuty Badawcze i instytuty Polskiej Akademii Nauk zaangażowane w badania podstawowe nad wodorem .....	13
↘ <b>Tabela 3.</b> Organizacje na rzecz wodoru w Polsce .....	15
↘ <b>Tabela 4.</b> Liczba publikacji w Polsce i na świecie dotyczących wodoru .....	19

## SPIS WYKRESÓW

↘ <b>Wykres 1.</b> Środki przeznaczone na B+R wodoru i ogniw paliwowych (lewa oś, w mln EUR) oraz ich udział w całościowej sumie B+R w danym kraju (prawa oś, w proc.) .....	18
↘ <b>Wykres 2.</b> Wydatki krajowe na B+R w dziedzinie wodoru i ogniw paliwowych w stosunku do PKB w 2019 r. (w ppm) .....	19
↘ <b>Wykres 3.</b> Liczba publikacji naukowych na świecie dotyczących wodoru .....	20
↘ <b>Wykres 4.</b> Liczba patentów dotyczących wodoru i wodorowych ogniw paliwowych w latach 2014-2019 .....	20
↘ <b>Wykres 5.</b> Ocena wskaźników funkcji „Rozwój wiedzy” .....	21
↘ <b>Wykres 6.</b> Ocena wskaźników funkcji „Wymiana wiedzy” .....	22
↘ <b>Wykres 7.</b> Ocena wskaźników funkcji „Ukierunkowanie poszukiwań” .....	23
↘ <b>Wykres 8.</b> Liczba projektów z bazy MAE Hydrogen Project Database .....	26
↘ <b>Wykres 9.</b> Ocena wskaźników funkcji „Dojrzałość rynku” .....	27
↘ <b>Wykres 10.</b> Ocena wskaźników funkcji „Mobilizacja zasobów” .....	28
↘ <b>Wykres 11.</b> Ocena wskaźników funkcji „Legitymizacja” .....	29
↘ <b>Wykres 12.</b> Ocena wskaźników funkcji „Warunki do eksperymentowania” .....	31
↘ <b>Wykres 13.</b> Ocena funkcji systemu innowacji technologicznej gospodarki wodorowej w Polsce .....	34

# Polski Instytut Ekonomiczny

Polski Instytut Ekonomiczny to publiczny *think tank* gospodarczy, którego historia sięga 1928 roku. Obszary badawcze Polskiego Instytutu Ekonomicznego to przede wszystkim handel zagraniczny, makroekonomia, energetyka i gospodarka cyfrowa oraz analizy strategiczne dotyczące kluczowych obszarów życia społecznego i publicznego Polski. Instytut zajmuje się dostarczaniem analiz i ekspertyz do realizacji Strategii na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju, a także popularyzacją polskich badań naukowych z zakresu nauk ekonomicznych i społecznych w kraju oraz za granicą.