

# ANALIZA POTENCJAŁU RYNKU NIEMIECKIEGO W OBSZARZE GOSPODARKI OPARTEJ NA WODORZE – STRESZCZENIE

*Przygotowano dla:*



**URZĄD MARSZAŁKOWSKI  
WOJEWÓDZTWA WIELKOPOLSKIEGO**

Autor opracowania:



## 1. Wprowadzenie do wodoru

Wodór nie jest źródłem energii, ale chemicznym nośnikiem energii, zwanym również wektorem energii. Jako nośnik wykorzystywany jest do konwersji, magazynowania, a następnie uwalniania energii. Można go produkować między innymi przy użyciu wody i energii elektrycznej lub gazu ziemnego. Jedną z kluczowych zalet wodoru jako nośnika energii jest jego neutralny wpływ na środowisko. Wodór nie wytwarza gazów cieplarnianych, cząstek stałych, SO<sub>x</sub> ani ozonu w warstwie przyziemnej. Jeżeli świat chce poradzić sobie z kryzysem klimatycznym, konieczna będzie stopniowa dekarbonizacja gospodarki, w której bardzo istotną rolę może odegrać rynek wodoru o niskiej lub zerowej emisyjności dwutlenku węgla.

## 2. Potencjał rynku wodoru

Istotne przemiany w funkcjonowaniu światowych gospodarek oraz wynikające z nich działania regulacyjne związane z kurczącymi się zasobami paliw kopalnych oraz wymogiem ograniczania szkodliwych emisji powodują konieczność poszukiwania alternatywnych źródeł i nośników energii. W otoczeniu krajów europejskich przemiany te są napędzane przede wszystkim restrykcjami ze strony Unii Europejskiej, która wyznacza kierunki w zakresie sprawiedliwej transformacji systemów energetycznych na całym kontynencie, prowadzącej do osiągnięcia celu w postaci zeroemisyjnej gospodarki. Kierunki działań w tym zakresie ujęte zostały m.in. w *Długoterminowej Strategii do roku 2050*. Zmiany, które mają pozwolić na osiągnięcie długoterminowych celów określonych w porozumieniu paryskim przewidują wykorzystanie wodoru jako jednego z filarów transformacji energetycznej.

## 3. Potencjał rozwojowy wielkopolskich przedsiębiorstw na rynku wodoru

Rozwój gospodarki opartej na wodorze stworzy bardzo duże szanse do wzrostu i rozszerzenia zakresu działalności wielu przedsiębiorstw, które prowadzą działalność w segmentach związanych z łańcuchem wartości<sup>1</sup> rynku wodoru, który ulegnie znacznej rozbudowie i rozwojowi w perspektywie najbliższych 10-20 lat.

---

<sup>1</sup> Łańcuch wartości rozumiany jest jako ciąg działań zmierzających do dostarczenia użytkownikowi finalnemu produktu, którego oczekuje oraz towarzyszących im działań zarządczych i doradczych (na potrzeby niniejszego opracowania obejmuje on łańcuch dostaw wodoru oraz różnego typu działania powiązane np. usługi doradcze, dostawy komponentów, usługi remontowe itp.).

Stworzy to możliwości do rozwoju dla przedsiębiorstw z województwa wielkopolskiego, które posiada potencjał do oparcia długoterminowego wzrostu działalności funkcjonujących na jego obszarze małych i średnich przedsiębiorstw na produktach i usługach związanych z gospodarką wodorową. Uprzemysłowione oraz posiadające wysoki potencjał naukowo-badawczy województwo wielkopolskie jest w doskonałej pozycji do tego, aby w przyszłości konkurować z podmiotami z krajów zachodniej Europy. Kluczowymi mocnymi stronami Wielkopolski i pochodzących z niej przedsiębiorstw, pozwalającymi rozważać ekspansję międzynarodową na zagraniczne rynki wodoru są przede wszystkim aspekty takie, jak doświadczenie w obszarach działalności pokrewnych do tych, które będą rozwijały się wraz z rozwojem rynku wodoru (mowa tutaj przede wszystkim o branży nowoczesnych technologii, produkcji przemysłowej, produkcji maszyn i urządzeń, produkcji komponentów dla motoryzacji, produkcji przyczep i nacze, a także branży budowlanej i monterskiej). Dodatkową przewagą konkurencyjną polskich przedsiębiorców jest konkurencyjność cenowa, wynikająca z niższych kosztów działalności na rodzimym rynku, w porównaniu do przedsiębiorstw działających na rynkach zachodniej Europy.

Istotnym wsparciem dla przedsiębiorców, którzy zdecydują się na rozwój działalności opartej na wodorze mogą być instytucje badawczo-naukowe, które są niewątpliwie silną stroną województwa wielkopolskiego. Do tego typu instytucji zaliczyć można np. Wielkopolskie Centrum Zaawansowanych Technologii lub Poznański Park Naukowo-Technologiczny.

Podkreślenia wymaga również fakt, że potencjalna luka w finansowaniu rozwoju działalności wodorowej może być pokryta środkami pochodzącymi z funduszy unijnych. Istotnym mechanizmem finansowania rozwoju zeroemisyjnych technologii, takich jak technologia wodorowa mają być środki przeznaczone na finansowanie zielonej transformacji: plan inwestycyjny na rzecz Europejskiego Zielonego Ładu i mechanizm sprawiedliwej transformacji. Łączny oczekiwany efekt inwestycyjny ma wynieść co najmniej 1 bln euro<sup>2</sup>.

W zakresie budowy relacji biznesowych na rynku wodoru zwrócić należy uwagę na działalność organizacji wspierających współpracę pomiędzy podmiotami gospodarczymi związanymi z tym rynkiem zarówno w wymiarze krajowym, jak i europejskim. Kluczowymi tego typu podmiotami są np. European Hydrogen Association i Hydrogen Europe z siedzibą w Brukseli lub polskie stowarzyszenia, takie jak: Polski Wodór, Hydrogen Poland, Polskie Stowarzyszenie Wodoru i Ogniw Paliwowych, Polska Platforma Technologiczna Wodoru i Ogniw Paliwowych.

---

<sup>2</sup> Informacje ze strony internetowej Komisji Europejskiej, [online, dostęp: 05.10.2020], <[https://ec.europa.eu/regional\\_policy/pl/newsroom/news/2020/01/14-01-2020-financing-the-green-transition-the-european-green-deal-investment-plan-and-just-transition-mechanism](https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/newsroom/news/2020/01/14-01-2020-financing-the-green-transition-the-european-green-deal-investment-plan-and-just-transition-mechanism)>

#### 4. Produkty i usługi perspektywiczne na niemieckim rynku wodoru

Biorąc pod uwagę przewidywane działania w otoczeniu politycznym i biznesowym Niemiec, prognozy wzrostu rynku, a także fakty związane z prowadzonymi aktualnie badaniami oraz pilotażami, wynikające z analizy dostępnych publicznie informacji, danych oraz kompleksowych opracowań zawierających prognozy rozwoju brytyjskiego rynku wodoru można wytypować kluczowe obszary działalności, co do których już dziś wiadomo, że wygenerują bardzo duże szanse do rozwoju polskich przedsiębiorstw na rynku niemieckim. Obejmują one segmenty, takie jak:

Budowa, remonty i modernizacje gazociągów, budownictwo infrastrukturalne, informatyka (mobilne systemy wykrywania wodoru), informatyzacja procesów wytwarzania energii, inżynieria kontraktów, inżynieria oraz projektowanie i budowa maszyn, logistyka, modernizacje i remonty instalacji fotowoltaicznych i farm wiatrowych, obsługa i prowadzenie ruchu w farmach fotowoltaicznych i elektrowniach wiatrowych, produkcja i dostawy komponentów dla motoryzacji (napędy,	regulatory ciśnienia, czujniki), produkcja i dostawy przetwornic, konwerterów lub kondensatorów (superkondensatorów), produkcja i dostawy zbiorników do magazynowania wodoru, produkcja i dystrybucja dyfuzorów, membran i elektrod, produkcja i dystrybucja elektrolizerów alkalicznych, membranowych z wymianą protonów i elektrolizerów na tlenek stały oraz komponentów i części do elektrolizerów (elektrody, węże wlotowe i wylotowe, zaciski, uszczelki, wsporniki),	produkcja i dystrybucja komponentów automatyki przemysłowej (switche przemysłowe, osprzęt tablicowy, sterowniki, systemy komunikacyjne), produkcja i dystrybucja komponentów do ogniw paliwowych, produkcja i dystrybucja komponentów do stacji tankowania wodoru (pompy, zawory, czujniki wodoru, kurki), produkcja i dystrybucja komponentów do systemów UPS (prostowniki, falowniki, baterie, przewody, akumulatory), produkcja i dystrybucja komponentów w zakresie bezpieczeństwa maszyn (sterowniki bezpieczeństwa, przełączniki, wyłączniki, skanery laserowe),
---	---	--

produkcja i dystrybucja komponentów wykorzystywanych w farmach fotowoltaicznych i elektrowniach wiatrowych (gondole, korpusy, tarcze hamulcowe, sprzęgła, ogniwa słoneczne, inwertery, akumulatory),

produkcja i dystrybucja ogniw paliwowych,

produkcja i dystrybucja systemów testowania ogniw paliwowych,

produkcja i dystrybucja urządzeń do oczyszczania wodoru,

produkcja i dystrybucja urządzeń pomiarowych, kontrolnych i nawigacyjnych (liczniki, urządzenia pomiaru jakości),

produkcja i dystrybucja wózków widłowych,

produkcja komponentów i półproduktów metalowych,

produkcja komponentów i półproduktów metalowych,

produkcja naczep i zbiorników do transportu paliw,

produkcja rur (w szczególności wykonanych z tworzyw sztucznych),

produkcja tworzyw sztucznych (dostawy materiałów do modernizacji infrastruktury gazowej),

produkcja urządzeń i komponentów przemysłowych (pompy, zawory, monozłącza, kształtki, rury, zasuw),

produkcja zbiorników ciśnieniowych,

programowanie (oprogramowanie dla operatorów infrastruktury krytycznej na styku z systemami UPS, aplikacje do monitorowania pracy systemów UPS),

projektowanie i budowa instalacji przeciwpożarowych,

projektowanie instalacji fotowoltaicznych i wiatrowych,

projektowanie instalacji przemysłowych,

prowadzenie procesów energetycznych, przewóz towarów i materiałów (transport wyspecjalizowany – transport gazu, transport materiałów niebezpiecznych, transport wielkogabarytowy),

remonty i modernizacje dla sektora energetycznego,

remonty i modernizacje infrastruktury technicznej,

szkolenia dla kierowców, szkolenia w zakresie bezpieczeństwa,

utrzymanie ruchu i remonty sieci energetycznych.

## 5. Analiza podaży i popytu na wodór

Wodór jako jeden z kluczowych motorów napędowych procesów dekarbonizacji dostrzeżony został przez jedną z wiodących światowych gospodarek, którą są Niemcy. Po kilku latach badań i rozwoju oraz mniej lub bardziej skoordynowanych działań wdrożeniowych i pilotażowych, niemiecki rząd w czerwcu 2020 roku opublikował krajową strategię wodorową, która wyznacza kierunki i ramy dla rozwoju gospodarki opartej na wodorze w tym kraju.

Dla rynku gospodarki opartej na wodorze w Niemczech **siłami napędzającymi rynek są przede wszystkim:**

- świadomość społeczna konieczności transformacji energetycznej kraju w kierunku gospodarki zeroemisyjnej,
- innowacje w zakresie wytwarzania oraz wykorzystania wodoru w różnych gałęziach gospodarki,
- wsparcie polityczne dla transformacji energetycznej (strategia wodorowa),
- wsparcie finansowe w zakresie transferów bezpośrednich i pośrednich ukierunkowanych na rozwój rynku wodorowego,
- członkostwo kraju i pochodzących z niego firm w międzynarodowych organizacjach zajmujących się rozwojem gospodarki opartej na wodorze,
- wzrost wydatków przedsiębiorstw na nowoczesne technologie energetyczne.

Na obecnym etapie wodór już jest powszechnie wykorzystywany w niektórych procesach zachodzących w niemieckiej gospodarce. Aktualnie szacowany poziom popytu na wodór w niemieckiej gospodarce wynosi ok. 45 TWh rocznie. Największa część popytu związana jest z sektorem przemysłowym i dotyczy głównie procesów produkcji materiałów w przemysłach chemicznym (m.in. produkcja amoniaku, produkcja metanolu) i petrochemicznym (produkcja paliw konwencjonalnych).



Myśląc jednak o wodorze w kontekście przyszłości należy mieć na uwadze, że rozwój popytu na ten nośnik energii w gospodarce niemieckiej będzie w znacznym stopniu uzależniony od kierunków i działań realizowanych w sferze polityki klimatycznej i związanych z nią inicjatyw w zakresie dekarbonizacji gospodarki. Zgodnie z Porozumieniem Paryskim i zamierzeniami rządu niemieckiego

dotyczącymi osiągnięcia neutralności klimatycznej przed 2050 rokiem oczekuje się, że rozwój popytu na wodór w gospodarce niemieckiej może wykazywać następujące tendencje:

- Początkowy wzrost popytu na poziomie ok. 10 TWh w okresie do 2030 roku, dotyczący sektora przemysłowego (branża chemiczna, petrochemiczna i stalowa).
- Umiarkowany wzrost popytu ze strony sektora transportowego do 2030 roku i przyspieszenie tempa wzrostu popytu na wodór w tym sektorze po 2030 roku.
- Wzrost znaczenia wodoru w sektorze produkcji energii elektrycznej po 2030 roku i w perspektywie roku 2050, który jednak nie będzie miał decydującego wpływu na rozwój sektora.
- Umiarkowany rozwój zapotrzebowania na wodór w sektorze mieszkalnictwa, który może zyskać na znaczeniu w okresie 2040-2050<sup>3</sup>.

Jak wynika z dostępnych analiz, decydujący wpływ na kształt przyszłego popytu na wodór będą miały kierunki polityki klimatycznej rządu Niemiec oraz powiązany z nimi ewentualny pakiet stymulacyjny dla promowanych technologii.

Zgodnie z danymi niemieckiej Narodowej Organizacji ds. Wodoru i Technologii Ogniw Paliwowych roczna produkcja wodoru w gospodarce tego kraju kształtuje się na poziomie ok. 15 mld Nm<sup>3</sup>, czyli ok. 45 TWh. Oznacza to, że na niemieckim rynku już na tym etapie rozwoju występuje nadwyżka popytu nad podażą<sup>4</sup>. Aktualnie prawie całość wodoru w gospodarce niemieckiej jest produkowane i wykorzystywane w sektorze petrochemicznym i chemicznym<sup>5</sup>. Istniejące zapotrzebowanie na wodór, pochodzące prawie w całości od odbiorców z sektora przemysłowego zaspakajane jest przede wszystkim przez tzw. szary wodór, do którego produkcji wykorzystywane są paliwa kopalne (konkretnie gaz ziemny). Jedynie ok 7% aktualnego zapotrzebowania (ok. 3,85 TWh) zaspakajane jest przez wodór zielony powstający głównie produkt uboczny z elektrolizy chlorków metali alkalicznych.

Źródła produkcji wodoru oparte na paliwach kopalnych i wiążące się z negatywnym wpływem na środowisko nie są już rozwijane w Niemczech. W związku z powyższym, należy oczekiwać, że przewidywane rosnące zapotrzebowanie na ten nośnik energii zaspakajane będzie przez wodór produkowany z wykorzystaniem źródeł energii odnawialnej na rynku wewnętrznym oraz przejściowo

---

<sup>3</sup> M. Jensterle et al., *The role of clean hydrogen in the future energy systems of Japan and Germany*, adelphi consult GmbH, wrzesień 2019, s. 6.

<sup>4</sup> M. Jensterle et al., *The role of clean hydrogen in the future energy systems of Japan and Germany*, adelphi consult GmbH, wrzesień 2019, s. 6.

<sup>5</sup> M. Jensterle et al., *The role of clean hydrogen in the future energy systems of Japan and Germany*, adelphi consult GmbH, wrzesień 2019, s. 6.

przez wodór pochodzący z importu (w przypadku wystąpienia okresowych niedoborów podaży paliwa). Rozważana jest również przejściowa produkcja wodoru niebieskiego.

Zgodnie z dostępnymi prognozami, oczekuje się, że całkowita podaż wodoru wzrośnie do poziomu ok. 90-110 TWh w roku 2030 – wzrost na poziomie 7,5%-9% rocznie (7,5% -9% CAGR 2020-2030). Po roku 2030 oczekiwane jest znaczne przyspieszenie tempa wzrostu podaży analizowanego paliwa, które napędzane będzie przede wszystkim przez rozwój technologii opartych na produkcji wodoru ze źródeł odnawialnych. Prognozuje się, że w 2050 roku podaż wodoru na rynku niemieckim może osiągnąć poziom nawet 745 TWh (według niemieckiej strategii wodorowej przewidywana podaż wodoru w tym okresie wyniesie 110-380 TWh). Osiągnięcie tego poziomu może być poprzedzone wzrostem rynku produkcji wodoru równym nawet 10% rocznie w latach 2030-2050 (10% CAGR 2030-2050).

Analiza popytu i podaży na niemieckim rynku wodoru jednoznacznie wskazuje, że potencjał rozwojowy tego rynku jest bardzo duży, zarówno od strony zapotrzebowania na wodór, jak i od strony dostaw wodoru. Dla małych i średnich przedsiębiorców z województwa wielkopolskiego oznacza to szansę na ekspansję międzynarodową i skierowanie oferty swoich produktów lub usług zarówno do niemieckich podmiotów, które odpowiadały będą za wzrost popytu na wodór, jak i do podmiotów, które ten popyt będą zaspakajały. W kolejnym rozdziale wskazany został łańcuch dostaw na analizowanym rynku oraz opisano kluczowe jego ogniwa. Z każdym z nich związane są potencjalne szanse biznesowe dotyczące wykorzystania już istniejących oraz rozwijanych kompetencji przedsiębiorstw z województwa wielkopolskiego, które działają w branżach takich, jak m.in.: motoryzacyjna, przemysłowa, budowlana, transportowa, informatyczna, metalurgiczna, energetyczna, czy chemiczna.



## 6. Analiza łańcucha dostaw i wartości na rynku wodoru w Niemczech

Na łańcuch dostaw i wartości na rynku wodoru składają się cztery kluczowe obszary działania podmiotów związanych z przedmiotowym rynkiem:

- Produkcja,
- Magazynowanie,
- Transport oraz
- Dystrybucja<sup>6</sup>.

W aktualnym stanie rozwoju gospodarki opartej na wodorze, w zasadzie, każdy z wyżej wymienionych obszarów stanowi wyzwanie pod względem technologicznym, a co za tym idzie, również pod względem zachowania konkurencyjności kosztowej. Powyższe nie zmienia jednak faktu, że wdrażane kierunki zmian w strukturze niemieckiej gospodarki mają na celu modyfikację akcentów w zakresie źródeł pochodzenia energii w krajowym systemie. Związane z tym jest promowanie rozwoju technologii wodorowych opartych na odnawialnych źródłach energii.



Podobnie, jak większość wschodzących branż również i branża wodorowa, znajdująca się na wczesnym etapie rozwoju pociąga za sobą pewne ryzyka i generuje wyzwania dla przedsiębiorców. Niemniej jednak, stwarza ona jednocześnie bardzo duże szanse do rozwoju – podmioty, które zdecydują się na konkurowanie na tym rynku, w przypadku korzystnego rozwoju ich działalności, mogą liczyć na ponadprzeciętne korzyści, które wynikają z

tw. przewagi pierwszeństwa, umożliwiającej osiągnięcie wysokiej rentowności, związanej z przejściową możliwością dyktowania warunków na nowych rynkach.

---

<sup>6</sup> *The Future of Hydrogen. Seizing today's opportunities*, Międzynarodowa Agencja Energetyczna (2019), s. 29.

## System wytwarzania wodoru

Wodór może być produkowany w różnego typu procesach, obejmujących m.in. takie źródła jak: węgiel, gaz ziemny, energia odnawialna (przede wszystkim fotowoltaika i energia wiatrowa).

Na dzień dzisiejszy prawie cały wodór w Niemczech produkowany jest jednak z paliw kopalnych (węgiel, gaz ziemny), co przekłada się na konsekwencje m.in. w postaci uwalniania dwutlenku węgla do atmosfery<sup>7</sup>. W niektórych procesach produkcji wodoru w Niemczech dwutlenek węgla może być wychwytywany i składowany pod ziemią lub wykorzystywany do innych procesów, na przykład do produkcji paliw opartych na wodorze, takich jak metan syntetyczny<sup>8</sup>.

Coraz większe znaczenie na rynku wodoru mają technologie wykorzystujące procesy elektrolizy wodnej. Najpopularniejsze technologie elektrolizy, których możliwości wykorzystania analizowane są na rynku niemieckim to: elektrolizery alkaliczne (AEL), elektrolizery membranowe z wymianą protonów (PEMEL) lub elektrolizery na tlenek stały (SOEC). Produkcja lub dostawy elektrolizerów we wskazanych powyżej technologiach oraz produkcja lub dostawy komponentów do nich stanowiąc będą bardzo silnie rozwijający się rynek, który będzie szansą rozwojową dla małych i średnich przedsiębiorstw z województwa wielkopolskiego.

Przewiduje się, że w perspektywie 2030 roku biomasa jako źródło energii zacznie zyskiwać na znaczeniu, co stanowi istotną szansę dla zlokalizowanych niedaleko granicy producentów, dystrybutorów i operatorów tego typu paliwa.

Rozwój rynku wytwarzania wodoru generuje możliwości rozwojowe m.in. dla przedsiębiorstw oferujących produkty i usługi z obszaru: produkcji elektrolizerów alkalicznych, membranowych z wymianą protonów i elektrolizerów na tlenek stały oraz komponentów i części do elektrolizerów (elektrody, węże wlotowe i wylotowe, zaciski, uszczelki, wsporniki), automatyki przemysłowej (switche przemysłowe, osprzęt tablicowy, sterowniki, systemy komunikacyjne), bezpieczeństwa maszyn (sterowniki bezpieczeństwa, przekaźniki, włączniki, skanery laserowe), urządzeń pomiarowych, kontrolnych i nawigacyjnych (liczniki, urządzenia pomiaru jakości), produkcji komponentów wykorzystywanych w farmach fotowoltaicznych i elektrowniach wiatrowych (gondole, korpusy, tarcze hamulcowe, sprzęgła, ogniwa słoneczne, inwertery, akumulatory), projektowania instalacji fotowoltaicznych i wiatrowych, modernizacji i remontów instalacji fotowoltaicznych i farm wiatrowych, obsługi i prowadzenia ruchu w farmach fotowoltaicznych i elektrowniach wiatrowych, produkcji, dystrybucji i handlu biomasą, projektowania i budowy instalacji przeciwpożarowych, inżynierii oraz projektowania i budowy

---

<sup>7</sup> 1st EU-wide Guarantee of Origin for Premium Hydrogen, CertifHy (2019), <[http://www.certifhy.eu/images/media/files/CertifHy\\_folder\\_\\_leaflets.pdf](http://www.certifhy.eu/images/media/files/CertifHy_folder__leaflets.pdf)>, dostęp: 14.08.2020.

<sup>8</sup> Report on CO2 free Hydrogen, Mizuho Information and Research Institute Inc. (2018), [online, dostęp: 20.08.2020], <[https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20170307001\\_01.pdf](https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20170307001_01.pdf)>.

maszyn, remontów i modernizacji dla sektora energetycznego, programowania (mobilne systemy wykrywania wodoru), szkoleń w zakresie bezpieczeństwa.

### **System magazynowania wodoru**

Wytworzony wodór, niezależnie od źródła jego pochodzenia, można przechowywać i transportować w czystej postaci, mieszać z gazem ziemnym lub wiązać w większych cząsteczkach, takich jak amoniak, ciekłe nośniki wodoru organicznego (LOHC) oraz wodorunki chemiczne i fizyczne:  $Mg_2FeH_6$ ,  $LaNi_5H_6$ .

Aktualne kierunki rozwoju niemieckiej gospodarki opartej na wodorze nie wskazują jednoznacznie optymalnych i rekomendowanych metod magazynowania wodoru. Biorąc jednak pod uwagę aktualny stan badań w tym zakresie, jak i opłacalność ekonomiczną poszczególnych dostępnych rozwiązań oczekiwać można, że kluczowe magazyny analizowanego nośnika energii będą opierały się na magazynowaniu wodoru w postaci gazowej<sup>9</sup>. Na tym etapie sieć magazynowania wodoru w Niemczech nie jest jeszcze rozwinięta. Pamiętać należy, że w analizowanym kraju istnieje jednak rozwinięta infrastruktura podziemna, obejmująca głównie kawerny solne. Rozważane i analizowane są możliwości jej wykorzystania na cele związane z podziemnym magazynowaniem wodoru.

Rozwój rynku magazynowania wodoru generuje możliwości rozwojowe m.in. dla przedsiębiorstw oferujących produkty i usługi z obszaru: produkcji zbiorników ciśnieniowych, produkcji komponentów i półproduktów metalowych, automatyki przemysłowej (switche przemysłowe, osprzęt tablicowy, sterowniki, systemy komunikacyjne), bezpieczeństwa maszyn (sterowniki bezpieczeństwa, przekaźniki, włączniki, skanery laserowe), urządzeń pomiarowych, kontrolnych i nawigacyjnych (liczniki, urządzenia pomiaru jakości), projektowania i budowy instalacji przeciwpożarowych, inżynierii oraz projektowania i budowy maszyn, likwidacji infrastruktury górniczej, prowadzenia analiz geologicznych, szkoleń w zakresie bezpieczeństwa.

### **System transportu i dystrybucji wodoru**

Strategia rozwoju gospodarki opartej na wodorze w Niemczech zakłada, że aby móc importować i rozwijać rynki zbytu dla tego paliwa i jego produktów pochodnych, musi istnieć odpowiednia infrastruktura transportowa i dystrybucyjna, szczególnie w odniesieniu do systemów przesyłowych. W aktualnym stanie, Niemcy mają dobrze rozwiniętą infrastrukturę gazową, składającą się ze zwartej sieci gazu ziemnego i podłączonych do niej magazynów gazu. W przyszłości część tej infrastruktury

---

<sup>9</sup> J. Adolf et al., Energy of the future? Shell Hydrogen Study, Hamburg (2017), s. 20-27; Hydrogen Europe, Hydrogen Basics, [online], dostęp: 12.08.2020 < <https://hydrogeneurope.eu/hydrogen-basics-0>>.

ma być wykorzystana na potrzeby transportu wodoru. Zakładana jest również konstrukcja i rozwój sieci dedykowanych wyłącznie przesyłowi wodoru.

Rozwój rynku transportu i dystrybucji wodoru generuje możliwości rozwojowe m.in. dla przedsiębiorstw oferujących produkty i usługi z obszaru: budowy, remontów i modernizacji gazociągów, produkcji tworzyw sztucznych (dostawy materiałów do modernizacji infrastruktury gazowej), produkcji rur (w szczególności wykonanych z tworzyw sztucznych), produkcji urządzeń i komponentów przemysłowych (pompy, zawory, monozłącza, kształtki, rury, zasuwy), produkcji materiałów polimerowych (zbiorniki z włókna węglowego pokrytego warstwą polimerową), produkcji materiałów z kompozytów włókno szklane/aramid lub włókno węglowe z wkładem metalowym, produkcji stali nierdzewnej wysokiej jakości, produkcji specjalistycznych naczip (cysterny), produkcji zbiorników ciśnieniowych, transportu wyspecjalizowanego (transport gazu, transport wielkogabarytowy), produkcji komponentów i półproduktów metalowych, automatyki przemysłowej (switche przemysłowe, osprzęt tablicowy, sterowniki, systemy komunikacyjne), bezpieczeństwa maszyn (sterowniki bezpieczeństwa, przekaźniki, wyłączniki, skanery laserowe), urządzeń pomiarowych, kontrolnych i nawigacyjnych (liczniki, urządzenia pomiaru jakości), projektowania i budowy instalacji przeciwpożarowych, szkoleń dla kierowców, szkoleń w zakresie bezpieczeństwa.

**Podsumowując analizę łańcucha dostaw na rozwijającym się rynku wodoru w Niemczech należy stwierdzić, że nie jest on jeszcze w pełni ukształtowany i osiągnięcie jego docelowego stanu może zająć jeszcze ok. 10 lat. W szczególności, czasochłonne może być wdrożenie niezbędnej transformacji w obszarze wytwarzania oraz przesyłu tego nośnika energii. Rozbudowa niezbędnej infrastruktury do magazynowania również jest czasochłonna, jednakże możliwość wykorzystania istniejącej infrastruktury pogórnicy może przyspieszyć ten proces. Z jednej strony jest to perspektywa odległa, jednakże z tego faktu przynajmniej dwie duże korzyści ułatwiają podjęcie decyzji dotyczącej rozwijania działalności na tym rosnącym rynku. Po pierwsze, sam jego rozwój i związana z nim rozbudowa i modernizacja infrastruktury stwarzają bardzo duże szanse na lokowanie produktów i usług wielkopolskich MŚP na niemieckim rynku. Po drugie, wejście na rosnący rynek na wczesnym etapie jego rozwoju umożliwia wypracowanie istotnych przewag konkurencyjnych, a przede wszystkim skorzystanie z tzw. przewagi pierwszeństwa pozwalającej na przejściowe korzystanie z bardzo dobrych warunków współpracy, co wynika z ograniczonej podaży usług i produktów w ryzykownych segmentach rozwijającego się rynku.**

## **Podmioty w łańcuchu dostaw na niemieckim rynku wodoru**

W aktualnym stanie rozwoju gospodarki opartej na wodorze w Niemczech, łańcuch dostaw jest zdominowany przede wszystkim przez krajowe podmioty, w tym głównie przez dużych przedsiębiorców obejmujących swoim zasięgiem oraz w mniejszym zakresie przez małe i średnie przedsiębiorstwa, prowadzące działalności w wymiarze lokalnym.

Jak wynika z analizy podmiotów działających w istniejącym łańcuchu dostaw na niemieckim rynku wodoru, jest na nim jeszcze sporo przestrzeni do rozwoju, a działające na nim przedsiębiorstwa posiadają również słabe strony, które można wykorzystać do budowy przewag konkurencyjnych polskich firm na niemieckim rynku.

## **Analiza SWOT w kontekście wejścia wielkopolskich MŚP na niemiecki rynek wodoru**

Ryzyka związane z działalnością na analizowanym rynku wynikają z analizy SWOT. Jak z każdym wschodzącym rynkiem, również i z rynkiem wodoru w Niemczech związana jest duża doza niepewności co do ostatecznych perspektyw i kierunków rozwoju. Z drugiej strony, z rynkiem tym związane są bardzo dobre potencjalne perspektywy wzrostu, co wynika z szans rozwojowych.

## **7. Kluczowe obszary rozwoju niemieckiego rynku wodoru**

### **Wiodące produkty lub usługi w niemieckiej gospodarce opartej na wodorze**

W perspektywie najbliższych 20 lat struktura niemieckiego rynku wodoru ulegnie istotnemu przekształceniu. Wszystkie jego segmenty związane z wykorzystaniem wodoru w rozumieniu konwencjonalnym (wodór szary, brązowy) będą w fazie stagnacji. Jednakże, obszary zastosowania wodoru, które wiążą się z możliwościami wykorzystania zdekarbonizowanego wodoru (zielony, niebieski) będą w fazie dynamicznego wzrostu, który stworzy doskonałe warunki do rozwoju działalności na analizowanym rynku zagranicznym. Branże, które mają najwyższy potencjał do bycia beneficjentami tego wzrostu to: ogrzewanie budynków, transport, wytwarzanie energii, power-to-X, przemysł.

### **Ogrzewanie budynków**

Mini- i mikro-ciepłownie oparte na wodorowych ogniach paliwowych są już dostępne na niemieckim rynku. Począwszy od 2018 roku, rozwój przedmiotowego segmentu rynku jest napędzany przez dedykowany program wsparcia wdrażany przez niemieckie Ministerstwo

Gospodarki i Energii (BMW). Dzięki wsparciu rządowemu w 2018 roku zainstalowano 3600 nowych tego typu instalacji, przez co udało się blisko potroić liczbę mikro-ciepłowni opartych na ogniach wodorowych w Niemczech (na koniec 2018 roku wynosiła ona 5500 jednostek). Oczekuje się, że w roku 2019 doszło do dalszego rozwoju przedmiotowego rynku<sup>10</sup>, brak jest jednak dostępnych publicznie danych na ten temat.

Pomimo wczesnego etapu rozwoju przedmiotowego rynku wskazuje się, że jego potencjał jest bardzo duży. Z dostępnych prognoz wynika, że w całych Niemczech jest ok. 3 mln budynków, które mogą zostać wyposażone w mini- i mikro-ciepłownie oparte na wodorowych ogniach paliwowych<sup>11</sup>.

Pierwsze komercyjnie wykorzystywane rozwiązania, które zostały wdrożone w 2017 roku działają w oparciu o produkcję wodoru z nadwyżek energii odnawialnej. Należy oczekiwać, że duże szanse dają możliwości związane z włączeniem stałych dostaw paliwa wodorowego (np. poprzez gazociąg) do łańcucha dostaw na analizowanym rynku. Powyższe powinno przyczynić się do stabilności funkcjonowania źródeł ciepła opartych na analizowanej technologii, pozwalając tym samym na rozpowszechnienie tego rozwiązania na szeroką skalę.

**Biorąc pod uwagę opisane powyżej przewidywane działania w otoczeniu politycznym i biznesowym Niemiec, prognozy wzrostu rynku, a także fakty związane z prowadzonymi aktualnie badaniami oraz pilotażami można oczekiwać, że największy popyt na analizowanym rynku dotyczył będzie urządzeń i komponentów przemysłowych (pompy, zawory, monoźlącza, kształtki, rury, zasuw).**

## Transport

Niemiecki sektor transportowy oferuje bardzo obiecujące możliwości rozwoju dla rozwiązań opartych na stosowaniu wodoru. Biorąc pod uwagę aktualną strukturę tej części rynku, wskazuje się, że w celu osiągnięcia celów klimatycznych atrybuowanych tej części gospodarki przez niemiecki rząd, konieczne są dalsze zmiany technologiczne, wśród których wiodącą rolę powinien pełnić wodór<sup>12</sup>. Rozwiązania oparte na ogniach wodorowych lub na technologii konwersji energii odnawialnej na wodór wymieniane są jako alternatywna opcja dla technologii pojazdów elektrycznych, w sytuacjach, w których bezpośrednie wykorzystanie technologii elektrycznej nie jest technicznie możliwe, bądź nie jest opłacalne. Wśród segmentów rynku transportowego, które

---

<sup>10</sup> Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (2018), *KfW 433 programme: More fuel cells for household energy*, [online, dostęp: 11.07.2020], <<https://www.now-gmbh.de/en/news/press/kfw-433-programme-more-fuel-cells-for-household-energy>>.

<sup>11</sup> A. Herrmann, M. Andreas, C. Hildebrandt (2017), *H2-Home-Dezentrale Energieversorgung mit Wasserstoff-Brennstoffzellen*. Lipsk, 3 forum HYPOS.

<sup>12</sup> G. Tjarks, *The German Approach towards a Hydrogen Economy*, NOW GmbH (2020), [online, dostęp: 21.08.2020], <[https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/09\\_GeertTjarks.pdf](https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/09_GeertTjarks.pdf)>.

stwarzają najlepsze potencjalne możliwości zastosowania technologii opartych na wodorze wskazywane są kluczowe segmenty związane z komercyjnym, bądź profesjonalnym świadczeniem usług transportowych.



Obecnie szacuje się, że na obszarze Niemiec używanych jest ok. 500 pojazdów osobowych oraz ok. 15 autobusów (dodatkowych 50 jest na etapie dopuszczania do eksploatacji) wykorzystujących technologię wodorową<sup>13</sup>. Zgodnie z informacjami analityków, popyt na pojazdy w technologii wodorowej zdecydowanie przewyższa podaż, której nie są w stanie zapewnić niemieccy producenci. Według danych na koniec 2018 roku, Niemcy zajmują 4 miejsce na świecie z 75

funkcjonującymi stacjami tankowania wodoru. Kolejnych 28 stacji miało zostać przekazanych do eksploatacji do końca 2019 roku<sup>14</sup>. W związku z powyższym, można wnioskować, że aktualnie na terenie Niemiec funkcjonuje przynajmniej 100 tego typu obiektów.

**Biorąc pod uwagę opisane powyżej przewidywane działania w otoczeniu politycznym i biznesowym Niemiec, prognozy wzrostu rynku, a także fakty związane z prowadzonymi aktualnie badaniami oraz pilotażami można oczekiwać, że największy popyt na analizowanym rynku dotyczył będzie komponentów do ogniw paliwowych oraz elektrolizerów o dużej sprawności.**

### **Wytwarzanie energii**

Dostępne dokumenty związane z kierunkami kształtowania niemieckiej polityki klimatycznej i energetycznej wskazują na wodór jako na jedno z paliw, które będzie wykorzystywane w ramach transformacji energetycznej kraju. W Niemczech są prowadzone badania nad spalaniem wodoru w turbinach gazowych. Obecne osiągnięcia firmy Siemens umożliwiają eksploatację turbin z mieszanką paliwową o zawartości wodoru do 60%. Trwające prace koncentrują się rozwoju turbin pracujących na czystym wodorze<sup>15</sup> (takie turbiny oferuje już np. Kawasaki).

<sup>13</sup> International Energy Agency (2019), *The Future of Hydrogen: Seizing today's opportunities*, [online, dostęp: 12.07.2020], <<https://webstore.iea.org/the-future-of-hydrogen>>.

<sup>14</sup> H2.LIVE (2019), *Wassersstofftankstellen in Deutschland & Europa.*, [online, dostęp: 12.07.2020], <<https://h2.live/>>.

<sup>15</sup> Hydrogen co-firing in gas turbines: The road ahead. In: *Turbomachinery*, TMI Staff & Contributors (2019), [online, dostęp: 13.09.2020], <<https://www.turbomachinerymag.com/hydrogen-co-firing-in-gas-turbines-the-road-ahead/>>.

Co więcej, technologie oparte na wodorze wykorzystywane są w zakresie rozwoju tzw. systemów UPS (systemy zasilania awaryjnego – tego typu generatory wykorzystują kontrolowaną reakcję syntezy wodoru i tlenu do produkcji energii elektrycznej). Można uznać je za dojrzałą technologię, która wdrażana jest już od ok. 10 lat.

**Biorąc pod uwagę opisane powyżej przewidywane działania w otoczeniu politycznym i biznesowym Niemiec, prognozy wzrostu rynku, a także fakty związane z prowadzonymi aktualnie badaniami oraz pilotażami można oczekiwać, że największy popyt na analizowanym rynku dotyczył będzie komponentów do systemów UPS (prostowniki, falowniki, baterie, przewody, akumulatory).**

### **Magazynowanie energii**

Kluczową zaletą wykorzystania technologii Power-to-gas jest fakt, że umożliwia ona magazynowanie zielonej energii. Jak powszechnie wiadomo, produkcja z źródeł OZE charakteryzuje się znaczną niestabilnością, która związana jest z tym, iż jest ona ściśle powiązana z nasłonecznieniem lub warunkami wietrznymi, które występują w danej chwili. Z tego powodu dochodzi to powstawania okresowych niedoborów i nadwyżek energii z OZE. Wykorzystanie wodoru jako swobodnego magazynu energii ma umożliwić łagodzenie okresowych wahań w produkcji energii elektrycznej z OZE.

**Biorąc pod uwagę opisane powyżej przewidywane działania w otoczeniu politycznym i biznesowym Niemiec, prognozy wzrostu rynku, a także fakty związane z prowadzonymi aktualnie badaniami oraz pilotażami można oczekiwać, że największy popyt na analizowanym rynku dotyczył będzie komponentów wykorzystywanych w farmach fotowoltaicznych i elektrowniach wiatrowych (gondole, korpusy, tarcze hamulcowe, sprzęgła, ogniwa słoneczne, inwertery, akumulatory).**

### **Przemysł**

W niemieckim sektorze przemysłowym występuje już zapotrzebowanie na wodór i oczekuje się, że zapotrzebowanie to znacznie wzrośnie w przyszłości. Oznacza to, że sektor przemysłowy ma dobrą pozycję, aby stać się jednym z głównych czynników przyspieszających wprowadzanie wodoru na rynek i światowym pionierem w zakresie technologii wodorowej. Należy jednak mieć na uwadze, że technologie wodorowe oparte na wykorzystaniu wodoru szarego bądź brązowego nie mają przyszłości w Niemczech.



Biorąc pod uwagę opisane powyżej przewidywane działania w otoczeniu politycznym i biznesowym Niemiec, prognozy wzrostu rynku, a także fakty związane z prowadzonymi aktualnie badaniami oraz pilotażami można oczekiwać, że największy popyt na analizowanym rynku dotyczył będzie komponentów automatyki przemysłowej (switche przemysłowe, osprzęt tablicowy, sterowniki, systemy komunikacyjne).

## **8. Analiza konkurencji na niemieckim rynku wodoru**

Z perspektywy czynników zewnętrznych, gospodarka niemiecka jest wysoce konkurencyjna i atrakcyjna biznesowo dla firm z zagranicy. Zarówno sprzyjające środowisko makroekonomiczne, jak i bardzo wysoki poziom innowacyjności sprzyjają rozwojowi działalności gospodarczej w tym kraju. Pewne wyzwanie stanowić może relatywnie wysoki poziom biurokratyzacji otoczenia administracyjnego działalności biznesowej, wyrażony liczbą procedur niezbędnych do wejścia na rynek.

W ujęciu ogólnym konkurencją dla wielkopolskich MŚP (odpowiednio do obszaru ich działalności) na niemieckim rynku wodoru będą w zasadzie wszyscy przedsiębiorcy działający na tym rynku w obszarach wskazanych jako rozwojowe, czy to na etapie analizy łańcucha dostaw, czy w analizie wiodących produktów i usług.

Strategie stosowane przez podmioty konkurencyjne obejmują przede wszystkim 4 główne typy podejść: **strategia selektywna, strategia produktowa, strategia rynkowa, strategia masowa.**

**W zakresie samej struktury rynku i panującej na nim presji konkurencyjnej należy podkreślić, że na obecnym etapie panująca na nim konkurencja nie jest jeszcze znaczna. Oczywiście należy spodziewać się zainteresowania ze strony coraz większej liczby przedsiębiorców, którzy będą dostrzegali znaczny potencjał analizowanego rynku. Jednakże, można oczekiwać, że odważne decyzje w zakresie internacjonalizacji połączone z dokładną analizą oraz precyzyjną strategią wejścia na rynek wodoru w Niemczech mogą wygenerować duże korzyści biznesowe dla polskich przedsiębiorców. W kontekście ewentualnych decyzji dotyczących wejścia na rynek niemiecki pamiętać należy, że w stosunku do podmiotów z wielu innych krajów, podmioty z Polski, w tym przede wszystkim z Wielkopolski posiadają tę przewagę konkurencyjną, że zlokalizowane są bardzo blisko rynku docelowego, co istotnie ułatwia prowadzenie działalności na rynku zagranicznym, zarówno od strony formalnej, jak i kosztowej.**

## 9. Kierunki rozwoju niemieckiego rynku gospodarki opartej na wodorze

Niemiecki rynek nisko- i bez emisyjnego wodoru charakteryzuje relatywnie krótka historia funkcjonowania. Przez dłuższy czas analizowana technologia nie miała istotnego znaczenia w skali funkcjonowania całej gospodarki. Punkt zwrotny w podejściu do technologii wodorowych stanowią ostatnie lata, w których zyskała ona na znaczeniu jako jeden z najbardziej efektywnych środków do osiągnięcia celu w zakresie dekarbonizacji gospodarki.

Innowacyjność i edukacja stanowią strategiczny element polityki energetycznej i przemysłowej Niemiec. Dzięki długofalowemu podejściu i finansowaniu badań przez rząd federalny, niemieckie firmy i instytucje badawcze są pionierami w zakresie rozwoju technologii wodorowych. Jak wynika z opublikowanej niedawno strategii wodorowej, rząd niemiecki deklaruje dalszą gotowość do finansowania kolejnych badań nad kluczowymi technologiami obejmującymi cały łańcuch wartości wodoru - od wytwarzania i magazynowania, transportu i dystrybucji aż po stosowanie wodoru jako produktu końcowego tych procesów.

Pomimo sprzyjającej polityki rządowej, rozwinięcie i wdrożenie technologii wodorowych wymaga sporo czasu. Zdecydowana większość z nich znajduje się jeszcze na wczesnym etapie rozwoju. Stopień zaawansowania prac nad większością projektów w związanych z wykorzystaniem wodoru określić można na poziom 5-8 TRL. Nieliczne z nich znajdują się na poziomie 9. Zgodnie z definicją Komisji Europejskiej oznacza to, iż zdecydowana większość projektów znajduje się w fazie demonstracyjnej z perspektywą wdrożenia w ciągu najbliższych 5 – 10 lat.

Segmenty niemieckiej gospodarki, w których dojdzie do najszybszego zaadaptowania technologii wodorowych związane są z komercyjnym wykorzystaniem środków transportu i obejmują m.in.:

- wózki widłowe (w tym segmencie technologia wodorowa jest już wykorzystywana w ograniczonym stopniu),
- autobusy wykorzystywane w transporcie publicznym,
- średnie i duże samochody, a także vany i autokary, które wykorzystywane są w komercyjnym transporcie pasażerskim,
- ciężarówki wykorzystywane w transporcie towarów,
- pociągi<sup>16</sup>.

Technologie wodorowe mają również szansę na relatywnie szybkie zastosowanie w ogrzewaniu budynków, jak o komplementarny nośnik ciepła wykorzystywany równolegle z innym nośnikiem.

---

<sup>16</sup> *Hydrogen Scaling up. A sustainable pathway for the global energy transition*, Hydrogen Council (listopad 2017).