



Wielkopolska

Kierunek wódór



SAMORZĄD
WOJEWÓDZTWA
WIELKOPOLSKIEGO

STRATEGIA ROZWOJU WIELKOPOLSKI **WODOROWEJ** DO 2030

Z PERSPEKTYWĄ DO 2040 ROKU

KWIECIEŃ 2023

Strategia rozwoju Wielkopolski wodorowej do 2030 z perspektywą do 2040, dalej Strategia Wielkopolska Wodorowa 2030 (SRWH₂ 2030) została opracowana przez:

NEXUS Consultants sp. z o.o.



w zespole:

- ☐ Walerian Majewski
- ☐ Marek Foltynowicz
- ☐ Tomasz F. Pelc

Redakcja: Mirosław Siatkowski

Opracowanie graficzne: Daniel Rusnak

W projekcie okładki wykorzystano grafikę wygenerowaną przy użyciu algorytmu sztucznej inteligencji Midjourney.



Wykonano na zlecenie: Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego
Copyright © 2023 by Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego

Strategia powstała pod nadzorem:
Departament Gospodarki,
Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego
al. Niepodległości 34
61-714 Poznań
NIP: 778-13-46-888
Internet: <http://www.h2wielkopolska.pl>
Licencja CC BY-NC-SA 4.0
ISBN: 978-83-60782-34-7

Strategia współfinansowana przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Wielkopolskiego Regionalnego Programu Operacyjnego na lata 2014-2020 oraz budżetu Samorządu Województwa Wielkopolskiego



Rzeczpospolita
Polska



SAMORZĄD WOJEWÓDZTWA
WIELKOPOLSKIEGO

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI	3
PRZEDMOWA	5
SŁOWNIK SKRÓTÓW	6
1. STRESZCZENIE	8
2. WIZJA, MISJA ORAZ CELE WIELKOPOLSKI WODOROWEJ	11
3. WIELKOPOLSKI EKOSYSTEM WODOROWY	14
3.1 ROLA WODORU W PROCESIE TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ	14
3.2 POTENCJAŁ WIELKOPOLSKI W ZAKRESIE ROZWOJU RYNKU WODORU	16
3.3 WIELKOPOLSKA JAKO AKTYWNY UCZESTNIK GOSPODARKI WODOROWEJ	20
4. PODSUMOWANIE ANALIZ STRATEGICZNYCH	26
5. KLUCZOWE UWARUNKOWANIA ROZWOJU RYNKU WODORU	33
5.1 UWARUNKOWANIA UNII EUROPEJSKIEJ	33
5.2 UWARUNKOWANIA KRAJOWE	35
6. POTENCJAŁ PRZEMYSŁOWY WOJ. WIELKOPOLSKIEGO	39
6.1 GŁÓWNE DZIAŁY GOSPODARKI REGIONU, PRODUKCJA SPRZEDANA	39
6.2 SEKTORY GOSPODARSTWA WIELKOPOLSKI WYMAGAJĄCE DEKARBONIZACJI	40
6.3 GŁÓWNE OBSZARY KONCENTRACJI PRZEMYSŁU	43
6.4 PRZEDSIĘBIORSTWA MOGĄCE SIĘ ZAANGAŻOWAĆ W ROZWÓJ TECHNOLOGII WODOROWYCH	45
6.5 ANALIZA KORELACJI SEKTORÓW GOSPODARCZYCH	52
7. POTENCJAŁ WIELKOPOLSKI W ZAKRESIE WYKORZYSTANIA WODORU	55
7.1 TRANSPORT	55
7.2 KOMUNIKACJA AUTOBUSOWA	56
7.3 KOMUNIKACJA KOLEJOWA	58
7.4 TRANSPORT LOTNICZY	62
7.5 CIĄGNIKI ROLNICZE	63
7.6 ŚMIECIARKI	64
7.7 SAMOCHODY OSOBOWE	65
7.8 LOGISTYKA I SAMOCHODY CIĘŻAROWE	67
7.9 ENERGETYKA. ZAPOTRZEBOWANIE NA MAGAZYNY ENERGII	68
7.10 ZAPOTRZEBOWANIE ZE STRONY SYSTEMÓW CIEPŁOWNICZYCH	70
7.11 SAMOWYSTARCZALNOŚĆ ENERGETYCZNA	72
8. POTENCJAŁ WIELKOPOLSKI W ZAKRESIE WYTWARZANIA WODORU	78
8.1 WODÓR ZEROEMISyjNY Z ELEKTROLIZY	78
8.2 WODÓR BAZUJĄCY NA BIOGAZIE	87
8.3 INNE METODY POZYSKIWANIA NISKOEMISyjNEGO WODORU	92
8.4 MOŻLIWOŚCI PRZESYŁU I DYSTRYBUCJI WODORU	99
8.5 POTENCJAŁ MAGAZYNOWANIA WODORU	104
9. ROLA SEKTORA NAUKI I EDUKACJI W ROZWOJU WIELKOPOLSKI WODOROWEJ	108

10. BUDOWA SPOŁECZEŃSTWA WODOROWEGO	117
10.1 KSZTAŁTOWANIE POSTAW SPOŁECZNYCH	117
10.2 MOŻLIWOŚCI NAWIĄZANIA MIĘDZYNARODOWYCH PARTNERSTW STRATEGICZNYCH	118
11. OCZEKIWANIA WZGLĘDEM POLITYK ZEWNĘTRZNYCH, REGULACJI I SPOSOBU FINANSOWANIA EKOSYSTEMU WODOROWEGO	119
12. KLUCZOWE WYZWANIA I BARIERY ROZWOJOWE.....	123
13. CELE ROZWOJOWE WIELKOPOLSKI WODOROWEJ	125
14. WSKAŹNIKI STOPNIA ROZWOJU RYNKU WODORU	135
SPIS RYSUNKÓW	137
SPIS TABEL	138
SPIS WYKRESÓW	139

PRZEDMOWA



W świetle zachodzących zmian społeczno-gospodarczych, klimatycznych i związanych z nimi wyzwań, konieczne jest wypracowanie nowego podejścia do prowadzenia polityki regionalnej. Pandemia COVID-19 oraz obecna sytuacja geopolityczna na świecie, wpływająca na wzrost cen energii i zwiększenie obaw dotyczących bezpieczeństwa energetycznego, wymaga od nas podjęcia bezprecedensowych działań w celu zachowania spójności ekonomicznej i wysokiej jakości życia mieszkańców regionu.

Wielkopolska ma szanse na pobudzenie wzrostu gospodarczego w wyniku działań na rzecz neutralności klimatycznej założonych przez Unię Europejską. Jednym z wyzwań stojących obecnie przed regionem jest realizacja działań na rzecz transformacji energetycznej oraz związana z nią dywersyfikacja źródeł energii. Ważnym czynnikiem będzie w tym przypadku rozwój energetyki rozproszonej, wsparcie rozwoju instalacji energetycznych opartych o OZE i atom, przy wykorzystaniu potencjału i zasobów województwa.

Samorząd Województwa Wielkopolskiego aktywnie pracuje na rzecz rozwoju i wdrażania rozwiązań nisko i zeroemisyjnych w naszym regionie. Podjęte działania pozwolą nam na wykorzystanie w jak największym stopniu okazji, jaką niesie ze sobą transformacja w drodze do neutralności klimatycznej.

Marek Woźniak

Marszałek Województwa Wielkopolskiego

Strategia rozwoju Wielkopolski wodorowej do 2030 z perspektywą do roku 2040 stanowić będzie istotny wkład w proces rozwoju technologii wodorowych i rozwiązań niskoemisyjnych w Wielkopolsce. W tym miejscu chciałbym podziękować wszystkim zaangażowanym osobom za udział w konsultacjach społecznych oraz zgłaszanie cennych wniosków i uwag. W szczególności dziękuję Radnym Województwa Wielkopolskiego, Członkom Wielkopolskiej Platformy Wodorowej, przedstawicielom wielkopolskich uczelni wyższych oraz Prezydentom miast, Burmistrzom i Wójtom, którzy współpracowali przy realizacji niniejszego dokumentu. Współpraca wszystkich środowisk jest istotnym elementem w tworzeniu dodatkowych bodźców wspierających działania ukierunkowane na tworzenie projektów z zakresu gospodarki wodorowej.

Jacek Bogusławski

**Członek Zarządu Województwa Wielkopolskiego
Przewodniczący Wielkopolskiej Platformy Wodorowej**



SŁOWNIK SKRÓTÓW

AFIR, AFID	Alternative Fuels Infrastructure Regulation – rozporządzenie w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych uchylające dyrektywę AFID: Alternative Fuels Infrastructure Directive (Dyrektywa 2014/94/UE z dnia 22 października 2014)
BEV	Battery Electric Vehicle – samochód z napędem elektrycznym zasilany akumulatorami
CCS	Carbon Capture and Storage – metody wychwytywania i składowania CO ₂
CCU	Carbon Capture Utilisation – metody wykorzystania CO ₂
CCUS	Carbon Capture, Utilisation and Storage – metody wychwytywania, składowania i ponownego wykorzystania CO ₂ , obejmuje zarówno CCS, jak i CCU
CEEAG	Guidelines on state aid for climate, environmental protection and energy – Wytyczne w sprawie pomocy państwa na ochronę klimatu i środowiska oraz cele związane z energią; Wytyczne udzielania pomocy publicznej Komisji Europejskiej
CNG	Compressed Natural Gas – sprężony gaz ziemny
EC	Elektrociepłownie
EHB	European Hydrogen Backbone – inicjatywa operatorów gazociągów przesyłowych krajów Europy w sprawie budowy i rozwoju sieci przesyłowej wodoru
ESG	Environmental, social, corporate governance (środowisko, odpowiedzialność społeczna i ład korporacyjny) – zakres informacji niefinansowych raportowanych przez podmioty.
ESP	Elektrownie szczytowo-pompowe
EV	Electric Vehicle – pojazd z napędem elektrycznym
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle – pojazd z napędem elektrycznym zasilany ogniwami paliwowymi
FCR, aFRR, mFRR, RR	Rodzaje regulacji systemu elektroenergetycznego, kolejno: regulacja pierwotna, regulacja wtórna, regulacja trójna, rezerwy zastępcze
GH ₂	Gasous Hydrogen – wodór w postaci gazowej
GHG	Greenhouse Gases – gazy cieplarniane - podstawowe gazy cieplarniane to: dwutlenek węgla (CO ₂), metan (CH ₄), podtlenek azotu (N ₂ O)
HRS	Hydrogen Refueling Station – stacja tankowania wodoru
ICE	Internal Combustion Engine – silnik wewnętrznego spalania
KPO	Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności
LFW	Lądowe farmy wiatrowe
LH ₂	Liquified Hydrogen – skroplony wodór
LNG	Liquified Natural Gas – skroplony gaz ziemny
MFW	Morskie farmy wiatrowe
OSD, OSDg, OSDe	Operator Systemu Dystrybucyjnego (gazowego, elektroenergetycznego)
OZE	Odnawialne Źródła Energii
P2H	Power-to-heat – technologia wykorzystania energii elektrycznej do produkcji ciepła (chłodu)
PEC, MPEC	Przedsiębiorstwo energetyki ciepłej, Miejskie przedsiębiorstwo energetyki ciepłej
PEM	Elektrolizery z protonową membraną wymiany (Proton Exchange Membrane)
PSG	Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o., Operator Systemu Dystrybucyjnego Gazu (OSDg)
PV	Instalacje fotowoltaiczne

RCF	Recycled Carbon Fuel – paliwo pochodzące z recyklingu paliw węglowych
RDF	Refuse Derived Fuel – paliwo alternatywne pozyskiwane w drodze przetworzenia odpadów komunalnych i przemysłowych
RED, RED II, RED III	Renewable Energy Directive - Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych oraz jej rewizje RED II (Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych), RED III (propozycja kolejnej rewizji zawierająca nowe cele dla źródeł odnawialnych)
RFNBO	Renewable Liquid and Gaseous Fuels of Non-Biological Origin – paliwa odnawialne ciekłe lub gazowe pochodzenia niebiologicznego; Definicja odnosząca się do paliw zeroemisyjnych, w tym do zeroemisyjnego wodoru
RIS 2030	Regionalna Strategia Innowacji dla Wielkopolski 2030
SAF	Sustainable Aviation Fuel – paliwo syntetyczne, stanowiące substytut dla kerozyny. Wyprodukowane na bazie zrównoważonych surowców.
SMR	Steam Methane Reforming – metoda produkcji gazu syntezowego (wodoru i tlenku węgla) w wyniku reakcji węglowodorów i pary wodnej
SRWH2 2030	Strategia rozwoju Wielkopolski wodorowej do 2030 z perspektywą do 2040
SOEC	Solid Oxide Electrolysis Cell – elektrolizer ze stałym tlenkiem, stałotlenkowy
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell – ogniwo paliwowe ze stałym tlenkiem, stałotlenkowe
SWW	Samorząd Województwa Wielkopolskiego
TEN-E	Trans-European Networks for Energy – transeuropejskie sieci energetyczne
TEN-T	Trans-European Networks for Transport – transeuropejskie sieci transportowe
URE	Urząd Regulacji Energetyki
WGS	Water-gas shift reaction – reakcja zachodząca pomiędzy tlenkiem węgla i parą wodną, w wyniku której powstaje dwutlenek węgla i wodór
WPW	Wielkopolska Platforma Wodorowa
W2H	Waste-to-hydrogen – technologie pozyskiwania wodoru z odpadów

1. STRESZCZENIE

Strategia Wielkopolska Wodorowa 2030 jest reakcją władz samorządowych na istniejącą konieczność dekarbonizacji gospodarki w celu powstrzymania zachodzących zmian klimatycznych.

W dokumencie strategicznym, po przeprowadzonej analizie, podjęto próbę identyfikacji elementów składających się na potencjał regionu w budowie łańcucha gospodarki wodorowej, oszacowania tego potencjału zarówno po stronie popytu, jak i podaży.

Strategia uwzględnia zamierzenia Unii Europejskiej w obszarze rozwoju gospodarki wodorowej jak również krajowe plany, w tym Polską Strategię Wodorową, oraz regionalne (m. in. Strategię rozwoju województwa wielkopolskiego do 2030 roku). W efekcie przeprowadzonych prac sformułowano wizję, misję oraz zaproponowano podstawowe cele strategiczne.

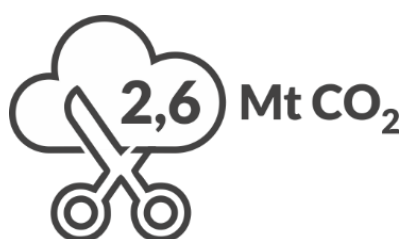
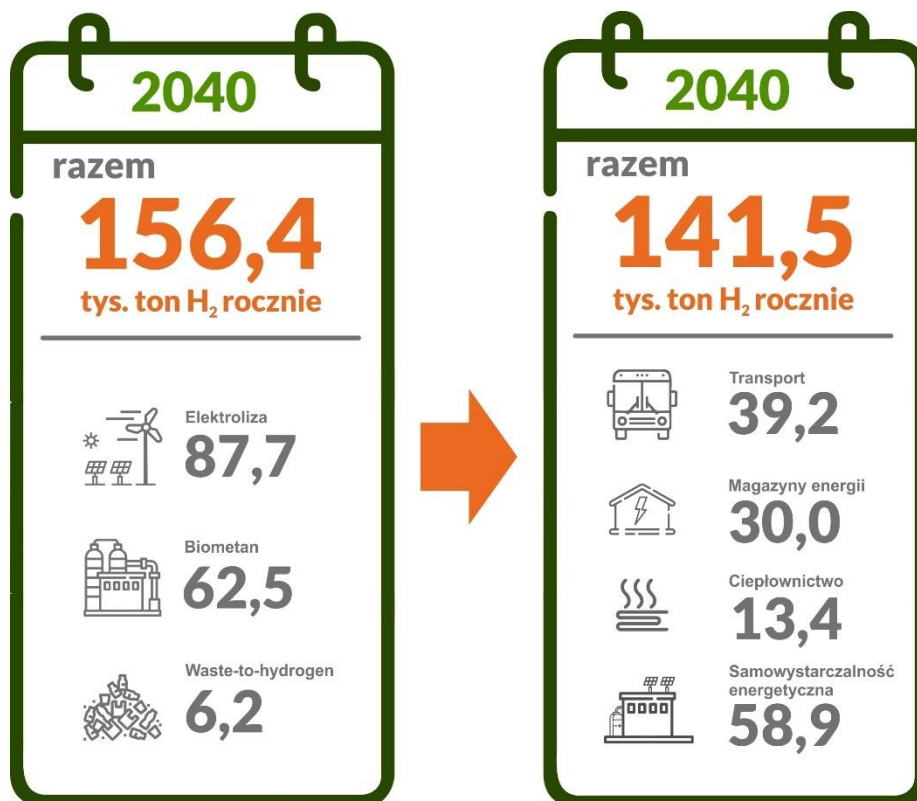
Opracowanie celów strategicznych poprzedziła analiza zasobów regionu pod kątem możliwości zaistnienia w łańcuchu gospodarki wodorowej. Główne wnioski z tej analizy, to:

- Istotny potencjał wejścia w gospodarkę wodorową, wynikający, między innymi z:
 - stosunkowo korzystnych warunków dla lokalizacji źródeł odnawialnych,
 - dużego potencjału podaży biogazu – substratu do produkcji wodoru,
 - silnie rozwiniętego przemysłu motoryzacyjnego oraz pozycji innych branż na tle kraju: produkcja mebli, napojów, wyrobów tekstylnych, urządzeń elektrycznych, duża liczba podmiotów z branży logistycznej (TSL),
 - położenia geograficznego w punkcie styku głównych szlaków komunikacyjnych oraz projektowanych tras przesyłu wodoru,
 - aktywności samorządu w obszarze wodoru – utworzenie Wielkopolskiej Platformy Wodorowej, jako kanału transferu wiedzy i komunikacji „wodorowej”, projekt „Szkoła wodorowa” – adresowany do nauczycieli i uczniów szkół ponadpodstawowych i innych.
- Słabością regionu są, między innymi:
 - brak dużych krajowych wytwórców i konsumentów wodoru,
 - brak zasobów surowcowych do produkcji istotnych komponentów technologii wodorowych – ogniwo paliwowych, elektrolizerów,
 - bariery administracyjne, regulacyjne,
- Wśród szans rozwoju gospodarki wodorowej w regionie postrzega się:
 - nieuchronność zmian w polityce klimatycznej i energetycznej UE oraz Polski w kierunku ograniczenia negatywnego oddziaływania na środowisko,
 - dostępne programy finansujące inwestycje w obszarze technologii wodorowych,
 - wzrost oczekiwań społecznych związanych z potrzebą ograniczania emisji CO₂.
- Zagrożeniem dla rozwoju gospodarki wodorowej są:
 - złożone zasady w zakresie kwalifikacji oraz wymaganego udziału wodoru zero- i niskoemisyjnego,
 - duża zależność od tempa rozwoju odnawialnych źródeł energii (OZE), brak rozwoju odnawialnych źródeł energii (farm wiatrowych),
 - brak liberalizacji rynku biogazu,
 - ryzyko przeregulowania krajowego rynku wodoru.

Przeprowadzone analizy wskazują, że potencjał Wielkopolski do produkcji niskoemisyjnego wodoru wynosi około 500 tys. ton rocznie. Przy czym wykorzystanie tego potencjału będzie uzależnione w dużej mierze od przezwyciężenia barier o charakterze regulacyjnym i administracyjnym.

Zakładana wielkość produkcji niskoemisyjnego wodoru w regionie wyniesie blisko 40 tys. ton w 2030 roku oraz ponad 150 tys. ton w roku 2040. Z drugiej strony, popyt będzie stymulowany, w początkowym okresie, wymaganiami w zakresie wykorzystania zeroemisyjnych pojazdów komunikacji miejskiej. Istnieją też możliwości zagospodarowania wodoru w energetyce i ciepłownictwie. Ważnym ogniwem rynku wodoru są małe i średnie przedsiębiorstwa, które upatrują w technologiach wodorowych metodę na zwiększenie samowystarczalności energetycznej.

Przewidywana produkcja wodoru w perspektywie 2040 r. oraz jego przewidywane zużycie::



Wdrożenie gospodarki wodorowej we wskazanych obszarach zastosowań może ograniczyć emisję CO₂ do atmosfery na poziomie 2,6 Mt rocznie.

Rozwojowi gospodarki wodorowej w regionie, i szerzej - w kraju, musi sprzyjać otoczenie prawno – regulacyjne poparte środkami finansowymi, wspierającymi inicjatywy „wodorowe”.

Polska przyłączyła się do rozwoju gospodarki wodorowej, przyjmując strategię wodorową w 2021 r. Priorytetem powinno być zapewnienie stabilnego i przyjaznego otoczenia prawnego dla rozwoju nośnika energii w postaci wodoru. Wśród celów szczegółowych zakładanych w strategii jest cel nr 6 – stworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego. Rząd pracuje nad tzw. „Konstytucją dla wodoru”.

Istotna jest implementacja uregulowań, postanowień UE do krajowych przepisów – Zielonego Ładu, Strategii wodorowej EU, programu Fit-for 55, programu REPowerEU, Net-Zero Industry Act. Szczególnie ważne jest wdrożenie pakietu dekarbonizacji rynku wodoru i gazu („pakiet gazowy”) wraz z przepisami dotyczącymi emisji metanu i charakterystyki energetycznej budynków z dnia 15 grudnia 2021 r. Poza wymienionymi aktami, istotne jest wdrożenie:

- ☐ zmienionej Dyrektywy w sprawie odnawialnych źródeł energii (RED),
- ☐ Dyrektywy w sprawie opodatkowania energii (ETD),
- ☐ taksonomii UE,
- ☐ rozporządzenia w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych (AFIR),
- ☐ rozporządzenia dotyczącego sieci transeuropejskich (TEN-T, TEN-E) oraz wytycznych w sprawie pomocy publicznej (CEEAG).

Wszystkie wymienione regulacje będą bezpośrednio stosowane lub transponowane do prawa polskiego, przez co ich wpływ na rozwój polskiego rynku wodoru będzie istotny.

Szereg aktów prawnych zostało już opracowanych, jednak nadal potrzeba rozstrzygnięć, dotyczących np.:

- wykorzystywania biometanu i/lub wodoru, który będzie mógł być zatłaczany do sieci wodorowej, czy sieci gazowej. Dotyczy to zarówno spraw jakości, jak i gwarancji pochodzenia. Rozwiązania te powinny być w pełni zharmonizowane z ustaleniami na poziomie krajów europejskich ze względu na potencjalną wymianę transgraniczną biometanu, wodoru czy gazu ziemnego z domieszką wodoru,
- pakietu wodorowego stanowiącego ramy prawne uwzględniające międzysektorowe możliwości zastosowania wodoru,
- systemowych mechanizmów wsparcia dla prowadzenia działalności badawczo-rozwojowej projektów z zakresu technologii wodorowych,
- uproszczenia i skrócenia procedur administracyjnych w zakresie inwestycji w wodór, w tym potraktowanie priorytetowo inwestycji w dolinach wodorowych, wprowadzenie ułatwień w lokowaniu i rozwoju nowych mocy OZE, magazynów energii, w tym magazynów samego wodoru, rozwiązania problemów z przyłączeniem instalacji OZE do sieci.

Najważniejszą sprawą jednak pozostaje zapewnienie finansowania inicjatyw wodorowych w oparciu o środki krajowe i europejskie. Potrzebna jest pełna aktywizacja i uruchomienie programów finansowania przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Równolegle, należy umożliwić finansowanie elementów infrastruktury technicznej, wykorzystywanej przez operatorów komunikacji zbiorowej.

2. WIZJA, MISJA ORAZ CELE WIELKOPOLSKI WODOROWEJ

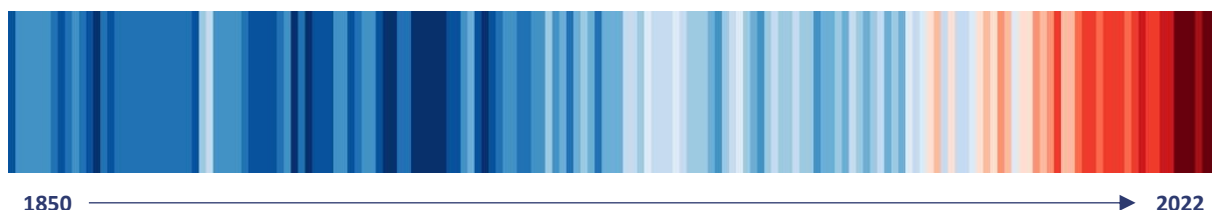
Świat, Europa na ścieżce transformacji energetycznej

Świat mierzy się z globalnym ociepleniem. Bazując na historycznych pomiarach oraz analizach materiału geologicznego naukowcy są w stanie wykazać, że obserwowane obecnie tempo wzrostu średnich temperatur na świecie nie miało dotychczas precedensu. Natomiast silna korelacja zmian temperaturowych z poziomem CO₂ w atmosferze wskazuje bezpośredniego winowajcę. Choć zmiany w Polsce są mniej odczuwalne, to także możemy odnotować wzrost częstotliwości i skali negatywnych zjawisk.

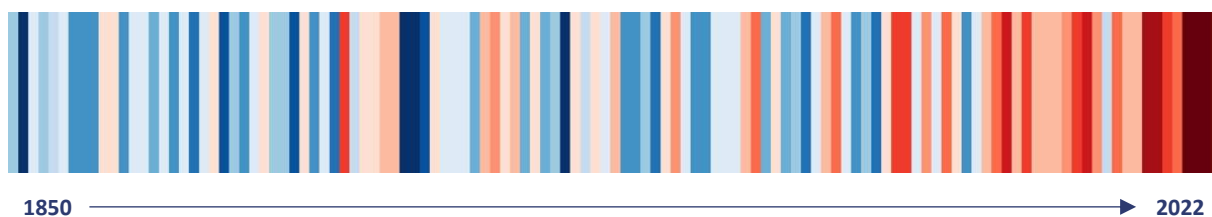
RYSUNEK 1

Ilustracja graficzna odchyleń od średnich wartości temperatur w latach 1850-2022

Odchylenia od średnich globalnych temperatur (od -0,7 do +0,7°C względem średniej z lat 1971-2000)



Odchylenia od średnich temperatur w Polsce (od -2,5 do +2,0°C względem średniej z lat 1971-2000)



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie showyourstripes.info.

Unia Europejska jest trzecim w kolejności emitentem gazów cieplarnianych do atmosfery na Świecie (2 710 Mt CO₂¹, za Chinami – 11 472 Mt CO₂ i Stanami Zjednoczonymi – 5 007 Mt CO₂). Z kolei Polska, obok Niemiec, Francji, Włoch i Hiszpanii należy do czołowej piątki emitentów w Unii Europejskiej.

Pierwsze postanowienia Unii Europejskiej dotyczące redukcji emisji gazów cieplarnianych miały miejsce w 2008 roku. Wówczas, UE postawiła sobie za cel redukcję na poziomie 20% względem poziomu z 1990 roku. W 2020 roku emisje były niższe o 31% (częściowo z powodu pandemii koronawirusa). W 2021 roku Unia Europejska wyznaczyła nowy cel zakładający redukcję emisji gazów cieplarnianych do 2030 roku co najmniej o 55% oraz osiągnięcie neutralności klimatycznej w perspektywie roku 2050. Istniejące prognozy krajów członkowskich wskazują, że osiągnięcie celu na rok 2030 będzie niezwykle trudne.

Wraz z zobowiązaniami, dotyczącymi redukcji emisji gazów cieplarnianych, Unia Europejska wdraża pakiety rozwiązań, które mają na celu dekarbonizację energetyki, transportu oraz innych wybranych gałęzi przemysłu. Jednocześnie zapewnia środki finansowe do przeprowadzenia wymaganej transformacji.

Wyrazem unijnych dążeń w zakresie ochrony klimatu, było przyjęcie Europejskiej Strategii Wodorowej w 2020 roku. Dokument ten, jako pierwszy, wyznaczał rolę wodoru w procesie dekarbonizacji europejskiej

¹ Climate Watch. Dane za 2021 rok. www.climatewatchdata.org

gospodarki. Sformułowano cel dotyczący skali rozwoju instalacji elektrolizerów zasilanych energią ze źródeł odnawialnych co najmniej 6 GW do roku 2024 oraz 40 GW mocy źródeł do roku 2030.

Kolejnym krokiem było opracowanie krajowych strategii wodorowych, w tym Polskiej Strategii Wodorowej w 2021 roku. Strategia ta wyznacza cele w obszarze wykorzystania wodoru w transporcie, przemyśle, a także związane z rozwojem mocy wytwórczych wodoru. Kolejne unijne regulacje oraz projektowana polska „Konstytucja dla wodoru” mają na celu wdrożenie zmian prawnych, w zamyśle sprzyjających rozwojowi gospodarki wodorowej, oraz zdefiniowanie szczegółowych wymagań dla wodoru, jako powszechnego nośnika energii.

Bieżąca sytuacja geopolityczna, związana z agresją Federacji Rosyjskiej na Ukrainę, stała się istotnym katalizatorem transformacji energetycznej. Obserwowany wzrost aktywności inwestycyjnej stanowi zarówno dla kraju, jak i Wielkopolski, szansę na włączenie się w nurt przemian skierowanych na dekarbonizację gospodarki, tym samym na ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko naturalne, zwiększenie niezależności energetycznej, wzrost innowacyjności przedsiębiorstw, poprawę warunków życia mieszkańców.

Są to główne przesłanki, dla których zostały podjęte prace nad opracowaniem Strategii Wielkopolska Wodorowa 2030. Zaprezentowana wizja i misja są wyrazem dążeń regionu, a realizacja celów strategicznych pozwoli uzyskać oczekiwane efekty realizacji Strategii.

Wizja Wielkopolski Wodorowej:

Wielkopolska regionem, w którym wodór jest powszechnie dostępnym nośnikiem energii, zastępującym paliwa kopalne w gospodarce regionu. Produkowany przy użyciu technologii nisko- i zeroemisyjnych, bezpieczny w użyciu i tym samym akceptowalny społecznie.

Misja Wielkopolski Wodorowej:

Tworzenie warunków, ram działania dla wszystkich uczestników łańcucha gospodarki wodorowej, pozwalających w maksymalnym stopniu wykorzystać istniejący potencjał regionu – zasoby, umiejętności, położenie geograficzne – w budowie poszczególnych ogniw łańcucha gospodarki wodorowej w celu poprawy poziomu i jakości życia w regionie.

Cele strategiczne:

- | | |
|-----------|--|
| #1 | Wdrożenie nisko i zeroemisyjnych metod produkcji wodoru oraz - adekwatny do skali rozwoju rynku produkcji wodoru – rozwój systemów magazynowania i dystrybucji |
| #2 | Wprowadzenie wodoru do powszechnych, dostępnych zastosowań, w tym w szczególności w transporcie zbiorowym |
| #3 | Podniesienie poziomu wiedzy o wodorze i jego znaczeniu w transformacji energetycznej gospodarki w celu zapobiegania negatywnym skutkom zmian klimatycznych, poprawy poziomu i jakości życia w regionie |
| #4 | Wielkopolska jako ważny animator rozwoju gospodarki wodorowej poprzez stworzenie wiarygodnego wizerunku Wielkopolski w Europie i na świecie jako regionu dysponującego wysokimi kompetencjami w wybranych ogniwach łańcucha wartości gospodarki wodorowej |



WIELKOPOLSKI EKOSYSTEM WODOROWY

Docelowy kształt wielkopolskiego ekosystemu wodorowego jest uwarunkowany możliwościami zaadaptowania technologii wytwarzania wodoru oraz jego wykorzystania jako nośnika energii w wielu działach gospodarki.

Prognozowane zużycie wodoru - na poziomie około 140 tys. ton rocznie - w perspektywie 2040 roku, opiera się na jego zastosowaniu w branżach obciążonych wysokimi emisjami CO₂: w energetyce, ciepłownictwie, transporcie, ale też jako narzędzie budowy samowystarczalności energetycznej.

3. WIELKOPOLSKI EKOSYSTEM WODOROWY

3.1 Rola wodoru w procesie transformacji energetycznej

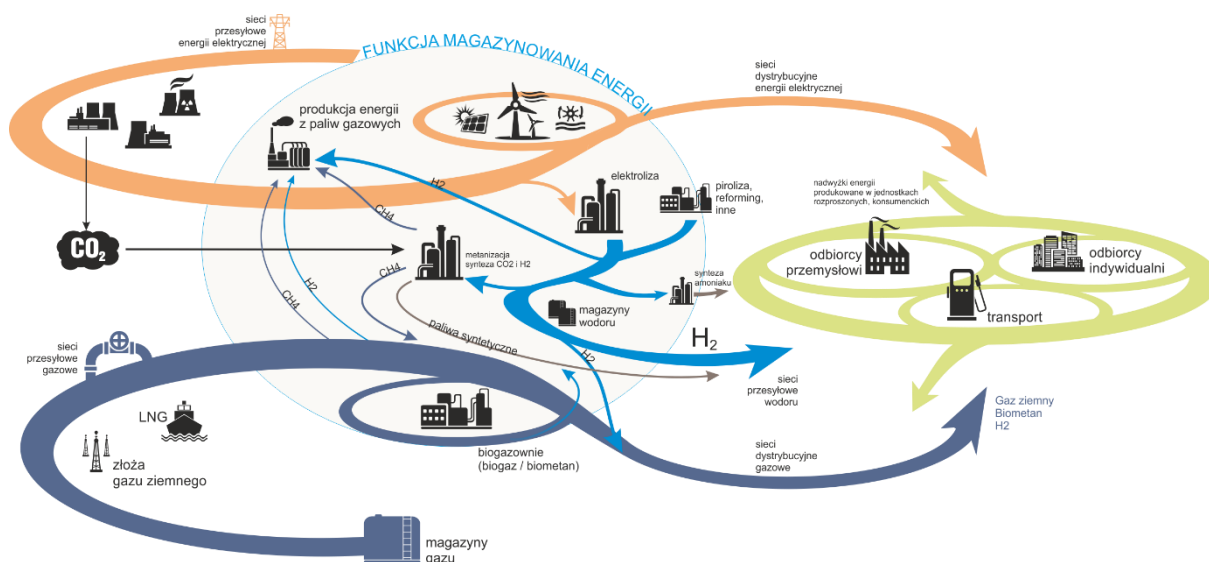
Unikalne cechy wodoru oraz postęp technologiczny sprawiają, że wodór stał się kluczowym medium w walce z dekarbonizacją gospodarki Europy i innych regionów świata.

Jego powszechność występowania w związkach organicznych i nieorganicznych czyni z tego pierwiastka uniwersalny nośnik energii. Obecne możliwości pozwalają na pozyskiwanie wodoru z takich substancji, jak: woda (elektroliza), gaz ziemny lub biometan (reforming, piroliza), biomasa i inne węglowodory (gazyfikacja, piroliza). Może być wykorzystywany bezpośrednio jako paliwo lub jako składnik innych związków, jak: amoniak, metan, czy paliwa syntetyczne.

Ze względu na swoje właściwości, wodór może być głównym medium, pozwalającym na integrację krajowych systemów energetycznych, tj. systemu elektroenergetycznego oraz systemu gazowego. Schemat ilustrujący rolę wodoru w procesie integracji systemów energetycznych zaprezentowano na rysunku 2.

RYСУNEK 2

Wodór jako integrator sieci energetycznych



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.

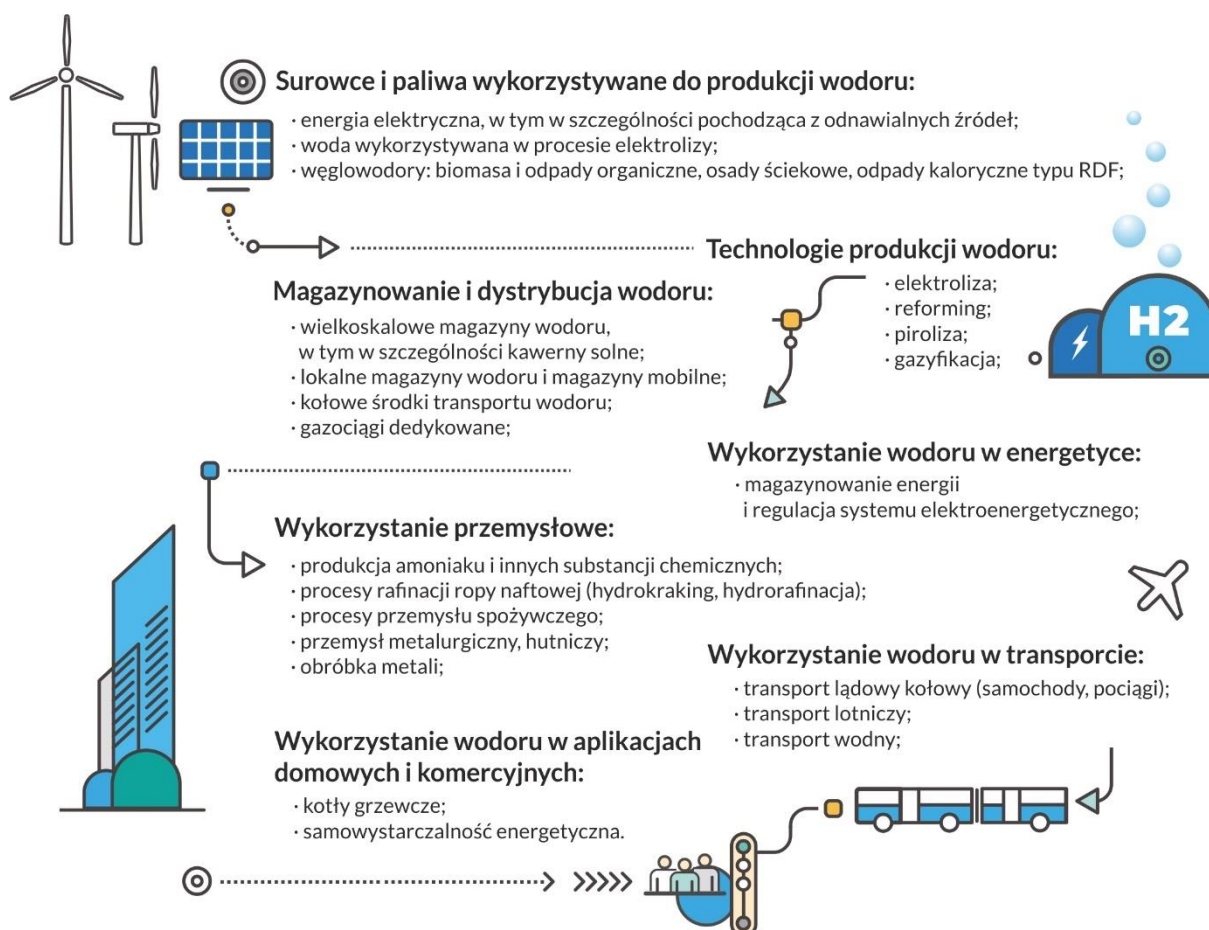
Wodór jest magazynem i nośnikiem energii, umożliwiającą dekarbonizację transportu i przemysłu. Energia elektryczna przetworzona do postaci wodoru (lub jego pochodnych: amoniaku, metanolu, paliw syntetycznych) może być w tej postaci magazynowana w dłuższym okresie. Energię „ulokowaną” w wodorze można w dowolnym momencie pozyskać, poprzez użycie wodoru w turbinach gazowych lub ogniwach paliwowych, bądź też wtłoczyć do sieci gazowej (jako domieszka do gazu ziemnego lub przetworzyć do metanu w procesie metanizacji). Substancje powstałe na bazie wodoru, takie jak amoniak, metanol, czy paliwa syntetyczne, mogą być wykorzystywane jako paliwo w środkach transportu lub w procesach przemysłowych. Przytoczone przykłady to zaledwie część możliwości wykorzystania wodoru.

Wodór jako narzędzie redukcji emisji CO₂

Główne obszary zastosowań wodoru pozwalają na dekarbonizację sektorów gospodarki. Spalanie wodoru (bezpośrednie lub w ogniwach paliwowych) nie wiąże się z emisją CO₂, a reakcja wodoru z dwutlenkiem węgla pozwala na wytwarzanie paliw syntetycznych, które mogą znaleźć zastosowanie m.in. w transporcie lotniczym. Wodór to także kluczowy składnik amoniaku, który wykorzystywany jest w procesie produkcji nawozów. Szerokie

spektrum metod pozyskiwania wodoru pozwala na stopniową redukcję kosztów i optymalizację modeli biznesowych pod kątem określonych zastosowań.

Podstawowa funkcja wodoru, tj. medium integrujące systemy energetyczne, określa kształt docelowego ekosystemu gospodarki wodorowej, na który składają się głównie:



Uniezależnienie się od paliw kopalnych oraz bezpieczeństwo energetyczne

Powszechne wykorzystanie wodoru w transporcie, energetyce oraz energochłonnych gałęziach przemysłu pozwala na redukcję zużycia paliw kopalnych. W sytuacji ograniczonej podaży własnych zasobów naturalnych Europy, wodór pozwala na zmniejszenie zależności od importowanego gazu ziemnego, ropy naftowej, a także węgla kamiennego. Większa samowystarczalność energetyczna Europy ogranicza możliwości wpływu sytuacji geopolitycznej na jej rozwój.

Wodór to wzrost innowacyjności

Transformacja energetyczna z wykorzystaniem źródeł odnawialnych i technologii wodorowych bywa porównywana z rewolucją przemysłową, która wiązała się z powszechnym wykorzystaniem mocy pary i mechanizacji produkcji. Wodór, ze względu na swój uniwersalny charakter, stanowi bodziec do rozwoju nowych technologii w wielu gałęziach gospodarki. Wymaga redefiniowania dotychczasowych paradygmatów i strategicznego, kompleksowego spojrzenia na wiele gałęzi gospodarki. Oznacza rewolucję dla przedsiębiorców, ale też dla systemu edukacji, jak i dla samych konsumentów.

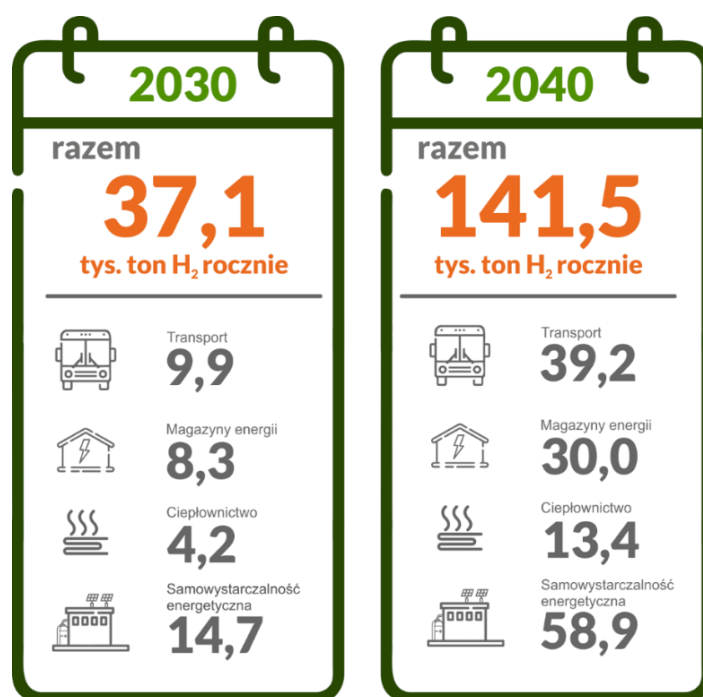
Wielkopolska chce wskazywać kierunek transformacji bazującej na technologiach wodorowych. Podjęte działania na szczeblu Unii Europejskiej wskazują na nieuchronność zmian, do których należy się odpowiednio przygotować.

3.2 Potencjał Wielkopolski w zakresie rozwoju rynku wodoru

Budowa i rozwój ekosystemu gospodarki wodorowej

Polska jest obecnie wiodącym producentem wodoru na świecie. Wolumen około 1 mln ton rocznie wykorzystywany jest głównie do produkcji nawozów oraz w procesach rafinacji ropy naftowej. Dzisiaj jest to wodór pozyskiwany z gazu ziemnego, a sam proces wiąże się z emisją znaczących ilości CO₂. Unijne wymagania prowadzą do zastąpienia „szarego” wodoru wodorem zeroemisyjnym już w 2030 roku. W związku z tym, **krajowy popyt na wodór pozyskiwany metodami odnawialnymi wyniesie 290-460 tys. ton H₂². Pokrycie takiego zapotrzebowania wymaga inwestycji w elektrolizery o mocy nawet 4,5 GW oraz dedykowanych źródeł wytwórczych OZE o mocy około 10 GW.** Na koniec 2021 roku, wielkość mocy zainstalowanej w farmach fotowoltaicznych i wiatrowych w Polsce wynosiła 8,9 GW. Jednak obecne zapotrzebowanie krajowego systemu energetycznego nie daje możliwości wykorzystania tego potencjału do produkcji wodoru. Także planowane inwestycje w rozwój mocy wytwórczych są ukierunkowane na zaspokojenie bieżących potrzeb systemu elektroenergetycznego, podnosząc jednocześnie poziom wskaźników udziału źródeł odnawialnych w miksie energetycznym.

Przeprowadzone wyliczenia wskazują, że w perspektywie 2030 roku zapotrzebowanie na niskoemisyjny wodór w województwie wielkopolskim wyniesie blisko 40 tys. ton. Natomiast w perspektywie 2040 zapotrzebowanie osiągnie poziom ponad 140 tys. ton.



Główni przemysłowi „konsumenci” wodoru znajdują się poza regionem. Podstawowe zastosowanie wodoru w kraju - wykorzystanie w produkcji nawozów oraz w procesie rafinacji ropy naftowej będą determinować rozwój krajowego rynku wodoru w perspektywie roku 2030.

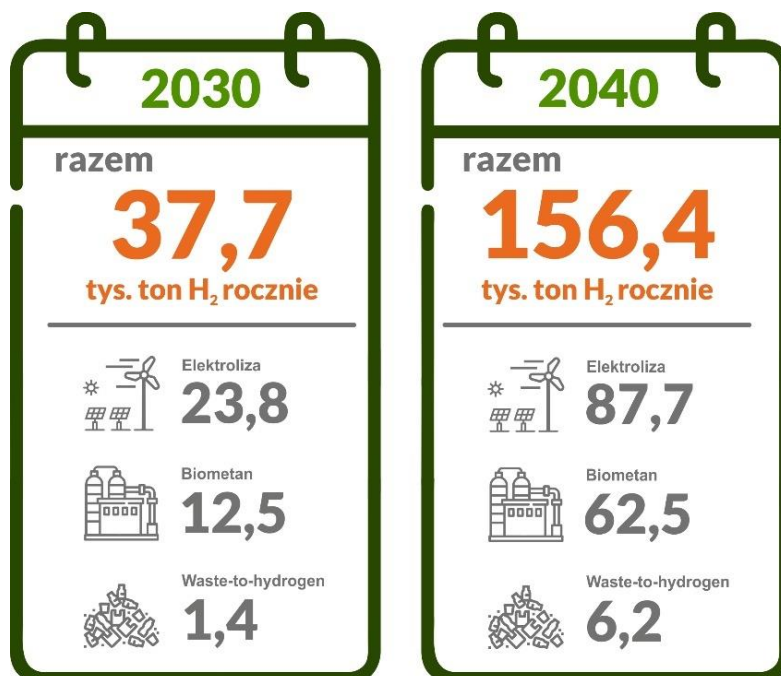
² Analizy własne w oparciu o dane nt. wielkości produkcji wodoru w Polsce zawarte m.in. w „Polskiej Strategii Wodorowej do roku 2030” oraz z uwzględnieniem projektowanych regulacji w ramach pakietu Fit for 55, REPower EU.

Wskazane jest podjęcie działań ukierunkowanych na budowę potencjału produkcyjnego Wielkopolski w skali pozwalającej pokryć co najmniej lokalne zapotrzebowanie na wodór. Każda nadwyżka w bilansie wodorowym Wielkopolski będzie stanowić ważny wkład w procesy dekarbonizacyjne krajowego przemysłu. Z tego powodu, rozwój lokalnego potencjału musi być skorelowany z działaniami pozwalającymi na integrację lokalnego rynku z krajowym i międzynarodowym układem przesyłowym.

Ścieżka dochodzenia do modelu zrównoważonego i samowystarczalnego systemu wodorowego

Szacunki potencjału Wielkopolski w zakresie produkcji wodoru zero- lub niskoemisyjnego wskazują, że **istniejąca baza surowcowa oraz możliwości rozwoju źródeł odnawialnych w regionie pozwalają na wyprodukowanie około 500 tys. ton H₂ rocznie.**

Rozwój potencjału produkcyjnego będzie przebiegał stopniowo i jest uwarunkowany szeregiem czynników o charakterze technicznym oraz regulacyjnym. Zakładany poziom produkcji zero- oraz niskoemisyjnego wodoru na poziomie blisko 40 tys. ton w 2030 roku pozwoli na zaspokojenie potrzeb lokalnego rynku wodoru. W perspektywie roku 2040 moce produkcyjne wzrosną do poziomu ok. 150 tys. ton rocznie.



Elektroliza

Elektroliza bazująca na źródłach odnawialnych (energii elektrycznej z farm wiatrowych i fotowoltaicznych) pozwala na produkcję wodoru całkowicie zeroemisyjnego, jednocześnie gwarantującego wysoką czystość (99,999% - wodór 5.0), co jest niezwykle istotne z punktu widzenia unijnych regulacji (przekładających się na możliwości finansowania projektów) oraz spodziewanego wykorzystania w transporcie.

Dobre warunki wietrzności w regionie korespondują z faktycznym poziomem rozwoju energetyki wiatrowej. Według stanu na koniec 2021 roku, w województwie wielkopolskim zainstalowanych było 919 MW w lądowych farmach wiatrowych. Dodatkowo, w 2022 roku oddano do eksploatacji kilka dużych projektów, w tym farmę 70 MW Budzyń w powiecie chodzieskim, farmę 18 MW w gminie Rychwał w powiecie konińskim, 18,8 MW Rozdrażew w powiecie krotoszyńskim, czy 12,8 MW Olszówka w powiecie tureckim. W wyniku zrealizowanych inwestycji wielkość zainstalowanej mocy w farmach wiatrowych w woj. wielkopolskim wyniosła co najmniej 1 036 MW.

Jednocześnie, zgodnie z danymi URE, według stanu na koniec 2021 roku w województwie wielkopolskim było 254,122 MW mocy zainstalowanych w elektrowniach fotowoltaicznych (dane nie obejmują fotowoltaiki prosumenckiej).

Wielkopolska dysponuje relatywnie wysokim potencjałem do produkcji wodoru w procesie elektrolizy, wynikającym z korzystnych warunków środowiskowych. Istniejące ograniczenia przyłączenia nowych źródeł wytwórczych do sieci energetycznej są zarówno barierą, jak i szansą dla producentów wodoru. Zastosowanie elektrolizerów zwiększa stabilność funkcjonowania sieci. Istnieje też możliwość inwestycji w dedykowane źródła wytwórcze zintegrowane z układami elektrolizerów. Istotne dla produkcji wodoru w procesie elektrolizy jest zniesienie barier regulacyjnych rozwoju sektora OZE w Polsce.

Możliwości produkcji wodoru w procesie elektrolizy oraz potencjał Wielkopolski w tym zakresie został opisany w rozdziale 8.1.

Biogaz

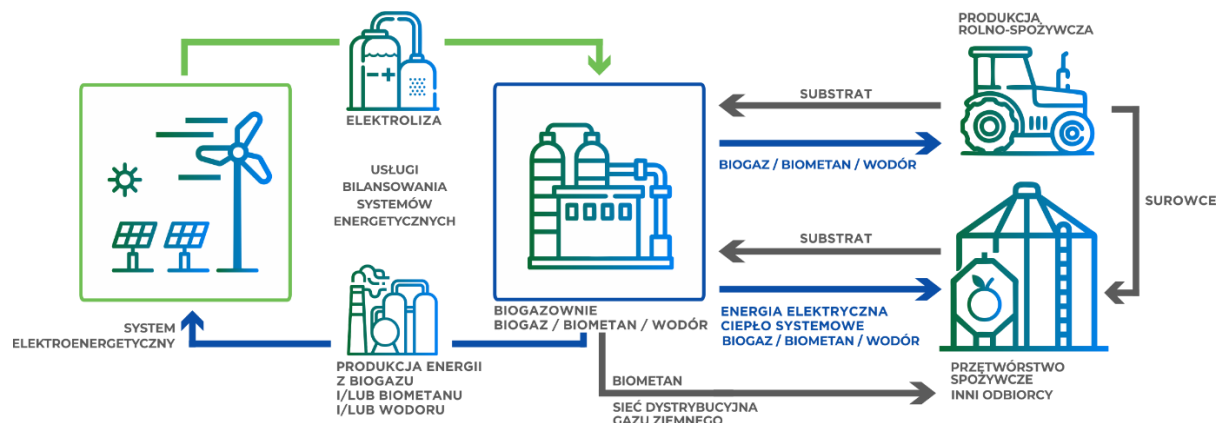
Poza elektroenergetyką i ciepłownictwem, wiodącym emitentem CO₂ w Wielkopolsce jest przemysł rolnospożywczy, a w tym cukrownie, gorzelnie i destylarnie oraz hodowla zwierząt. Z jednej strony przemysł ten jest celem procesów dekarbonizacji, z drugiej, procesy produkcyjne przetwórców spożywczych generują stały strumień surowca do produkcji biogazu.

Inwestycje w biogazownie bazujące na odpadach, zgodnie z obowiązującymi i projektowanymi regulacjami Unii Europejskiej, pozwalają na produkcję biogazu i/lub biometanu oraz niskoemisyjnego wodoru. Dzięki temu, rozszerza się potencjalny obszar oddziaływania biogazowni na lokalny rynek energii. Biogazownia może stanowić lokalne źródło: metanu pochodzenia organicznego (biogazu, biometanu) dla sieci gazowej, energii elektrycznej, ciepła systemowego oraz niskoemisyjnego wodoru do zastosowania w budownictwie, przemyśle rolnospożywym oraz jako paliwo w transporcie, w tym do napędu maszyn rolniczych. Integracja z sektorem odnawialnych źródeł energii, sektorem gazowym, ciepłowniczym, elektroenergetycznym pozwala na optymalizację modelu biznesowego ich pracy oraz świadczenie usług bilansowania rynku paliw i energii. Rozwojowi gospodarki wodorowej w oparciu o biogazownie może towarzyszyć rozwój niezależnej sieci tankowania pojazdów HRS.

Możliwości produkcji wodoru z biometanu oraz potencjał Wielkopolski w tym zakresie został opisany w rozdziale 8.2.

RYSUNEK 3

Wybrane strumienie surowców i energii w funkcjonowaniu biogazowni



Źródło: Opracowanie NEXUS Consultants sp. z o.o.

Piroliza metanu / biometanu

Nową, obiecującą technologią pozwalającą na dekarbonizację łańcucha zaopatrzenia w energię jest piroliza metanu / biometanu. Piroliza metanu polega na termicznym rozkładzie metanu na jego składniki, czyli wodór i węgiel. Zaletą tego procesu jest brak emisji CO₂ podczas reakcji. Emisyjność tej technologii można zatem sprowadzić do zanieczyszczeń powstałych przy produkcji energii elektrycznej, wymaganej do przeprowadzenia reakcji oraz generowanych podczas wydobywania i transportu gazu ziemnego. Emisje powstałe w procesie pirolizy metanu są znacznie niższe niż te pochodzące z dobrze ugruntowanych technologii produkcji wodoru opartych na paliwach kopalnych, np. w drodze reformingu parowego.³ Węgiel wytrącany jest w postaci sadzy, grafitu, grafenu, czy nanorurek i może mieć różne zastosowania przemysłowe lub być w sposób bezpieczny przechowywany.

Inne metody pozyskiwania niskoemisyjnego wodoru**Waste-to-hydrogen**

Metody konwersji W2H (Waste-to-hydrogen) można podzielić na procesy termochemiczne (np. piroliza, gazyfikacja) i biochemiczne (np. ciemna fermentacja i fotofermentacja) różniące się od siebie wsadem surowcowym, wymaganiami energetycznymi, warunkami pracy (temperaturami i ciśnieniami), czasem reakcji i końcową wydajnością.

Dostępne technologie pozwalają na produkcję wodoru m.in. z odpadów organicznych, nierecyklingowanych odpadów z tworzyw sztucznych, z odpadów typu RDF (Refuse Derived Fuel), czy osadów ściekowych. Surowce te umożliwiają produkcję wodoru przy bardzo niskiej lub wręcz zerowej emisji CO₂. Wodór pozyskiwany tymi metodami w nomenklaturze przepisów UE klasyfikowany jest jako Recycled Carbon Fuel (pochodzący z recyklingu paliw węglowych). Zgodnie z Aktem Delegowanym z 10.02.2023 do Dyrektywy EU 2018/2001⁴, do obliczenia śladu węglowego z produkcji wodoru uwzględnia się cały łańcuch życia produktu oraz potencjalną redukcję emisji względem alternatywnego wykorzystania surowca. Oznacza to, że możliwe jest wyprodukowanie niskoemisyjnego wodoru z surowca, dla którego potencjalną, alternatywną ścieżką utylizacji jest np. wysokoemisyjne spalanie. Dodatkowo, jeśli równolegle z produkcją wodoru powstają też inne produkty (np. gaz

³ Methane Pyrolysis for Zero-Emission Hydrogen Production: A Potential Bridge Technology from Fossil Fuels to a Renewable and Sustainable Hydrogen Economy Nuria Sánchez-Bastardo, Robert Schlögl, and Holger Ruland Industrial & Engineering Chemistry Research 2021 60 (32), 11855-11881 DOI: 10.1021/acs.iecr.1c01679

⁴ https://energy.ec.europa.eu/system/files/2023-02/C_2023_1086_1_EN_ACT_part1_v5.pdf

syntezowy), to emisje CO₂ z tego procesu obciążają wodór jedynie w proporcji odpowiadającej udziałowi wartości energetycznej wodoru w sumie wartości energetycznej wszystkich produktów procesu.

Wykorzystanie tworzyw sztucznych i innych węglowodorów do produkcji wodoru w procesie pirolizy rozwiązuje ważny problem zagospodarowania odpadów nienadających się do recyklingu. Dotychczas, możliwości ograniczały się do składowania, termicznego przekształcania (bez produkcji wodoru) lub spalania - jako paliwo alternatywne. Jednak wskazane metody przyczyniają się do zwiększonych emisji CO₂. Technologie z grupy Waste-to-hydrogen umożliwiają też uzyskanie wodoru wysokiej czystości.

Alternatywne metody wytwarzania wodoru niskoemisyjnego wraz z charakterystyką potencjału Wielkopolski w tym obszarze zostały opisane w rozdziale 8.3.

Uczestnicy ekosystemu wodorowego

Dywersyfikacja metod wytwarzania zero- i niskoemisyjnego wodoru pozwala na integrację różnych branż gospodarczych oraz tworzenie modeli biznesowych ukierunkowanych na dekarbonizację wysokoemisyjnych sektorów. Nowa, kształtująca się gałąź wielkopolskiej gospodarki umożliwi wzrost innowacyjności sektora rolniczego oraz rozwój rozproszonych źródeł zielonej energii.

Powszechna dostępność zero- i niskoemisyjnego wodoru stworzy możliwości wdrożenia nowoczesnych, zeroemisyjnych środków transportu zbiorowego oraz zwiększy bezpieczeństwo energetyczne regionu. Do potencjalnych beneficjentów zmian należy też branża logistyczna, energetyczna, gazownictwo i ciepłownictwo, a także samorządy, realizujące zadania publiczne związane z transportem, czy gospodarką komunalną.

3.3 Wielkopolska jako aktywny uczestnik gospodarki wodorowej

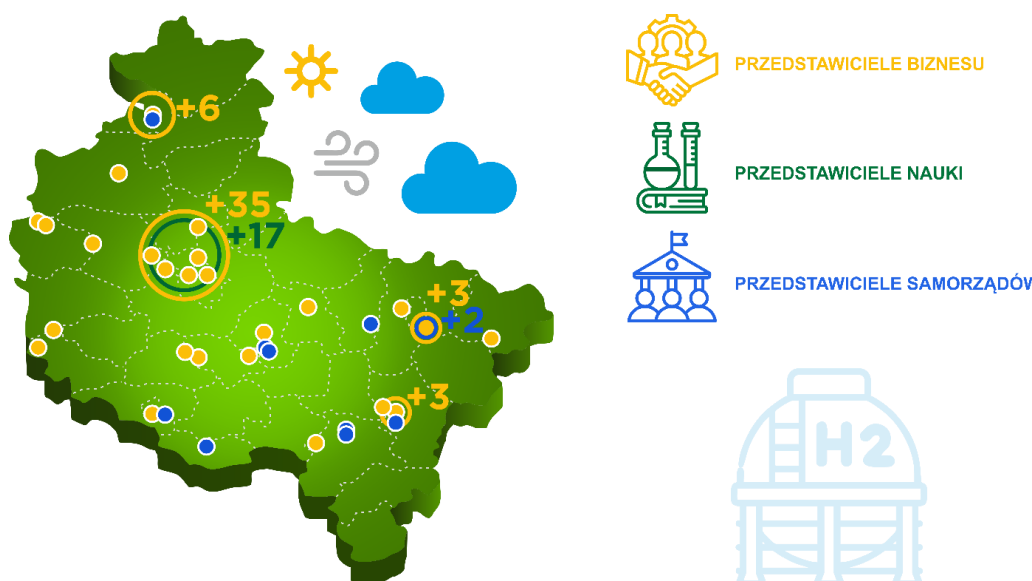
Samorząd Województwa Wielkopolskiego od 2018 r. aktywnie pracuje na rzecz wsparcia rozwoju i wdrażania rozwiązań gospodarki nisko i zeroemisyjnej, w szczególności opartych o wykorzystanie wodoru jako nośnika energii. Poniżej podano przykłady aktywności samorządu regionalnego oraz przedsiębiorstw w obszarze technologii wodorowych.

Wielkopolska Platforma Wodorowa

Wielkopolska Platforma Wodorowa (WPW) została utworzona przez Zarząd Województwa Wielkopolskiego w 2019 roku. Jest organem opiniotwórczym i doradczym w zakresie technologii zero- i niskoemisyjnych, w tym wodorowych. Od czasu powołania do WPW przystąpiło ponad 130 przedstawicieli biznesu, nauki, samorządów oraz środowisk obywatelskich. Uczestnicy WPW, poza wymianą doświadczeń oraz możliwością wpływania na politykę regionu, angażują się w projekty województwa wielkopolskiego ukierunkowane na podnoszenie potencjału technologicznego w obszarze wodoru.

RYSUNEK 4

Lokalizacja członków (z paneli biznesu, nauki i samorządów) Wielkopolskiej Platformy Wodorowej



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych Wielkopolskiej Platformy Wodorowej.

Wśród członków WPW są firmy, które mogą zaistnieć w różnych ogniwach łańcucha gospodarki wodorowej. Są to podmioty dysponujące potencjałem wytwórczym ze źródeł odnawialnych lub dysponujące bazą surowcową do produkcji wodoru metodami termolizy. Są także wytwórcy urządzeń i komponentów, którzy mogą stanowić zaplecze dla producentów elektrolizerów, ogniw paliwowych, czy całych systemów wytwórczych wodoru. Mowa tu m.in. o dostawcach systemów automatyki, firmach świadczących usługi obróbki precyzyjnej, producentach urządzeń chłodniczych, urządzeń pomiarowych, czy zaworów. Są również przedstawiciele głównych segmentów odbiorców wodoru, tj. logistyki, branży spożywczej, transportu zbiorowego i innych. W skład gremium wchodzi również przedstawiciele nauki z wielkopolskich uczelni wyższych np. Politechniki Poznańskiej, Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, czy Uniwersytetu Przyrodniczego oraz instytutów badawczo-rozwojowych, np. Sieci Badawczej Łukasiewicza i instytutów PAN. Administracja publiczna reprezentowana jest przez wielkopolskie samorządy m.in. miasta Kalisz, Konin, Leszno, Ostrów Wielkopolski, Piła i Poznań.

TABELA 1

Wybrane aktywności samorządu w obszarze gospodarki wodorowej

Wielkopolska Dolina Wodorowa	5 lipca 2021 r. w Urzędzie Marszałkowskim Województwa Wielkopolskiego w Poznaniu odbyło się uroczyste podpisanie Deklaracji o woli powołania Wielkopolskiej Doliny Wodorowej. Inicjatywa potwierdza wolę współpracy wszystkich sygnatariuszy Porozumienia na rzecz rozwoju gospodarki wodorowej w regionie, zaangażowania w rozwój całego krajowego ekosystemu opartego o technologie wodorowe.
Projekt „Gospodarna 2050 – H2Wielkopolska”	Głównym celem projektu „Gospodarna 2050 – H2Wielkopolska” była promocja gospodarcza oraz budowa marki „H2Wielkopolska- kierunek wodór” dla wzmocnienia konkurencyjności wielkopolskich MŚP na arenie międzynarodowej poprzez wspieranie tworzenia regionalnego ekosystemu gospodarki nisko i zeroemisyjnej. Projekt obejmował m.in. wstępny etap pracy z MŚP dostrzegającymi szanse biznesowe na rozwijającym się rynku branży wodorowej w całym łańcuchu dostaw.

	Podejmowane działania: ■ audyty wodorowe oraz doradztwo ekspertów ds. technologii i rynku wodorowego dla 20 MŚP z Wielkopolski, które były zainteresowane włączeniem się w łańcuch dostaw i wartości gospodarki wodorowej https://h2wielkopolska.pl/portfolio/, ■ dostęp do bazy wiedzy nt. gospodarki wodorowej m.in. analizy rynków zagranicznych w obszarze gospodarki wodorowej (Francja, Niemcy, Wielka Brytania), ■ działania promujące tematykę gospodarki wodorowej, w tym profile na FB, Linked-in, platforma internetowa www.h2wielkopolska.pl, ■ cykl konferencji pod hasłem H2Wielkopolska – kierunek wodór formuła on-line: Poznań, Piła, Leszno, stacjonarnie konferencja pt.: Wielkopolska Dolina Wodorowa – edukacja dla wodoru, ■ udział w zagranicznych targach w ramach stoiska regionalnego województwa wielkopolskiego, konferencjach, wizyty w podmiotach budujących ekosystem gospodarki wodorowej – The Hydrogen Technology Conference & Expo 2021 – Brema (Niemcy), Hydrogen + Fuel Cells EUROPE 2022 – Hanower (Niemcy), International Hydrogen & Fuel Cell Expo 2022 – Tokio, (Japonia), wizyta w Centrum Innowacji Ogniw Paliwowych w Manchesterze oraz domu wodorowym w Northern Gas Networks (Wielka Brytania).
Projekt „Budowa systemu wsparcia wysokiej jakości projektów B+R+I, w szczególności rozwijających technologie nisko i zeroemisyjne, ze szczególnym uwzględnieniem wodoru” (BSW)	Głównym celem projektu jest tworzenie sieci współpracy, rozpowszechnianie informacji o gospodarce wodorowej oraz wsparcie w prowadzeniu i wdrażaniu innowacyjnych rozwiązań z obszaru technologii nisko i zeroemisyjnych, w szczególności dot. możliwości wykorzystywania wodoru jako nośnika energii. Projekt zakłada działania zwiększające popyt wśród przedsiębiorców na rozwiązania, produkty, usługi zeroemisyjne oraz wzmacniające prowadzenie Procesu Przedsiębiorczego Odkrywania, którego wynikiem ma być nowa międzysektorowa Inteligentna Specjalizacja Regionu dotycząca wykorzystania technologii wodorowych. Podejmowane działania: ■ Wielkopolska Platforma Wodorowa – platforma współpracy między środowiskami biznesu, nauki, samorządów lokalnych oraz środowisk obywatelskich na rzecz budowy nisko i zeroemisyjnej gospodarki w województwie wielkopolskim. 4 panele: Biznesu, Nauki, Liderów Samorządowych i Obywatelski. ■ Cykl wydarzeń promujących wykorzystanie technologii wodorowych - konferencje o tematyce wodorowej, Start-up Day, H2Wielkopolska Showroom. Celem działań było tworzenie sieci interakcji pomiędzy podmiotami, obejmującej sektor publiczny i prywatny w celu budowy gospodarki wodorowej i rozpowszechniania informacji o technologiach wodorowych oraz zwiększenie wiedzy odbiorców z różnych środowisk w tym zakresie. ■ Roadshow – podniesienie świadomości społeczeństwa Wielkopolski na temat technologii wodorowych poprzez prezentację m.in. pojazdu wodorowego wraz z urządzeniami wykorzystującymi wodór oraz z dodatkowymi elementami informacyjnymi. ■ Szkoła Wodorowa – inicjatywa ma za zadanie rozpowszechnienie informacji o wykorzystaniu wodoru, technologiach wodorowych i możliwości społeczno-gospodarczych związanych z ich zastosowaniem, wpływie gospodarki wodorowej na stan środowiska naturalnego, a także rozwijanie zainteresowania tematyką energii odnawialnej wśród uczniów i studentów. Do „Szkoły Wodorowej” przystąpiło 41 szkół ponadpodstawowych oraz 8 uczelni wyższych z Wielkopolski. W 2021 r. został opracowany pierwszy w języku polskim podręcznik, który posłużył do uzupełnienia programu nauczania w ramach lekcji fizyki,

	chemii, biologii o tematykę związaną z wodorem i technologiami wodorowymi. ▪ Dokumenty strategiczno-analityczne - opracowania „Światowy łańcuch dostaw i wartości gospodarki wodorowej” oraz „Szanse dla wielkopolskiej gospodarki w realizacji strategii Czysta planeta dla wszystkich”.
Środkowoeuropejskie Forum Technologii Wodorowych H2Poland - Samorząd Województwa Wielkopolskiego Gospodarzem Regionem	Samorząd Województwa Wielkopolskiego wspólnie z Międzynarodowymi Targami Poznańskimi był gospodarzem targów H2Poland, (17-18 maja 2022 r., Poznań). Wydarzenie było platformą wymiany eksperckiej wiedzy podczas konferencji i debat połączonych z ekspozycją najnowszych rozwiązań poświęconych nisko i zeroemisyjnej gospodarce. W targach wzięło udział ponad 30 wystawców, 100 prelegentów i 1500 uczestników.
Partnerstwo Dolin Wodorowych (H2 Valleys S3) w ramach platformy IS	12 kwietnia 2022 r. Województwo Wielkopolskie dołączyło do partnerstwa S3, którego najważniejszymi celami są m.in.: komercjalizacja i rozwój gotowości technologicznej aplikacji wodorowych, umożliwienie współpracy pomiędzy regionami w aspekcie inwestycji w rozwój gospodarki wodorowej, wzmocnienie elementów łańcucha dostaw i wartości technologii wodorowych, zwiększenie produkcji zielonego wodoru, czy też aktywne kształtowanie polityki UE w zakresie wodoru. Przedstawiciele Urzędu Marszałkowskiego WW uczestniczą w organizowanych spotkaniach. Więcej informacji: https://s3platform.irc.ec.europa.eu/hydrogen-valleys
List intencyjny o współpracy na rzecz rozwoju technologii wodorowych w województwie wielkopolskim ze szczególnym uwzględnieniem sektora transportu	W dniu 6 czerwca 2022 r. pomiędzy województwem wielkopolskim, SIEMENS MOBILITY sp. z o.o., PKP Energetyka S.A., Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznańskim Instytutem Technologicznym, Uniwersytetem Przyrodniczym w Poznaniu i Politechniką Poznańską zawarty został <i>List intencyjny o współpracy na rzecz rozwoju technologii wodorowych w województwie wielkopolskim ze szczególnym uwzględnieniem sektora transportu</i>. Celem Listu jest wspólne stworzenie Programu Badawczo – Rozwojowego Wielkopolska Wodorowa ZIELONA KOLEJ® oraz jego realizacja. Zamiarem sygnatariuszy jest przede wszystkim wypracowanie metody wdrażania szynowych pojazdów wodorowych, a także infrastruktury wodorowej towarzyszącej w kolejowym transporcie regionalnym, przy wykorzystaniu w szczególności zielonego wodoru. Przedstawiciele Urzędu Marszałkowskiego WW uczestniczą w organizowanych spotkaniach.
Udział w wydarzeniach poświęconych tematyce wodorowej w transporcie kolejowym	W dniach 22-23 czerwca 2021 r. przedstawiciele UMWW uczestniczyli w prezentacji pierwszego na świecie wodorowego pasażerskiego pojazdu kolejowego ALSTOM Coradia iLint. Prezentacja połączona z dyskusją nt. wykorzystania wodoru w transporcie kolejowym odbyła się na torze doświadczalnym Instytutu Kolejnictwa w Żmigrodzie. 7 lutego 2023 r. Warszawa – udział w konferencji zorganizowanej przez PESA Bydgoszcz S.A. oraz Polski Fundusz Rozwoju pn. Pasażerskie pojazdy szynowe zasilane wodorem, stacje tankowania i instrumenty wsparcia inwestycji w bezemisyjny tabor oraz infrastrukturę tankowania.

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych Urzędu Marszałkowskiego Województwa Wielkopolskiego.

Inne, wybrane inicjatywy sektora prywatnego

Lider procesów dekarbonizacji w sektorze energetycznym – ZE PAK SA

Jeden z głównych producentów energii elektrycznej oraz jej największy wytwórca w Wielkopolsce – ZE PAK SA – wdrożył strategię całkowitego zaprzestania wykorzystania paliw kopalnych najpóźniej do 2030 roku. Postanowienia ZE PAK SA oznaczają transformację gospodarczą, społeczną i środowiskową całego regionu Wielkopolski Wschodniej.

Do wiodących inicjatyw realizowanych w ramach strategii należą inwestycje w nowe, odnawialne źródła wytwórcze, w tym inwestycja w produkcję wodoru.

Pionierska instalacja wytwarzania wodoru

ZE PAK SA otrzymał dofinansowanie z Innovation Fund na realizację inwestycji związanej z wytwarzaniem „zielonego” wodoru. Celem projektu jest budowa systemu elektrolizerów o łącznej mocy 5 MW, z której wyprodukowany wodór ma być wykorzystany do zasilania autobusów w transporcie zbiorowym. Docelowo, elektrolizery mają być zasilane energią elektryczną pochodzącą z instalacji fotowoltaicznej (60%) oraz od zewnętrznych dostawców (40%). W etapie przejściowym, do zasilania elektrolizerów będzie wykorzystywana energia pochodząca z istniejącej elektrowni biomasowej. Zakładane zdolności produkcyjne wynoszą 710 ton wodoru rocznie, co pozwoli na pokrycie zapotrzebowania około 84 autobusów.

RYSUNEK 5

Farma fotowoltaiczna ZE PAK SA w gminie Brudzew



Źródło: ZE PAK SA.

ZE PAK SA rozwija także produkcję polskiego autobusu zasilanego wodorem. Seryjna produkcja auta ma ruszyć w 2023 roku. Zakład produkcyjny jest zlokalizowany w Świdniku.

Firma podpisała też list intencyjny z koreańskim KHNP i PGE Polska Grupa Energetyczna S.A. w sprawie planu rozwoju elektrowni jądrowej w Pątnowie w oparciu o technologię APR1400. Wzrost mocy wytwórczych w elektrowniach jądrowych przy jednoczesnym rozwoju źródeł odnawialnych wpływa na wzrost zapotrzebowania na usługi regulacyjne (w tym magazyny energii bazujące na wodorze), co szerzej opisano w rozdziale 8.1 Wodór zeroemisyjny z elektrolizy.

SOLARIS – marka autobusów wodorowych

SOLARIS jest uznanym dostawcą autobusów z napędem ekologicznym. W ofercie na rok 2023 posiada dwa modele autobusów z napędem wodorowym.

Autobusy Urbino hydrogen są dostarczane do wielu europejskich miast, w tym: Bolzano, Kolonii i Wuppertal. Autobus wodorowy Solaris jest też eksploatowany przez zakład komunikacji w Koninie. Nowe dostawy są planowane m.in. do Niemiec, Hiszpanii, Austrii, Słowacji, a także do Poznania i Lublina.



Autobusy Solaris 18 Urbino hydrogen

Pierwsze wdrożenia wykorzystania wodoru w transporcie zbiorowym

Od 2021 roku MZK w Koninie, po udanych testach, eksploatuje autobus wodorowy SOLARIS 12 Urbino hydrogen. Tym samym jest to pierwsze miasto w Wielkopolsce, w którym użytkowany jest autobus wodorowy na regularnej linii. W przetargu sfinalizowanym w 2023 został wyłoniony dostawca kolejnego autobusu wodorowego, tj. PAK-PCE Polski Autobus Wodorowy.

Z kolei MPK Poznań podpisało w 2022 roku umowę z firmą SOLARIS na dostawę 25 autobusów 12 Urbino hydrogen. Zakup sfinansowano z programu Zielony Transport Publiczny. Dostawcą wodoru będzie PKN Orlen.

Innowacyjne lokalne inicjatywy



Wizualizacja osiedla "Zielone Wzgórze"

Inwestycja Społecznej Inicjatywy Mieszkaniowej w Pile Sp. z o.o. ukierunkowana jest na budowę osiedla ekologicznego „Zielone Wzgórze”.

Założenia obejmują wykorzystanie źródeł odnawialnych i technologii wodorowych oraz retencjonowania wody.

Gmina Śrem realizuje projekt osiedla, w którym ciepło ma być dostarczane z użyciem technologii zeroemisyjnego kotła wodorowego, dostarczanego przez polską spółkę SES Hydrogen.

4. PODSUMOWANIE ANALIZ STRATEGICZNYCH

Mocne i słabe strony rozwoju ekosystemu wodorowego

Poniżej zebrano wyniki analiz strategicznych w formie mocnych i słabych stron województwa wielkopolskiego w zakresie budowy ekosystemu wodorowego.

TABELA 2

Mocne strony Wielkopolski wodorowej

SILNA STRONA	UZASADNIENIE
S.1 Istniejące wdrożenia w obszarach technologii wodorowych	- Firmy z województwa wielkopolskiego zainicjowały szereg wielkoskalowych inicjatyw o dużym znaczeniu dla rozwoju rynku wodoru. Do najważniejszych inicjatyw należy zaliczyć inwestycję ZE PAK SA. w produkcję wodoru w oparciu o system elektrolizerów zasilany energią z biomasy, czy zakup 25 autobusów wodorowych przez MPK Poznań. - Możliwość zbierania doświadczeń z eksploatacji pojazdów zasilanych wodorem oraz z eksploatacji HRS (stacji tankowania wodoru).
S.2 Potencjał produkcji wodoru ze źródeł odnawialnych	Korzystne warunki środowiskowe województwa wielkopolskiego dają możliwości produkcji zielonego wodoru na poziomie ok. 200 tys. ton rocznie. Jest to jednak uzależnione od możliwości technicznych realizacji inwestycji, a także od obowiązujących regulacji.
S.3 Potencjał produkcji wodoru z biogazu / biometanu	Duży potencjał produkcji wodoru z biogazu produkowanego na bazie odpadów. Potencjalne możliwości integracji z przemysłem rolno-spożywczym, będącym jednym z głównych obszarów wymagających dekarbonizacji. Przemysł rolno-spożywczy stanowi także źródło substratu do produkcji wodoru.
S.4 Silna pozycja przemysłu rolno-spożywczego w skali kraju	- Duża koncentracja podmiotów przemysłu rolno-spożywczego - dostępność potencjalnego surowca do produkcji wodoru z biogazu bazującego na odpadach przemysłu rolno-spożywczego. - Strona generująca popyt na nawozy azotowe (bazujące na amoniaku, do produkcji których wykorzystywany jest wodór), a także na paliwa syntetyczne (e-diesel) do zasilania maszyn rolniczych.
S.5 Potencjał produkcji wodoru z odpadów	Nowe technologie produkcji wodoru Waste-to-hydrogen pozwalają na przetwarzanie odpadów, w tym nierecyklingowanych tworzyw sztucznych do postaci wodoru. Są to procesy pozwalające na uzyskanie wodoru niskoemisyjnego oraz o wysokim stopniu czystości.
S.6 Potencjał branży motoryzacyjnej	Europejskie firmy będące dostawcami technologii i komponentów do kluczowych urządzeń gospodarki wodorowej, tj. elektrolizerów i ogniw paliwowych, wywodzą się z branży motoryzacyjnej. Ważne kompetencje obejmują precyzyjną obróbkę metali, automatyzację systemów produkcji, technologie pokrywania materiałów, powierzchnie przepuszczające gazy, konstrukcję maszyn, prototypów, produkcję zaworów, układów cyrkulacji, kompresorów, zbiorników gazów, testowania, pomiarów i inne. Wiele z tych kompetencji zlokalizowanych jest w woj. wielkopolskim. Jednak część wysokospecjalistycznych obszarów może wymagać wsparcia – do obszarów tych można zaliczyć

SILNA STRONA	UZASADNIENIE
	technologie pokrywania materiałów, czy powierzchnie przepuszczające gazy.
S.7 Ważny region przemysłowy w skali kraju, z istotną produkcją mebli, napojów, pojazdów, wyrobów tekstylnych, urządzeń elektrycznych. Duża liczba podmiotów z branży logistycznej (TSL)	▪ Duża koncentracja przetwórców przemysłowych i firm logistycznych oraz rozwój rynku e-commerce dają podstawy do rozwoju niskoemisyjnych środków transportu w logistyce – w transporcie realizowanym ciężarówkami, pojazdami dostawczymi, czy w obsłudze magazynów - wózkami widłowymi. ▪ Duża koncentracja przedsiębiorstw na tle kraju – produkcja mebli, przemysł samochodowy, produkcja urządzeń elektrycznych, wyrobów tekstylnych, napojów. Duża liczba przedsiębiorstw transportowych o zasięgu europejskim, podmiotów oferujących kompleksowe usługi logistyczne.
S.8 Istniejące struktury geologiczne pozwalające na budowę nowych wielkoskalowych magazynów wodoru w kawernach solnych	▪ W województwie wielkopolskim znajdują się wysady solne, które po wymaganej analizie można wykorzystać do budowy wielkoskalowych magazynów wodoru. Gaz-System SA planuje realizację tego typu magazynu w Damasławku, nieopodal granicy woj. wielkopolskiego. ▪ Lokalizacja wielkoskalowych magazynów wodoru w Wielkopolsce jest kluczowa z punktu widzenia integracji z projektowanym systemem przesyłu wodoru. Przez teren woj. wielkopolskiego ma przebiegać gazociąg umożliwiający transport wodoru z krajów nadbałtyckich do Europy Zachodniej. ▪ Możliwości wielkoskalowego magazynowania wodoru budują stabilność rynku wodoru i zwiększają atrakcyjność inwestycyjną regionu dla przemysłu niskoemisyjnego.
S.9 Położenie geograficzne	▪ Przez region przebiegają główne szlaki komunikacyjne: wschód – zachód, północ – południe (wpisujące się w sieć TEN-T), bliskość Niemiec – głównego „gracza” powstającej gospodarki wodorowej w Europie, na szlaku transportu wodoru z krajów nadbałtyckich w kierunku Europy Zachodniej. ▪ Wymagania w zakresie rozwoju infrastruktury tankowania wodoru w obrębie sieci TEN-T stwarzają możliwości realizacji inwestycji w stacje tankowania.
S.10 Otwartość samorządów lokalnych na innowacje	▪ Otwartość samorządów na innowacyjne rozwiązania w obszarze dekarbonizacji. Realizacja inicjatyw ukierunkowanych na wykorzystanie technologii wodorowych w gospodarce mieszkaniowej, np. „Zielone Wzgórza” w Pile.
S.11 Wielkopolska Platforma Wodorowa – aktywny kanał transferu wiedzy i komunikacji „wodorowej” wśród jej uczestników oraz do otoczenia	▪ Unikalna na skalę krajową platforma wymiany wiedzy w obszarze technologii wodorowych, pozwalająca na integrację środowiska uczestników rynku wodoru w Wielkopolsce.
S.12 Świadomość Zarządu województwa dotycząca współczesnych wyzwań w sferze klimatu, konieczności dekarbonizacji gospodarki, podniesienia jakości życia mieszkańców	▪ Realizacja inicjatyw ukierunkowanych na dekarbonizację głównych emitentów CO₂ w Wielkopolsce. ▪ Samorząd województwa dotychczas zrealizował szereg projektów, inicjatyw o tematyce wodorowej, co czyni Wielkopolskę liderem w skali kraju.
S.13 Koncentracja potencjału badawczo-rozwojowego w Poznaniu i powiecie poznańskim	▪ Jeden z największych ośrodków akademickich w kraju, z dużą liczbą studentów i nauczycieli akademickich, z uczelniami wysoko notowanymi w rankingach.

SILNA STRONA	UZASADNIENIE
S.14 Potencjał systemu ciepłowniczego	Na terenie Wielkopolski zlokalizowanych jest kilkanaście sieci ciepłowniczych, które potencjalnie mogłyby odbierać ciepło odpadowe z wytwarzania wodoru w elektrolizerach.
S.15 Inicjatywy edukacyjne, związane z gospodarką wodorową dla szkół podstawowych i średnich	Projekt Szkoła Wodorowa – darmowe materiały edukacyjne i dydaktyczne związane z wodorem dla zainteresowanych szkół z Wielkopolski.
S.16 Potencjał branży kolejowej	- W Poznaniu skoncentrowane są podmioty, posiadające wysoki potencjał badawczo – rozwojowy oraz produkcyjny wodorowego taboru kolejowego: Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny z Centrum Pojazdów Szynowych, H. Cegielski – Fabryka Pojazdów Szynowych sp. z o.o., Politechnika Poznańska. - Koleje Wielkopolskie sp. z o.o. będąca Operatorem publicznego transportu zbiorowego, w której 100% udziałów posiada samorząd województwa wielkopolskiego.

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.

TABELA 3
Słabe strony Wielkopolski wodorowej

SŁABA STRONA	UZASADNIENIE
W.1 Brak dużych krajowych wytwórców i konsumentów wodoru	- Do głównych producentów, a zarazem konsumentów wodoru, należą obecnie zakłady produkujące nawozy oraz rafinerie. Popyt na „zielony” wodór w tych podmiotach jest szacowany na ok. 300 tys. ton w 2030 roku. Tego typu podmioty nie występują w województwie wielkopolskim. - W województwie wielkopolskim, popyt na wodór spodziewany jest ze strony transportu. Istnieją też możliwości wykorzystania wodoru w ciepłownictwie oraz do bilansowania systemu elektroenergetycznego. Oszacowany potencjał produkcji wynosi około 500 tys. ton – od stopnia wykorzystania potencjału zależą potencjalne kierunki zagospodarowania wodoru. Poza rozwojem lokalnego rynku, wymagana jest integracja z krajowym systemem magazynowania i przesyłu wodoru.
W.2 Niewielka liczba specjalistów sektora technologii wodorowych na uczelniach wyższych w regionie	Specjaliści technologii wodorowych koncentrują się wokół nielicznych firm realizujących projekty wodorowe w Polsce. Ekskluzywność wiedzy utrudnia jej transfer w kierunku sektora edukacji, co przekłada się na ograniczone możliwości kształcenia w szkołach średnich i wyższych.
W.3 Niski stopień zaangażowania miast regionu w działania międzynarodowych stowarzyszeń i organizacji integrujących regiony, podejmujących tematykę dekarbonizacji, zrównoważonego rozwoju, czy zeroemisyjnego transportu	Zidentyfikowano szereg organizacji zrzeszających europejskie miasta oraz poruszających tematykę dekarbonizacji. Są to m.in.: Energy Cities (wymiana informacji w zakresie wdrażania polityk klimatycznych w miastach); Euro Cities (współpraca miast na rzecz podnoszenia jakości życia); POLIS (współpraca na rzecz wdrażania innowacyjnego transportu). Spośród setek miast członków tych stowarzyszeń, odnotowano tylko jedno polskie miasto (Częstochowa – POLIS).
W.4 Brak identyfikacji efektywnych modeli biznesowych w obszarze wytwarzania wodoru	Brak postrzegania potencjału wytwórczego wodoru przez pryzmat rynku i spodziewanego zapotrzebowania na wodór. Potencjalni uczestnicy rynku, w tym w szczególności podmioty świadczące usługi w zakresie gospodarki odpadami, są świadome możliwości wykorzystania surowca do produkcji wodoru. Jednakże budowa nowych przedsięwzięć powinna

SŁABA STRONA	UZASADNIENIE
	uwzględniać potencjalny kierunek zagospodarowania wodoru oraz wymagania jakościowe w tym zakresie (potrzeba dostarczenia wodoru niskoemisyjnego oraz o określonej czystości pod zidentyfikowane zastosowanie).
W.5 Niski poziom wiedzy społeczeństwa, przedsiębiorstw na temat wodoru, technologii wodorowych, możliwości jego zastosowań	Mimo podejmowanych działań, stopień wiedzy na temat spodziewanego kierunku rozwoju rynku wodoru jest wciąż niewielki. Brak przekonania co do nieuchronności zmian w gospodarce, ich skali i roli wodoru w tych zmianach.
W.6 Brak zasobów surowcowych do produkcji istotnych komponentów technologii wodorowych – ogniw paliwowych, elektrolizerów	Wymagania produkcji elektrolizerów i ogniw paliwowych wymuszają zastosowania metali szlachetnych (cer, iryd, nikiel, platyna, tytan). Jest to główna bariera wejścia w ten segment wytwarzania urządzeń. Rozwój potencjału produkcyjnego wymaga nawiązania współpracy z partnerami zagranicznymi i/lub zakupu odpowiednich licencji.
W.7 Bariera administracyjne w rozwoju instalacji wodorowych spowodowane czasem wydawania decyzji administracyjnych	- Rozmowy przeprowadzone z przedstawicielami podmiotów inwestujących w nowe jednostki wytwórcze wykorzystujące technologie wodorowe na terenie woj. wielkopolskiego wykazały, że proces wydawania decyzji administracyjnych, w tym w szczególności decyzji środowiskowych, jest obciążony dużą niepewnością co do samej decyzji, jak i czasu trwania procesu jej wydawania. - Brak kierunkowych wytycznych oraz doświadczeń w procedowaniu inwestycji związanych z produkcją wodoru metodą pirolizy węglowodorów. Traktowanie tego typu inwestycji na równi z instalacjami termicznego przekształcania odpadów.
W.8 Brak powszechnej znajomości, przez przedsiębiorców, rynku producentów urządzeń, instalacji wodorowych, technologii, co przekłada się na brak wiedzy o możliwościach włączenia się w łańcuch gospodarki wodorowej	Mimo dostępu do zróżnicowanych materiałów informacyjnych, przedsiębiorstwa mające potencjał do wejścia w obszar technologii wodorowych w dalszym ciągu dysponują niepełną wiedzą nt. wykorzystywanych technologii, kierunków ich rozwoju, czy kluczowych uwarunkowań regulacyjnych rynku wodoru. Wymagana jest kontynuacja działań mających na celu propagowanie użytecznej wiedzy.
W.9 Trudności w integracji środowiska biznesowego	Mimo takich inicjatyw jak Wielkopolska Platforma Wodorowa, przedstawiciele biznesu wciąż są niechętni do wymiany doświadczeń i budowy konsorcjów, co jest ważnym warunkiem przy aplikowaniu o finansowanie ze środków unijnych. Trudności w budowaniu lokalnych ekosystemów, integrujących obszary wytwarzania, dystrybucji i wykorzystania wodoru ograniczają możliwości identyfikacji efektywnych dolin wodorowych.

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.

Szanse i zagrożenia w formie analizy PEST

Szanse i zagrożenia dla rozwoju ekosystemu wodorowego w województwie wielkopolskim zebrano i uszeregowano według kryteriów analizy PEST, tj. wyszczególniono czynniki o charakterze politycznym, regulacyjnym, ekonomicznym, społecznym i technologicznym.

TABELA 4

Szanse i zagrożenia dla Wielkopolski wodorowej

POLITYCZNE I REGULACYJNE	SZANSE	ZAGROŻENIA
	O.1 Wzrost znaczenia wodoru w procesie dekarbonizacji europejskich gospodarek i wymagania dotyczące użycia „zielonego” wodoru w przemyśle i transporcie. Bieżąca sytuacja geopolityczna nie tylko nie zahamowała procesu promocji wodoru jako kluczowego instrumentu służącego dekarbonizacji gospodarek, ale spowodowała dążenia do zaostrzenia pierwotnie proponowanych wymagań. Wraz z rosnącymi wymaganiami w zakresie wykorzystania zielonego wodoru w przemyśle, czy transporcie, uruchamiane są nowe programy finansujące transformację. O.2 Przyjęta Strategia Wodorowa Polski, definiująca cele i kierunki działań w obszarze budowy i rozwoju gospodarki wodorowej. Wdrażanie unijnych ram dekarbonizacji gospodarek z wykorzystaniem wodoru do krajowych strategii. O.3 Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności. KPO obejmuje reformy, które mają na celu zwiększenie poziomu inwestycji w źródła odnawialne, a także realizację inwestycji w obszarze technologii wodorowych, w tym budowę elektrolizerów o mocy 320 MW do 2026 roku, budowę 25 stacji tankowania wodoru do 2026 roku. Zapisy KPO są poświadczeniem nieuchronności procesów dekarbonizacji gospodarek z udziałem wodoru w Europie. O.4 Nowelizacja Ustawy o elektromobilności w zakresie wymogu udziału pojazdów zeroemisyjnych w nowych zamówieniach. Nowelizacja z 2021 roku wprowadziła przepisy (artykuł 68a-68e), które określają minimalne limity pojazdów niskoemisyjnych w ramach nowych zamówień, ale nie odnoszą się do wcześniejszych limitów, a tym samym dotyczą one wszystkich jednostek samorządu terytorialnego, bez względu na liczbę mieszkańców.	T.1 Złożone regulacje w zakresie kwalifikacji oraz wymaganego udziału wodoru zero- i niskoemisyjnego. Przeprowadzone analizy wskazują na trudności w interpretacji unijnych wytycznych w zakresie kwalifikowalności wodoru zero- lub niskoemisyjnego. T.2 Brak rozwoju sektora OZE. Ograniczone możliwości inwestycji w nowe źródła wytwórcze, będące konsekwencją barier technicznych oraz regulacyjnych. Ograniczenie potencjału wytwórczego zielonego wodoru może skutkować potrzebą importowania wodoru z innych krajów. T.3 Brak liberalizacji rynku biogazu. Brak wdrożenia reform liberalizujących rynek biogazu, zgodnie z założeniami zaprezentowanymi w KPO. T.4 Sprawność i szybkość działań administracji publicznej, dotycząca wdrożenia technologii wodorowych. Brak sprawdzonych procedur administracyjnych zwiększa niepewność i ryzyko realizacji inwestycji w technologie wodorowe. T.5 Rygorystyczne wymagania prawno-administracyjne, w tym rygory pozyskania zgód środowiskowych na budowę stacji tankowania H₂. Niejasna sytuacja prawna, brak doświadczeń, utrudniają interpretację oraz wywołują niepewność co do możliwości realizacji inwestycji wodorowych. T.6 Ryzyko przeregulowania krajowego rynku wodoru. Konsultowane regulacje w ramach tzw. „Konstytucji dla wodoru” obejmowały niekorzystne zapisy dotyczące obowiązku pozyskiwania koncesji dla magazynowania wodoru. Ustanowienie wysokich barier wejścia na rynek wodoru może ograniczyć rozwój rozproszonych źródeł wytwórczych – co jest szczególnie istotne z punktu widzenia oczekiwanego ograniczenia kosztów związanych z transportem wodoru.

	SZANSE	ZAGROŻENIA
	O.5 Wzrost wymagań w zakresie raportowania emisji CO₂ dla przedsiębiorców oraz powiązanie emisji z kryteriami zamówień. Dążenia przedsiębiorców do ograniczania śladu węglowego będą przejawiały się także w sposobie nawiązywania relacji biznesowych – w tym w doborze kontrahentów w oparciu o kryterium emisji gazów cieplarnianych. O.6 Nowe wymagania w zakresie raportowania ESG, obejmujące poziom emisji. Wymagania w zakresie raportowania niefinansowego, obejmującego m.in. poziomy emisji gazów cieplarnianych w całym łańcuchu wartości. Wpływ na preferencje instytucji finansujących inwestycje – trudności w realizacji inwestycji obciążających klimat.	

EKONOMICZNE	SZANSE	ZAGROŻENIA
	O.7 Dostępne programy finansujące inwestycje w obszarze technologii wodorowych. Nowe środki dystrybuowane w ramach unijnych i krajowych programów ukierunkowanych na rozwój technologii wodorowych. O.8 Środki z Funduszu Sprawiedliwej Transformacji dla Wielkopolski Wschodniej. Dedykowane środki na rozwój gospodarki niskoemisyjnej, obejmującej inwestycje w technologie wodorowe na obszarze Wielkopolski Wschodniej. O.9 Ukierunkowanie interwencji planowanej z funduszy europejskich w perspektywie 2021-2027 na wspieranie projektów uwzględniających cele środowiskowe. Możliwości pozyskania finansowania na inwestycje związane z technologiami wodorowymi.	T.7 Brak środków z KPO. Brak realizacji reform i programów inwestycji wodorowych ujętych w KPO. T.8 Wzrost konkurencji w pozyskiwaniu surowców, wykorzystywanych w technologiach wodorowych, zasobów finansowych dedykowanych rozwojowi gospodarki wodorowej. Rosnąca dojrzałość rynku technologii wodorowych zwiększa też bariery wejścia na ten rynek. T.9 Niska opłacalność inwestycji „wodorowych”, co utrudnia ich popularyzację i implementację w wielu zastosowaniach w: transporcie, energetyce, przemyśle, gospodarstwach domowych. Obecny poziom rozwoju technologii wymusza realizację inwestycji z udziałem finansowania zewnętrznego.

SPOŁECZNE	SZANSE	ZAGROŻENIA
	O.10 Wzrost oczekiwań i akceptacji społecznej zmian związanych z potrzebą ograniczenia emisji CO₂. Rosnąca świadomość społeczna w sferze ochrony klimatu wymusza realizację działań zaradczych na poziomie samorządowym. Wybory konsumenckie związane premiowaniem produktów i usług nie przyczyniających się do zwiększonych emisji CO₂.	T.10 Nieuzasadnione obawy o bezpieczeństwo stosowania technologii wodorowych. Nieznajomość technologii wodorowych rodzi obawy przed wykorzystaniem w zastosowaniach konsumenckich. T.11 Brak powszechnej świadomości polskich podmiotów o nieuchronności transformacji energetycznej i konsekwencji z tym związanych.

	Mimo jasnych kierunków strategicznych Unii Europejskiej, zachodzące zmiany w dalszym ciągu nie są postrzegane jako ostateczne.
--	--

TECHNOLOGICZNE	SZANSE	ZAGROŻENIA
	O.11 Uniwersalność wodoru jako medium. Szerokie spektrum metod pozyskiwania oraz możliwości zastosowania. Możliwości wielowymiarowego kształtowania rynku wodoru, z wykorzystaniem istniejącego potencjału, w różnych segmentach gospodarki Wielkopolski. O.12 Rozwój morskiej energetyki wiatrowej, w połączeniu z magazynowaniem wodoru w strukturach geologicznych – wzrost bezpieczeństwa energetycznego krajów basenu Morza Bałtyckiego. Planowane inwestycje w morską energetykę wiatrową zwiększą skokowo potencjał kraju do produkcji energii odnawialnej w Polsce, a tym samym zwiększą potencjał do produkcji „zielonego” wodoru. O.13 Na terenie woj. wielkopolskiego planowane są inwestycje w infrastrukturę przesyłową, która pozwoli na przesył wodoru i integrację z systemem krajowym i międzynarodowym. Integracja z krajowym i międzynarodowym systemem przesyłowym wodoru daje możliwości zagospodarowania nadwyżek w lokalnym bilansie zeroemisyjnego wodoru. O.14 Możliwość odbioru ciepła z instalacji wytwarzania wodoru w elektrolizerach. Integracja instalacji wytwarzania wodoru z systemami ciepłowniczymi daje możliwość zagospodarowania ciepła odpadowego przy produkcji wodoru i transformację systemu ciepłowniczego.	T.12 Wczesny etap rozwoju technologii. Ryzyko braku postępów w zakresie zwiększania efektywności procesów. Ryzyko wyparcia przez rozwiązania akumulatorowe. Mimo znaczącego postępu technologicznego w obszarze technologii wodorowych, rozwijają się także potencjalne alternatywy, w tym w szczególności rozwiązania bazujące na akumulatorach. Istnieje też ryzyko zdominowania rynku komponentów przez dostawców spoza Europy. T.13 Duża zależność od tempa rozwoju sektora OZE. Potencjał wytwarzania zielonego wodoru jest silnie uzależniony od możliwości realizacji inwestycji w odnawialne źródła energii elektrycznej. Ograniczenia technologiczne realizacji inwestycji OZE mogą negatywnie wpłynąć na tempo rozwoju rynku.

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.

5. KLUCZOWE UWARUNKOWANIA ROZWOJU RYNKU WODORU

5.1 Uwarunkowania Unii Europejskiej

Transformacja w kierunku gospodarki wodorowej jest nieuchronna. Europejska Strategia Wodorowa została przyjęta w 2020 roku i już wówczas była wyrazem polityki ukierunkowanej na uniezależnienie się od importu paliw kopalnych.

Podejmowane inicjatywy, implementujące postanowienia Strategii (w tym pakiet Fit for 55) oraz inwestycje w infrastrukturę, wskazują, że to wodór bazujący na źródłach odnawialnych będzie podstawowym nośnikiem energii dla europejskich gospodarek. Energia ze źródeł odnawialnych obejmuje energię wiatru, biomasy (np. gazu wysypiskowego i biogazu), wodną, słoneczną (termiczną i fotowoltaiczną), energię geotermalną i pływów morskich. Te źródła odnawialne mają służyć jako alternatywa dla paliw kopalnych (ropy naftowej, węgla, gazu ziemnego). Ostatecznym celem transformacji jest całkowite zastąpienie węgla i innych nieodnawialnych źródeł energii w miksie energetycznym przyczyniając się do osiągnięcia gospodarki zeroemisyjnej.

Obecny kryzys geopolityczny i energetyczny wpłynął na przyspieszenie ścieżki wdrożenia poszczególnych elementów gospodarki wodorowej. Postulaty zostały sformułowane m.in. w inicjatywie REPowerEU. Konsekwencją aktualnej sytuacji na rynkach surowców jest zwiększona determinacja do wdrażania w Europie środków zaradczych.

TABELA 5

Wybrane wymagania regulacyjne UE w odniesieniu do wodoru

Obszar regulacji	Szczegóły
Dyrektywa RED III	Rozszerzenie zakresu oddziaływania Dyrektywy na branżę przemysłu, jak: przemysł metalurgiczny, chemiczny, czy cementownie. Pierwotne propozycje zakładały wymóg stosowania zeroemisyjnego wodoru w przemyśle na poziomie 50% od 2030 roku. Porozumienie z marca 2023 roku zakłada udział zeroemisyjnego wodoru stosowanego w przemyśle na poziomie 42% od 2030 roku oraz 60% od 2035 roku (z pewnymi wyjątkami)⁵, Porozumienie określa także dwie ścieżki redukcji emisji CO₂ w transporcie: (1) redukcja emisji GHG o 14,5% lub (2) udział paliw odnawialnych na poziomie 29%. Każda ze ścieżek przy jednoczesnym udziale zaawansowanych biopaliw i RFNBO na poziomie co najmniej 5,5% przy co najmniej 1% udziału RFNBO.
Zmiana dyrektywy AFID na rozporządzenie AFIR	Wymóg redukcji emisji CO₂ przez nowe samochody osobowe na poziomie 55% w latach 2030-2034 (50% dla vanów) oraz redukcji o 100% od 2035 roku. W praktyce wymóg ten oznacza obowiązek rejestracji wyłącznie samochodów zeroemisyjnych (lub zasilanych paliwami zeroemisyjnymi) od 2035 roku. Innym, ważnym obszarem, który dotyczy rozporządzenie AFIR, jest rozwój infrastruktury ładowania wodorem. Do 2030 roku punkty tankowania powinny być dostępne w miastach oraz minimum co 200 kilometrów w ramach sieci TEN-T.

⁵ <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/03/30/council-and-parliament-reach-provisional-deal-on-renewable-energy-directive/>

Obszar regulacji	Szczegóły
REPowerEU w zakresie biometanu	Akceleracja rynku biometanu do poziomu 35 mld m³ w 2030 roku (3 mld m³ w 2022 roku). Zmniejszenie zależności od importu gazu ziemnego. Wsparcie inwestycji, eliminowanie barier.
Refuel EU Aviation	Obowiązek stosowania od 2025 roku minimum 2% zrównoważonych paliw lotniczych SAF (Sustainable Aviation Fuel) bazujących na zeroemisyjnym wodorze (5% od 2030 roku oraz 32% od 2040 roku).
Rewizja standardów emisji dla pojazdów ciężarowych	Propozycja zmiany poziomów wymaganego ograniczenia emisji CO ₂ przez pojazdy ciężarowe do wartości: 45% do 2030 r.; 65% do 2035 r.; 90% do 2040 r. ⁶

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants

Klasyfikacja wodoru zero oraz niskoemisyjnego

Zgodnie z projektowanymi regulacjami, w tym w szczególności Dyrektywą RED III, wymagania w zakresie wykorzystania wodoru odnoszą się głównie do przemysłu oraz rafinerii. W obu tych przypadkach Dyrektywa RED III mówi o obowiązku wykorzystania paliw typu RFNBO (paliwa odnawialne pochodzenia niebiologicznego – ang.: renewable fuels of non-biological origin). W praktyce oznacza to wodór, do którego produkcji wykorzystano energię elektryczną, która powstała przy użyciu odnawialnych źródeł, tj. wiatru, energii słonecznej lub wody.

Dodatkowo, by móc uznać wodór za niskoemisyjny („zielony”), jego ślad węglowy (w ujęciu całego cyklu życia z wyłączeniem jedynie emisji dotyczących procesu inwestycyjnego), zgodnie z Dyrektywą RED III, nie może przekroczyć 30% wartości referencyjnej na poziomie 94 gCO₂/MJ. Zgodnie z tym warunkiem ślad węglowy RFNBO nie może przekroczyć 28,2 gCO₂/MJ (3,38 tCO₂/tH₂).

13 lutego 2023 roku Komisja Europejska zaproponowała szczegółowe przepisy uznania wodoru za paliwo odnawialne („wodór odnawialny”) opublikowane w aktach delegowanych do Dyrektywy RED II⁷. Pierwszy akt delegowany określa zasady uznania paliwa lub nośnika energii za RFNBO. Zgodnie z aktem, za RFNBO uznaje się wodór produkowany poprzez zasilanie elektrolizera energią elektryczną pochodzącą ze źródeł odnawialnych. Paliwa płynne, jak amoniak, metanol lub paliwa elektryczne uznaje się za RFNBO, jeśli będą produkowane z wodoru odnawialnego.

Zdefiniowano także kryteria znane pod nazwą „**additionality**”, które określają jakie jednostki OZE mogą być wykorzystywane do produkcji „wodoru odnawialnego”. Zgodnie z regulacją, jednostki wytwórcze OZE, wykorzystywane do produkcji odnawialnego wodoru, muszą zostać uruchomione nie wcześniej niż 36 miesięcy przed instalacją wodorową. Wprowadzono także wymagania w zakresie korelacji czasowej i geograficznej. Korelacja czasowa oznacza, że różnica w czasie pomiędzy produkcją energii odnawialnej oraz produkcją wodoru nie może przekraczać 1 godziny (od 2030 roku; do 2030 korelacja czasowa będzie stosowana w ujęciu miesięcznym). Zgodnie z korelacją geograficzną, elektrolizer musi znajdować się w tej samej „strefie biddingowej”⁸, co wyprodukowana energia odnawialna.

Drugi akt delegowany określa metodykę obliczania emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia RFNBO – mogą być wliczane do unijnego celu w zakresie energii odnawialnej, gdy **pozwalają na redukcję ponad 70% emisji gazów**

⁶ https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/reducing-co2-emissions-heavy-duty-vehicles_en

⁷ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_23_595

⁸ Obszar geograficzny, w ramach którego uczestnicy rynku są w stanie wymieniać energię bez alokacji mocy, czyli energii importowanej spoza strefy.

cieplarnianych w porównaniu z paliwami kopalnymi, co oznacza emisje na poziomie maksymalnym 3,38 tCO₂/tH₂.

Równolegle należy uwzględnić zapisy Taksonomii UE (w ramach Aktu Delegowanego), które ustalają kryteria kwalifikacji „zielonego” wodoru. **Zgodnie z nimi, łączny ślad węglowy wodoru (w ujęciu całego cyklu życia) nie może przekroczyć 3,0 tCO₂/tH₂.** Należy zauważyć, że wartość emisji CO₂ na poziomie 3,0 tCO₂/tH₂ została wyznaczona za wartość graniczną dla wodoru niskoemisyjnego w kryteriach projektów finansowanych przez NFOŚiGW⁹.

W praktyce, za wodór zeroemisyjny (RFNBO) należy uznać wodór powstały przy użyciu metody elektrolitycznej, w której źródłem energii elektrycznej jest energia wiatru, słońca lub wody. Z kolei wodór niskoemisyjny to taki, z produkcją którego wiązały się emisje CO₂ na poziomie nie większym niż 3,0 tCO₂/tH₂ (w całym cyklu życia wodoru).

Dla poświadczenia spełnienia kryteriów zrównoważonego rozwoju (sformułowanych w Dyrektywie RED oraz doprecyzowanych w ramach Dyrektywy RED II oraz Dyrektywy RED III) stosowany jest system certyfikacji. System certyfikacji daje podmiotom gospodarczym działającym w łańcuchu dostaw certyfikowanych paliw możliwość wykazania, że spełniają kryteria zrównoważonego rozwoju, zgodnie z obowiązującymi wymaganiami. Procedowana nowelizacja ustawy o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw (Projekt z dnia 6 marca 2023 r.) rozszerza zakres stosowania gwarancji pochodzenia m.in. na wodór odnawialny oraz biometan.

5.2 Uwarunkowania krajowe

Kierunek rozwoju krajowego rynku wodoru jest determinowany przez stopień implementacji unijnych regulacji. Przykładem adaptacji unijnych dyrektyw jest ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych z dnia 11 stycznia 2018 roku a w szczególności jej nowelizacja z 2021 roku. Nowe przepisy wprowadziły minimalne limity pojazdów niskoemisyjnych wykorzystywanych w transporcie zbiorowym, które odnoszą się do nowych zamówień oraz dotyczą wszystkich jednostek samorządu terytorialnego, bez względu na liczbę mieszkańców (więcej na ten temat przedstawiono w rozdziale 7.2).

Inne przepisy, jak na przykład rozporządzenie AFIR, nie wymaga implementacji do krajowych przepisów i stanowi obowiązujące prawo w Polsce. Rozporządzenie AFIR wprowadza ograniczenia rejestracji samochodów spalinyowych od 2035 roku oraz określa minimalne wymagania w zakresie liczby stacji tankowania wodoru.

Na szczeblu Unii Europejskiej zostały już wypracowane porozumienia dotyczące wykorzystania zeroemisyjnego wodoru w przemyśle, czy transporcie. Kluczowe przepisy, po implementacji do krajowego prawa, będą narzucały obowiązek wykorzystania „zielonego” wodoru już od 2030 roku.

Aktualnie, wielkość produkcji wodoru w Polsce wynosi około 1 mln ton rocznie, przy czym jest to wodór „szary”, pozyskiwany w drodze reformingu parowego. Jest to metoda związana z dużą emisją CO₂ (ok. 10 t CO₂/1 t H₂). Wodór w Polsce wykorzystywany jest głównie do produkcji amoniaku, z którego następnie wytwarzane są azotowe nawozy sztuczne. **Możliwości produkcji tanich nawozów będą zatem w przyszłości w dużej mierze uzależnione od możliwości dostarczenia „zielonego” wodoru atrakcyjnego pod względem kosztowym.**

⁹ <https://www.gov.pl/web/elektromobilnosc/wsparcie-infrastruktury-do-ladowania-pojazdow-elektrycznych-i-infrastruktury-do-tankowania-wodoru>

Zgodnie z przytoczonymi wcześniej założeniami, od 2030 roku 42% wodoru wykorzystywanego przez zakłady azotowe powinno być pochodzenia odnawialnego. Dodatkowo, w rafineriach udział wodoru w strukturze sprzedawanych paliw powinien wynosić co najmniej 1%. Wymagania te wygenerują zapotrzebowanie na zeroemisyjny wodór, niewykorzystywany dotychczas przez przemysł, a także na usługi związane z jego magazynowaniem.

Przemysł nawozowy i transport to główne obszary wykorzystania zielonego wodoru w przyszłości a wzrost zapotrzebowania generowany przez te branże jest konsekwencją konkretnych regulacji, z których część już obowiązuje w Polsce. Tymczasem wdrażanie technologii wodorowych zmagają się z barierami regulacyjnymi, które objawiają się w ograniczonych możliwościach inwestycji w nowe, odnawialne źródła energii, w tym farmy wiatrowe i elektrownie fotowoltaiczne, ale także biogazownie oraz instalacje z grupy Waste-to-hydrogen¹⁰.

Prognozy zapotrzebowania na wodór w Polsce

Bazując na przeprowadzonych obliczeniach, spodziewane zapotrzebowanie na wodór zeroemisyjny wyłącznie ze strony polskiego przemysłu nawozowego i rafineryjnego wyniesie w 2030 roku około 300 tys. ton. W 2040 roku zapotrzebowanie wzrośnie do poziomu ok. 460 tys. ton.

TABELA 6

Zestawienie dostępnych prognoz zapotrzebowania na zielony wodór w przemyśle

	2030	2040
Gas For Climate 2050 / European Hydrogen Backbone	359 tys. ton	1 056 tys. ton
„Zielony Wodór” (PSEW)	990 tys. ton	900 tys. ton
TYNDP 2020 (zastosowania nie związane z energetyką)	306 tys. ton	381 tys. ton
Własne szacunki	290 tys. ton	460 tys. ton
<i>Amoniak</i>	<i>210</i>	<i>300</i>
<i>Paliwa</i>	<i>80</i>	<i>160</i>

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych „2021 EHB – Analysing future demand, supply, and transport of hydrogen”, „Zielony wodór z OZE w Polsce. Wykorzystanie energetyki wiatrowej i PV do produkcji zielonego wodoru jako szansa na realizację założeń Polityki Klimatyczno-Energetycznej UE w Polsce, „Ten-Year Network Development Plan (TYNDP) 2020” oraz obliczenia własne.

Odpowiedzią na unijne inicjatywy jest Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040. Wizją i nadrzędnym celem PSW jest stworzenie polskiej gałęzi gospodarki wodorowej oraz jej rozwój na rzecz osiągnięcia neutralności klimatycznej i utrzymania konkurencyjności polskiej gospodarki.

Zgodnie z PSW, do 2030 roku moc krajowych elektrolizerów osiągnie 2 GW. W tej perspektywie czasowej spodziewane jest także uruchomienie pierwszej polskiej elektrociepłowni zasilanej wodorem (instalacji ko- i poligeneracyjnych o mocy 50 MWt, gdzie głównym paliwem będzie wodór).

Zapotrzebowanie na wodór zeroemisyjny na poziomie 290 tys. ton oznacza potrzebę inwestycji w elektrolizery o mocy około 4,5 GW oraz dedykowane źródła OZE o mocy około 10 GW.

Wielkość mocy zainstalowanej w farmach wiatrowych oraz farmach fotowoltaicznych na koniec 2021 roku w Polsce wynosiła 8,9 GW. Oznacza to, że nawet pełne wykorzystanie istniejących instalacji na potrzeby elektrolizy nie pozwoliłoby na pokrycie krajowego zapotrzebowania na „zielony” wodór.

**przy założeniu średniego czasu pracy elektrolizera na poziomie 3500 godzin w roku, bazującego na miksie energii odnawialnej (fotowoltaicznej i wiatrowej).*

¹⁰ Więcej w zakresie barier związanych z przyłączeniami nowych źródeł odnawialnych do sieci elektroenergetycznej podano w rozdziale 8.1 Wodór zeroemisyjny z elektrolizy. Informacje w zakresie biogazowni podano w rozdziale 8.2 Wodór bazujący na biogazie. Instalacje Waste-to-hydrogen opisano w rozdziale 8.3. Natomiast oczekiwania względem polityk zewnętrznych i regulacji sformułowano w rozdziale 11.

Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności

Realizacja unijnej polityki dekarbonizacji oraz zmniejszenia uzależnienia od paliw kopalnych znajduje odzwierciedlenie w krajowych planach odbudowy krajów członkowskich (tzw. „recovery plans”). W polskim Krajowym Planie Odbudowy i Zwiększania Odporności (w skrócie KPO) znalazło się wiele odniesień do wodoru.

KPO zakłada przeprowadzenie reform ukierunkowanych na zwiększenie wykorzystania paliw alternatywnych, w tym przede wszystkim zwiększenie wykorzystania wodoru (z wyraźnym zaznaczeniem, że **pod tym pojęciem mieści się wyłącznie wodór odnawialny i niskoemisyjny**). Równolegle ma być rozwijany rynek biometanu, w tym mają zostać przyjęte rozwiązania decentralizujące.

Wybrane elementy reform w ramach KPO:

- ☐ obowiązek zamawiania, od 2025 roku, wyłącznie pojazdów zeroemisyjnych (elektrycznych i na wodór) przez miasta powyżej 100 tys. mieszkańców;
- ☐ przyjęcie legislacyjnego pakietu wodorowego oraz liberalizacja przepisów dotyczących inwestycji w odnawialne źródła (elektrownie wiatrowe);
- ☐ inwestycje wodorowe:
 - moc instalacji na poziomie 320 MW do roku 2026;
 - 25 stacji tankowania wodoru do 2026 roku;
 - innowacyjne jednostki transportowe zasilane wodorem;
 - budżet: 800 mln euro.

A large, white industrial robotic arm is the central focus, positioned diagonally across the frame. It has multiple joints and is equipped with various cables and sensors. The background shows a blurred industrial environment with metal structures and windows. A semi-transparent dark blue box containing text is overlaid on the lower-left portion of the image.

POTENCJAŁ PRZEMYSŁOWY WIELKOPOLSKI

Wielkopolska jest wiodącym ośrodkiem przemysłowym z wysoką koncentracją przedsiębiorstw z branży motoryzacyjnej oraz przetwórstwa rolno-spożywczego.

Dostawcy urządzeń i części do przemysłu motoryzacyjnego mogą stanowić ważne zaplecze dla łańcucha wartości gospodarki wodorowej, dostarczając rozwiązania z obszaru automatyki produkcji, obróbki precyzyjnej, produkcji zaworów i innych.

Branża spożywcza może być z kolei beneficjentem wdrożeń wodorowych ukierunkowanych na dekarbonizację przemysłu.

6. POTENCJAŁ PRZEMYSŁOWY WOJ. WIELKOPOLSKIEGO

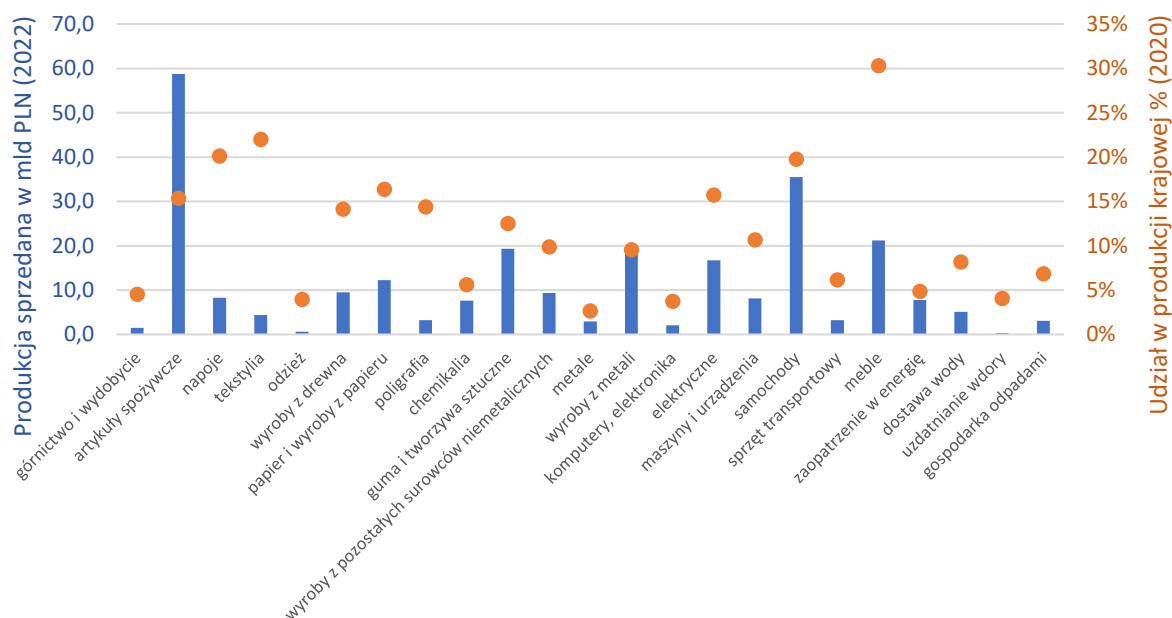
6.1 Główne działy gospodarki regionu, produkcja sprzedana

Wielkopolska jest ważnym regionem gospodarczym w kraju. Z produkcją sprzedaną przemysłu na poziomie 264,8 mld zł w 2022 odpowiada za około 10% potencjału wytwórczego Polski¹¹. Jest trzecim regionem kraju pod względem wielkości produkcji sprzedanej przemysłu.

Wiele działów gospodarki regionu wyróżnia się na tle statystyk ogólnokrajowych. Najwyższy poziom produkcji sprzedanej odnotowuje się w dziale produkcji wyrobów spożywczych, samochodów, ale też mebli, wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych, wyrobów z metali, urządzeń elektrycznych. Biorąc pod uwagę udział produkcji sprzedanej poszczególnych działów gospodarki Wielkopolski w gospodarce krajowej, szczególnie wyróżnia się produkcja mebli (około 30% produkcji krajowej jest ulokowane w Wielkopolsce), a także produkcja napojów, tekstyliów i samochodów (około 20% produkcji krajowej). Szczegółowe dane przedstawiono na wykresie 1.

WYKRES 1

Produkcja sprzedana przemysłu w woj. wielkopolskim (w mln zł) oraz jej udział w produkcji krajowej



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych GUS.

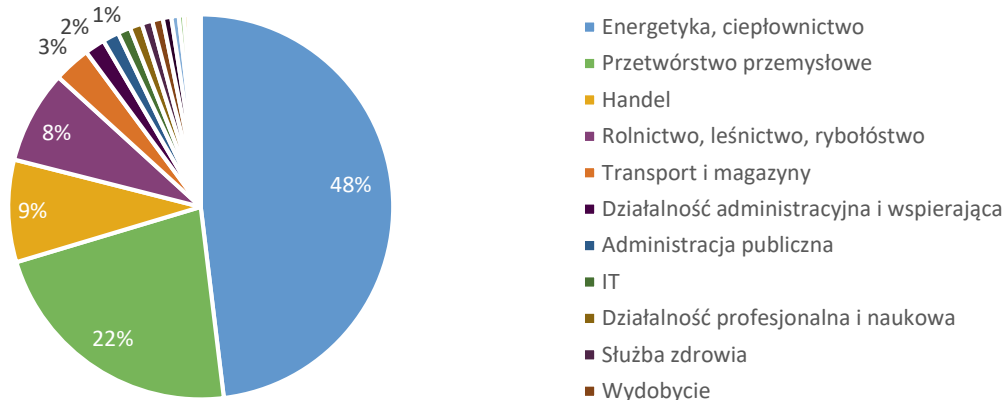
¹¹ Na podstawie danych GUS.

6.2 Sektory gospodarcze Wielkopolski wymagające dekarbonizacji

Zgodnie z danymi Eurostat, emisje CO₂ w Polsce wyniosły w 2021 roku 291,92 Mt i były o 8,33% wyższe niż w roku 2020. Biorąc pod uwagę okres od roku 2016, wysokość emisji kształtuje się na poziomie 280-295 Mt rocznie. Głównym źródłem emisji jest energetyka i ciepłownictwo odpowiadając za blisko 50% emisji CO₂ w kraju (140 Mt). Drugie w kolejności jest przetwórstwo przemysłowe (22%, 65 Mt), a w dalszej kolejności handel (9%, 25 Mt), rolnictwo (8%, 23 Mt) oraz transport (3%, 9 Mt).

WYKRES 2

Struktura źródeł emisji CO₂ w Polsce



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych Eurostat

Wielkość emisji CO₂ przez sektor energii i innych emitentów w woj. wielkopolskim została podana w dokumencie pn. „Wielkopolski Regionalny Plan Działań na rzecz Zrównoważonej Energii i Klimatu w zakresie źródeł odnawialnych i efektywności energetycznej z perspektywą do roku 2050”. W dokumencie tym określono, że procesy spalania paliw są źródłem ponad 95% emisji CO₂. Zgodnie z przeprowadzonymi obliczeniami, wielkość emisji, bazująca na danych dotyczących spalania paliw za rok 2018, wyniosła 26,36 Mt CO₂.

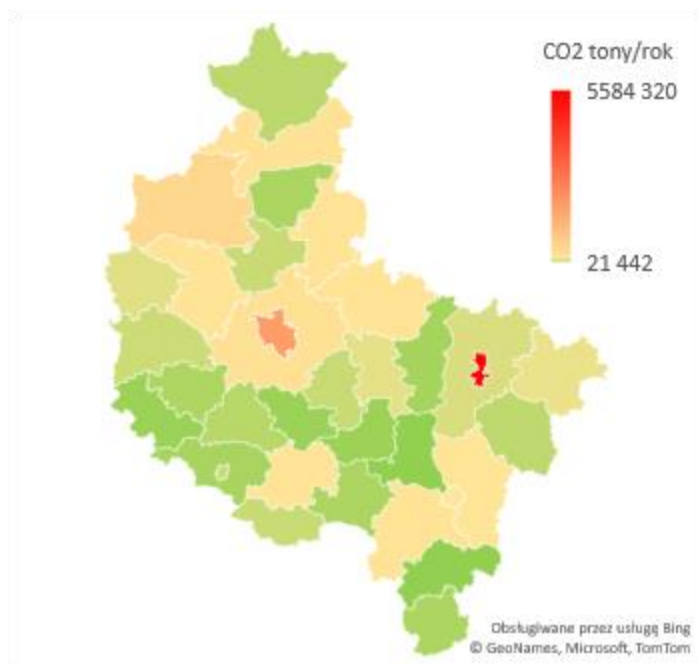
TABELA 7

Źródła i wielkość emisji CO₂ w Wielkopolsce w 2018 roku

Źródło pochodzenia	Emisja Mt
Produkcja energii elektrycznej	9,04
Produkcja ciepła systemowego	3,94
Zużycie gazu ziemnego i płynnego	2,37
Paliwa napędowe	7,27
Pozostałe paliwa	3,74
RAZEM	26,36

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie „Wielkopolskiego Regionalnego Planu Działań na rzecz Zrównoważonej Energii i Klimatu w zakresie źródeł odnawialnych i efektywności energetycznej z perspektywą do roku 2050”

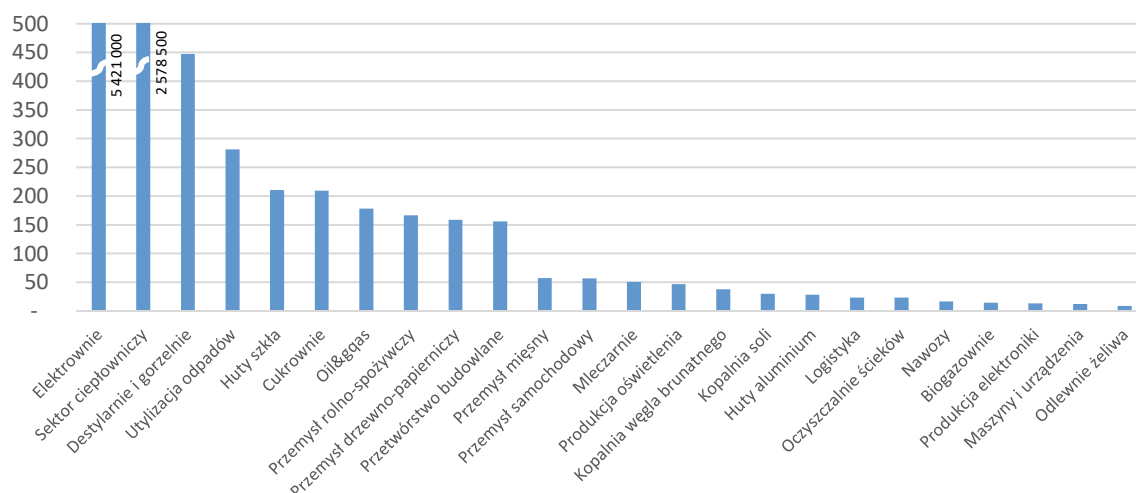
Przytoczony dokument nie identyfikuje szczegółowych branż, będących największymi emitentami CO₂ w Wielkopolsce. Koncentruje się jedynie na źródle pierwotnym emisji, tj. na procesach spalania określonych paliw. Z kolei baza rejestrowanych emitentów CO₂ - KOBIZE - obejmuje dane dotyczące emisji CO₂ dla wszystkich zarejestrowanych źródeł emisji w województwie wielkopolskim. Baza ta identyfikuje blisko 9000 emitentów z obszaru województwa. Zgodnie z danymi za 2021 rok, łączna emisja CO₂ przez te podmioty wyniosła 11,07 Mt. Regionalny rozkład emisji CO₂, według bazy KOBIZE został przedstawiony na ilustracji poniżej.

WYKRES 3**Rozkład terytorialny emisji CO₂ w woj. wielkopolskim w 2021 roku**

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych KOBiZE.

Analizując dane dotyczące rejestrowanych emitentów CO₂, z emisjami przekraczającymi 1000 ton rocznie można wytypować główne branże, odpowiadające za większość emisji w Wielkopolsce. Grupa tak sklasyfikowanych, największych emitentów CO₂ w Wielkopolsce obejmuje 370 podmiotów, a suma ich emisji odpowiada za 95% wszystkich emisji rejestrowanych w regionie.

Wykres 4 prezentuje grupy największych emitentów CO₂ w Wielkopolsce (na podstawie analizy branż podmiotów z emisjami przekraczającymi 1000 ton rocznie).

WYKRES 4**Zestawienie branż - największych emitentów CO₂ w Wielkopolsce w 2021 roku**

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych KOBiZE.

Poza największymi grupami emitentów, jak elektrownie, czy sektor ciepłowniczy, których roczne emisje CO₂ przekraczają odpowiednio 5,4 oraz 2,6 mln ton rocznie, do dużych emitentów w Wielkopolsce należą:

- destylarnie (ponad 400 tys. ton CO₂ rocznie);
- zakłady utylizacji odpadów (blisko 300 tys. ton CO₂ rocznie);
- przemysł rolno-spożywczy, przetwórstwo spożywcze i przemysł mięsny (razem blisko 300 tys. ton CO₂ rocznie);
- huty szkła (ponad 200 tys. ton CO₂ rocznie);
- cukrownie (ponad 200 tys. ton CO₂ rocznie);
- sektor oil&gas (blisko 200 tys. ton CO₂ rocznie);
- przemysł drzewno-papierniczy (blisko 200 tys. ton CO₂ rocznie);
- przetwórstwo budowlane (165 tys. ton CO₂ rocznie).

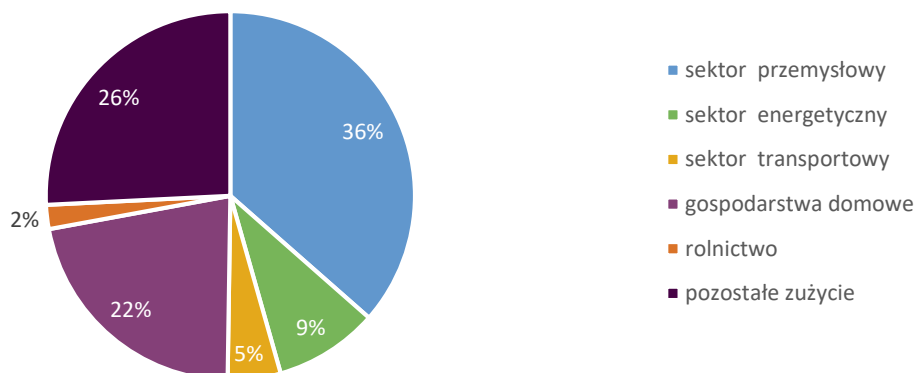
Należy zaznaczyć, że zestawienie nie obejmuje takich źródeł emisji jak transport, czy gospodarstwa domowe. Bazując na wyżej przedstawionych danych, dotyczących emisji pochodzących ze spalania paliw, można uznać, że obie te grupy emitentów odpowiadają za emisje na poziomie nawet 10 mln ton CO₂ rocznie.

Mając na uwadze przytoczone dane, można wskazać główne branże wymagające działań dekarbonizacyjnych, tj.: energetyka i ciepłownictwo, transport, ale także wybrane branże przemysłowe: destylarnie, zakłady utylizacji odpadów, przemysł rolno-spożywczy i przetwórstwa spożywczego, a także huty szkła, przemysł drzewno-papierniczy.

Innym kryterium, pozwalającym zobrazować głównych emitentów, jest identyfikacja energochłonnych obszarów gospodarki poprzez analizę wielkości konsumpcji energii elektrycznej. Zgodnie z danymi GUS za 2021 rok, sektor przemysłowy województwa wielkopolskiego odpowiadał za 36% konsumpcji energii elektrycznej (z ogółu zużycia na poziomie 12 699 GWh). Struktura zużycia energii elektrycznej według sektorów gospodarki została przedstawiona na wykresie 5.

WYKRES 5

Struktura zużycia energii elektrycznej w województwie wielkopolskim w 2021 roku



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych GUS.

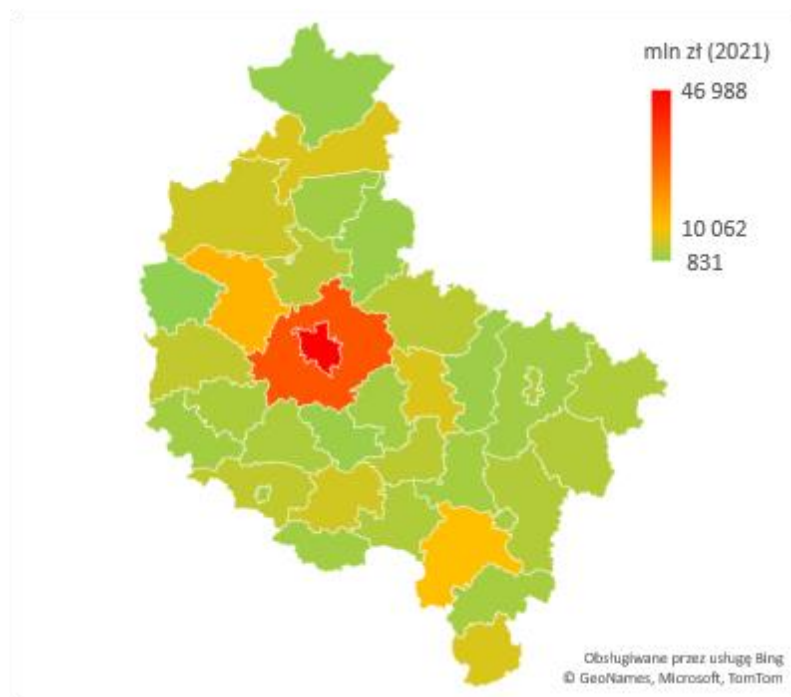
Należy przyjąć, że w gospodarce będą równolegle zachodziły procesy związane zarówno z ograniczeniami emisji CO₂, jak i z redukcją kosztów zakupu mediów energetycznych. Wykorzystanie magazynów energii opartych na wodorze pozwala na zwiększenie efektywności wykorzystania źródeł odnawialnych, a tym samym zwiększenie samowystarczalności energetycznej.

6.3 Główne obszary koncentracji przemysłu

W ramach województwa wielkopolskiego najwyższa wartość produkcji sprzedanej przemysłu przypada na miasto Poznań i powiat poznański (łącznie blisko 80 mld zł w 2021 roku). Inne regiony z wysoką wartością produkcji sprzedanej przemysłu, to: powiat szamotulski, powiat ostrowski, powiat pilski, powiat wrzesiński, powiat kępiński i powiat gostyński.

WYKRES 6

Rozkład wartości produkcji sprzedanej przemysłu w mln zł w 2021 roku



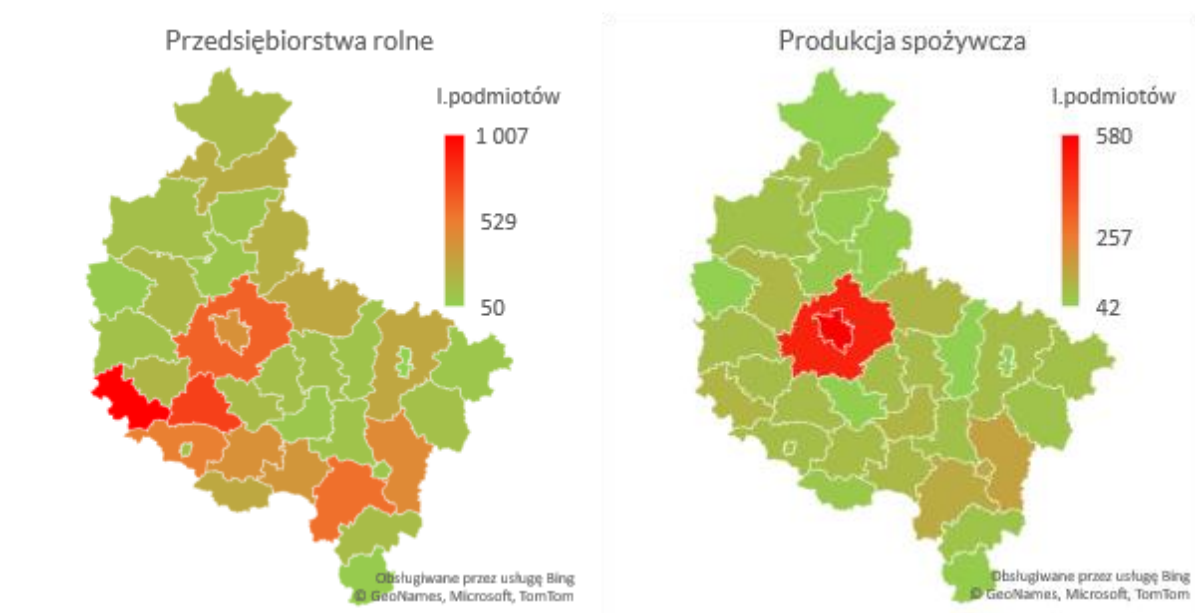
Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych GUS.

Z przeprowadzonej analizy branż mających największy poziom emisji CO₂ wynika, że poza elektrowniami i ciepłowniami, uwagę należy zwrócić na sektor rolno-spożywczy oraz branżę transportową. Poniżej przytoczono dane na temat liczby podmiotów działających w tych obszarach oraz ich rozmieszczenia geograficznego.

Produkcja rolna, mierzona liczbą zarejestrowanych podmiotów, skoncentrowana jest w południowej części województwa. Wyróżnia się powiat wolsztyński z liczbą ponad 1000 podmiotów prowadzących działalność rolniczą. Inne ważne regiony to: powiat kościański, powiat poznański, powiat ostrowski, powiat leszczyński. Z kolei przetwórstwo spożywcze, produkcja wyrobów spożywczych i napojów jest skoncentrowana w powiecie poznańskim i w mieście Poznań (łącznie ponad 1000 podmiotów).

WYKRES 7

Liczba i rozmieszczenie przedsiębiorstw prowadzących działalność rolniczą oraz związaną z produkcją spożywczą (2022 r.)

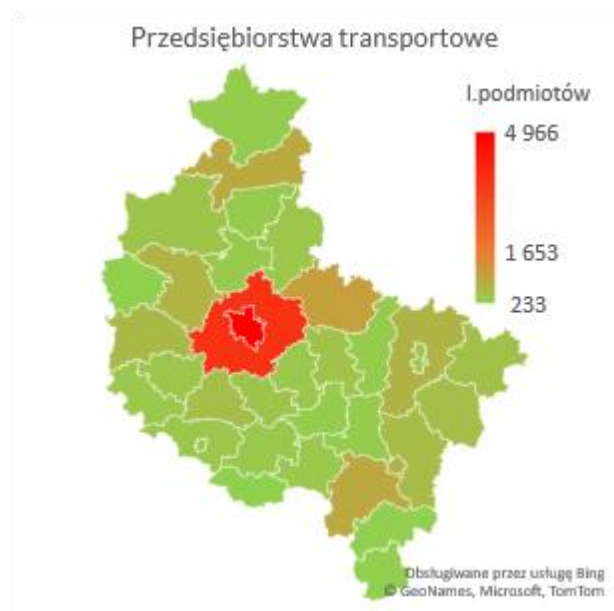


Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych GUS.

Lokalizacja przedsiębiorstw prowadzących działalność transportową jest silnie skorelowana z obszarami o najwyższej produkcji przemysłowej. Dominuje aglomeracja poznańska (ok. 8,5 tys. podmiotów), ale uwagę zwraca też duża liczba podmiotów w powiecie gnieźnieńskim (ponad 1 tys. podmiotów). Duża liczba przedsiębiorstw transportowych występuje też w powiatach: ostrowskim, pilskim, konińskim, w mieście Kaliszu oraz powiecie szamotulskim.

WYKRES 8

Liczba oraz rozmieszczenie przedsiębiorstw transportowych (2022 r.)



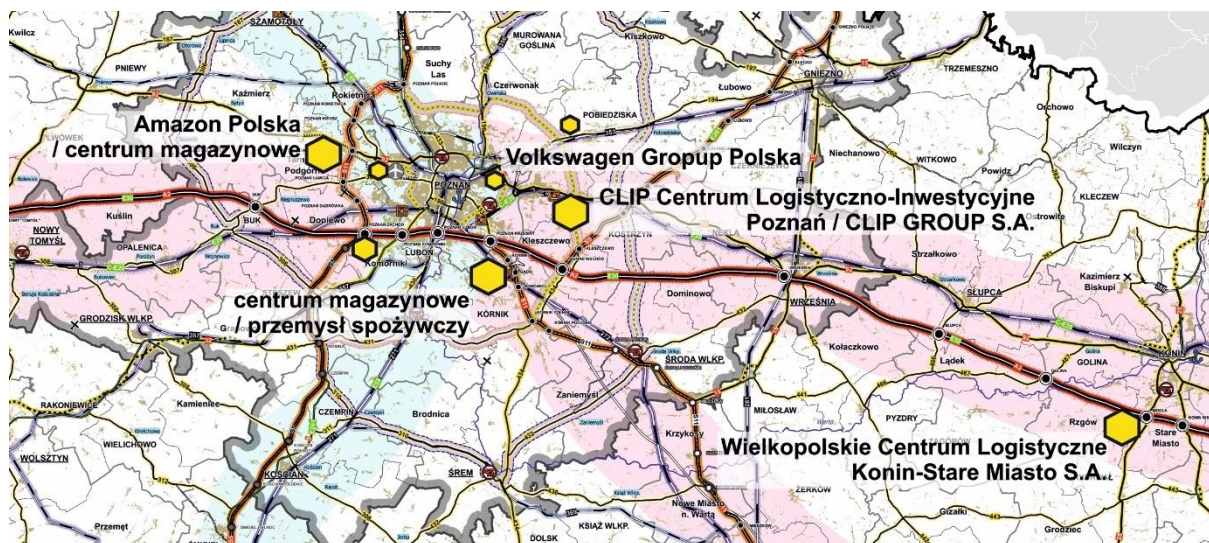
Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych GUS.

Z aktywnością branży transportowej silnie związana jest lokalizacja centrów logistycznych. W Wielkopolsce znajdują się 4 terminale intermodalne, w tym 2 zlokalizowane na terenie Poznania oraz w Kaliszu i Szamotułach. W regionie znajdują się też dwa duże centra logistyczne odpowiadające standardom

zachodnioeuropejskim. Są to Centrum Logistyczno-Inwestycyjne Poznań (Swarzędz) - CLIP oraz Wielkopolskie Centrum Logistyczne Konin-Stare Miasto.

RYSUNEK 6

Lokalizacja najważniejszych centrów logistycznych w województwie wielkopolskim



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na bazie mapy Planu zagospodarowania przestrzennego województwa wielkopolskiego. Wielkopolska 2020+

6.4 Przedsiębiorstwa mogące się zaangażować w rozwój technologii wodorowych

Przemysł, w tym przemysł rolno-spożywczy, transport, branża logistyczna mogą upatrywać szans w gospodarce wodorowej, jako środka do realizacji zadań związanych z dekarbonizacją i redukcją kosztów zakupu mediów energetycznych poprzez zwiększenie samowystarczalności energetycznej. Wymaga to stworzenia rynku wodoru – producentów urządzeń, komponentów, dostawców kompletnych instalacji, materiałów konstrukcyjnych, surowców do produkcji wodoru. W regionie istnieje duża liczba podmiotów, które mają potencjał do zaangażowania się w rozwój gospodarki wodorowej

Podstawowe uzbrojenie techniczne, wykorzystywane w gospodarce wodorowej obejmuje: elektrolizery, ogniwa paliwowe, układy i systemy urządzeń wytwórczych wykorzystywanych w procesach termolizy, zbiorniki do dystrybucji wodoru oraz stacje tankowania wodorem (HRS).

Elektrolizery

Podstawowe elementy instalacji elektrolizerów to:

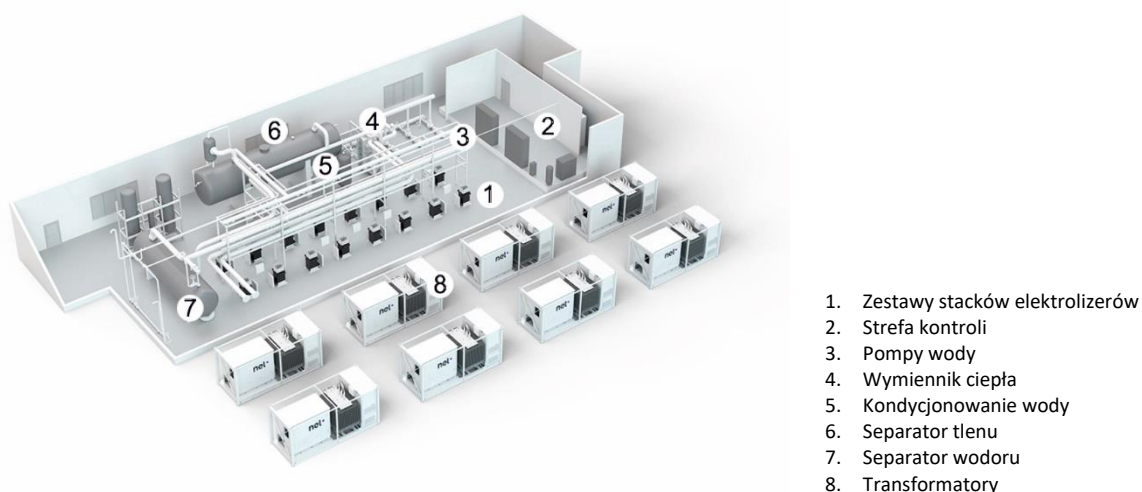
- część produkcyjna tj.:
 - elektrolizer,
 - układ demineralizacji i przygotowania wody,
 - wymienniki ciepła,
 - pompa cyrkulacyjna wody,
 - reaktor,
 - systemy usuwania tlenu z wodoru,

- osuszacz wodoru,
- układ sprężania wodoru,
- zbiornik buforowy wodoru,
- część pomocnicza tj.:
 - układ połączenia z siecią elektroenergetyczną i/lub farmą fotowoltaiczną czy wiatrową,
 - układ transformatora,
 - regulator napięcia,
 - układ sterowania zasilaniem i pracą instalacji,
 - układ monitorowania instalacji.

Obecnie całość instalacji elektrolizera dostarczana jest w formie typoszeregu i w zabudowie kontenerowej. Większość wymienionych elementów mogłaby być wyprodukowana w Wielkopolsce i po odpowiednich porozumieniach z licencjodawcami i dostawcami zintegrowana w układ całościowy z elektrolizerem.

RYSUNEK 7

Schemat instalacji elektrolizera PEM firmy NEL Hydrogen



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych <https://nelhydrogen.com>

Same elektrolizery PEM wymagają jednak stosowania specjalistycznych materiałów – szczególnie do produkcji membran polimerowych z katalizatorem. Ze względu na reaktywny charakter roztworów biorących udział w procesach zachodzących w elektrolizerze, komórki elektrolizera wykonane są ze stopów metali z dodatkiem metali szlachetnych, jak cer, iryd, nikiel, platyna czy tytan. Kolektor i bipolarnie płyty ogniów paliwowych pokryte są tytanem z dodatkiem platyny. Z tego względu produkcja elektrolizerów i ogniów paliwowych obarczona jest bardzo wysokimi barierami wejścia w technologie wodorowe.

Elektrolizery alkaliczne oraz AEM (wyposażone w membranę wymiany anionowej) wykorzystują bardziej dostępne materiały, jednak ze względu na potrzebę stosowania specjalnych membran, czy złożonej konstrukcji, uwzględniającej kwestie odbioru ciepła, czy przepływu elektrolitu uruchomienie produkcji jest znacznie łatwiejsze w przypadku zakupu licencji. Możliwe jest też pełnienie funkcji montażowni, czy integratora tego typu urządzeń. Rozwój elektrolizerów własnej konstrukcji wymaga dużego zaangażowania kapitału na prace badawczo-rozwojowe oraz jest procesem długotrwałym.

Elementem systemu elektrolizerów jest zbiornik – magazyn wody. Jest to zbiornik z przeponą gumową, gdzie przeciwnieciśnienie utrzymywane jest za pomocą azotu. Układ demineralizacji wody to szereg zbiorników z wypełnieniem jonitowym.

Reaktor do usuwania tlenu to zbiornik cylindryczny wypełniony wkładem ceramicznym pokrytym palladem. Moduł osuszacza to adsorbery wypełnione sitami molekularnymi z tlenkiem glinu. Do tego dochodzą wymienniki ciepła, chłodnice powietrzne i pompy oraz wentylatory. Chłodnica pracuje na zasadzie obiegu zamkniętego z chłodnicą powietrzną.

Ogniwa paliwowe

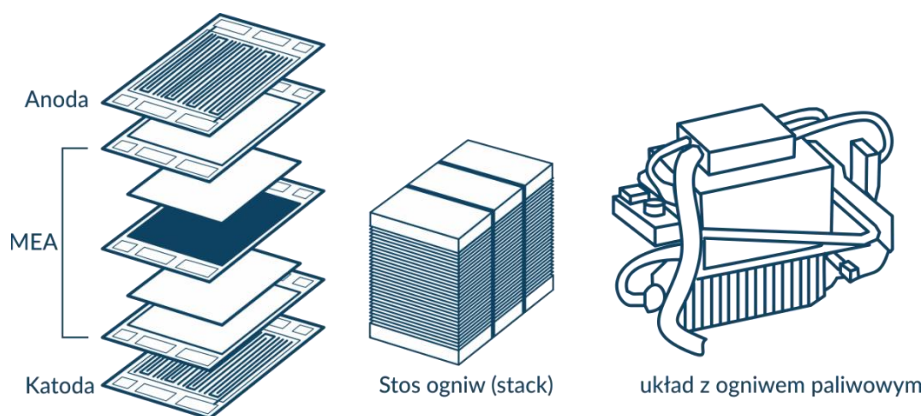
Ogniwo paliwowe to urządzenie, które konwertuje energię chemiczną paliwa na energię elektryczną oraz ciepło. Obecnie występuje wiele rodzajów ogniw paliwowych, jednakże wszystkie składają się z trzech podstawowych komponentów: dwóch elektrod oraz oddzielającego je elektrolitu.

Najbardziej rozwiniętą i dostępną komercyjnie jest technologia ogniw paliwowych typu PEM (wykorzystujące polimerową membranę wymiany protonów). Podstawowe komponenty ogniw PEM to:

- elektrolit w postaci polimerowej membrany pokrytej katalizatorem z platyny,
- katoda i anoda – to elektrody w których proszek grafitowy z naniesionym katalizatorem platynowym jest nakładany na obydwie strony papieru węglowego, który stanowi mechaniczny szkielet elektrody,
- interkonektor (płyta bipolarna) - służy do łączenia ogniw paliwowych w stos. Płyty bipolarne są obecnie wykonywane z grafitu, stali nierdzewnych lub kompozytów polimerowo - węglowych.

RYSUNEK 8

Budowa ogniwa paliwowego



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie „Production of fuel cell components”. RWTH Aachen University. VDMA.

Produkcja ogniw może być podzielona na 3 procesy: produkcja komponentów, produkcja stosów ogniw i montaż całych zestawów ogniw (układów).

Na rynku europejskim funkcjonują firmy wyspecjalizowane w produkcji zarówno komponentów, jak i całych ogniw i układów ogniw paliwowych. Przykładowo, firmy dysponujące technologią powlekania metalami oferują produkcję membran pokrytych katalizatorem (CCM). Produkt jest sprzedawany w formie walcowanej, pod konkretną specyfikacją klienta lub w zgodzie z określonym standardem.

Katalizatorem wykorzystywanym w ogniwach PEM jest platyna. Jest to rzadki kruszec, stąd dążenie w minionych latach do istotnego ograniczenia jego zużycia na potrzeby produkcji ogniw (z 28 mg/cm² w początkowej fazie rozwoju do poziomu poniżej 0,2 mg/cm²)¹². Poza platyną (na katodach), wykorzystywany

¹² Materiały wykładowe Politechniki Wrocławskiej (Zakład KotłóW, Spalania i Procesów Energetycznych). <https://wme-z1.pwr.edu.pl/wp-content/uploads/2020/01/4-ogniwa-paliwoweMTS-II.pdf>

jest ruten (na anodach). W produkcji ogni w proszek grafitowy z naniesionym katalizatorem jest nakładany na papier węglowy (szkielet elektrody). Papier węglowy stanowi warstwę przepuszczającą gazy (GFL). Zespół elektrod i membrany polimerowej jest prasowany pod wysokim ciśnieniem oraz w temperaturze 140°C. Istnieją również metody bezpośredniego nanoszenia proszku grafitowego na materiał membrany polimerowej.

Kolejną grupę firm stanowią podmioty specjalizujące się w produkcji płyt bipolarnych. Obszar ten jest obwarowany mniejszymi barierami wejścia, niż wysoce specjalistyczny proces powlekania metalami. Producenci płyt bipolarnych specjalizują się w obróbce precyzyjnej metali. W szczególności, wykorzystywane są precyzyjne obróbki elektrochemiczne SCM/PECM. Płyty bipolarne wykonane są z materiałów charakteryzujących się wysokim przewodnictwem ciepła i prądu. Obecnie wykonywane są z grafitu, stali nierdzewnych lub kompozytów polimerowo-węglowych.

Układ ogniwa paliwowego obejmuje również szereg innych elementów, takich jak: filtr powietrza, regulator ciśnienia wodoru i powietrza, układ chłodzący z pompą, systemy sterowania elektronicznego.

Warto zaznaczyć, że cały czas prowadzone są prace nad technologią ogni w paliwowych oraz ogłaszane całkowicie nowe projekty, które mają na celu zwiększenie ich sprawności, a przez to efektywności konwersji i opłacalności wykorzystania wodoru jako nośnika i magazynu energii w różnych zastosowaniach.

Instalacje wykorzystywane w układach termolizy

Instalacje termolizy to skomplikowane instalacje przemysłowe, w których zachodzi szereg procesów jednostkowych, takich jak przygotowanie surowca, układ reaktorów gazyfikacji czy pirolizy, instalacje oczyszczania gazów odlotowych, instalacja oczyszczania gazu syntezowego i jego reformowania, instalacja wydzielania czystego wodoru a następnie jego sprężania i magazynowania.

Opisują je rozbudowane schematy technologiczne, gdzie występuje szereg urządzeń. W zasadzie tylko reaktory gazyfikacji, gazyfikacji w łuku plazmowym, spalanie i kraking termiczny, czy piroliza będą specjalistycznymi rozwiązaniami objętymi ochroną patentową licencjodawcy. Pozostałe urządzenia, jak: reaktory konwersji tlenu węgla z parą wodną, różnego rodzaju chłodnice, pompy, adsorbery, zbiorniki, złączki, zawory i zawory regulacyjne są charakterystyczne i znane z innych procesów chemicznych. Materiały konstrukcyjne wymienionych urządzeń są powszechnie dostępne. Dochodzi do tego całe oprzyrządowanie kontrolno-pomiarowe i układy sterowania procesami, ale one także są znane z instalacji chemicznych. Dlatego większość tych komponentów mogłaby być wyprodukowana w Polsce.

Dystrybucja i magazynowanie

Paliwo wodorowe dystrybuowane jest na stacjach tankowania wodoru. Rozróżniamy stacje mobilne i stacjonarne. Tankowanie wodoru w postaci gazowej może odbywać się pod ciśnieniem 35 i 70 MPa. W przyszłości przewidywane są punkty dystrybucji i tankowania ciekłego wodoru.

Typowa stacja tankowania wodorem pojazdów osobowych i ciężarowych/autobusów wraz z niezbędną infrastrukturą pomocniczą składać się będzie z następujących urządzeń technicznych:

- ☐ agregat sprężarkowy w zabudowie kontenerowej lub w budynku stacji,
- ☐ panel rozładunkowy do rozładunku bateriowozów,
- ☐ panel priorytetów napełnienia zbiornika,
- ☐ magazyn stały sprężonego wodoru do ciśnienia 50 MPa zbudowany z wiązek butli,
- ☐ dystrybutor z pomiarem masowym przeznaczony do szybkiego napełnienia sprężonym wodorem do ciśnienia 35 MPa pojazdów ciężarowych oraz autobusów,
- ☐ układ chłodniczy do schładzania wodoru podczas tankowania pojazdów,

- ☐ magazyn stały sprężonego wodoru do ciśnienia 90 MPa zbudowany z wiązek butli,
- ☐ dystrybutor z pomiarem masowym przeznaczony do szybkiego napełnienia sprężonym wodorem do ciśnienia 70 MPa pojazdów osobowych.

Wodór magazynowany jest w zbiornikach stałych. Rozróżnia się obecnie 5 typów zbiorników w zależności od konstrukcji i zastosowanych materiałów:

- ☐ typ **pierwszy** – zbiorniki metalowe wykonane ze stali lub z aluminium,
- ☐ typ **drugi** – aluminiowe zbiorniki zbrojone włóknem szklanym/aramidowym lub włóknami węglowymi,
- ☐ typ **trzeci** – zbiorniki wykonane z kompozytów włókno szklane/aramid lub włókno węglowe z wkładem metalowym bezszwowym,
- ☐ typ **czwarty** – zbiorniki wykonane z typowego włókna węglowego pokrytego warstwą polimerową, wkład wykonany z wytłaczanego tworzywa sztucznego,
- ☐ typ **piąty** – zbiorniki wykonane całkowicie z kompozytów, bez wewnętrznej warstwy.

Możliwości włączenia się przedsiębiorstw w łańcuch wartości gospodarki wodorowej

Rozwój gospodarki wodorowej w pełnym zakresie wymaga stworzenia poszczególnych elementów całego łańcucha wartości, w szczególności budowy: instalacji elektrolizerów, sieci dystrybucji wodoru (infrastruktury tankowania, transportu), stosownej infrastruktury przesyłowej, magazynów wodoru oraz produkcji ogniwo paliwowych wykorzystywanych w energetyce, ciepłownictwie, transporcie i innych sektorach gospodarki.

Równolegle musi powstać też baza techniczna i operacyjna przygotowana do serwisowania tych urządzeń, instalacji. W dłuższej perspektywie powinny pojawić się podmioty wyspecjalizowane w recyklingu zużytych urządzeń – szczególnie pod kątem odzysku metali szlachetnych.

Szeroka analiza w zakresie możliwości włączenia przedsiębiorstw z obszaru woj. wielkopolskiego została przeprowadzona w ramach raportu „Szanse dla wielkopolskiej gospodarki w realizacji strategii Czysta planeta dla wszystkich”, opracowanego na zlecenie Samorządu Województwa Wielkopolskiego. Opracowanie to identyfikuje działy PKD oraz potencjalny zakres zaangażowania w rozwój gospodarki wodorowej. W ramach analiz wytypowano następujące działy PKD, z których firmy mogłyby uczestniczyć w łańcuchu budowania wartości gospodarki wodorowej:

- ☐ producenci wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych (Dział 22),
- ☐ produkcja metali (Dział 24),
- ☐ produkcja metalowych wyrobów gotowych z wyłączeniem maszyn i urządzeń (Dział 25),
- ☐ produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych (Dział 26),
- ☐ produkcja urządzeń elektrycznych (Dział 27),
- ☐ produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana (Dział 28),
- ☐ roboty budowlane specjalistyczne (Dział 43),
- ☐ magazynowanie i przechowywanie towarów (Dział 52),
- ☐ działalność w zakresie architektury i inżynierii; badania i analizy techniczne (Dział 71).

Firmy, których przedmiot działalności lokuje się w jednym z wymienionych działów, mogą uczestniczyć w następujących obszarach aktywności, budujących gospodarkę wodorową:

- ☐ produkcja kompresorów i nowego typu sprężarek (elektrochemicznych),
- ☐ produkcja komponentów do systemów chłodzenia: pompy kriogeniczne, rury, przewody, zawory, czujniki monitorujące,

- ☐ produkcja pomp,
- ☐ produkcja magazynów wodoru: naziemne zbiorniki ciśnieniowe oraz zbiorniki wielkogabarytowe i wysokociśnieniowe,
- ☐ infrastruktura towarzysząca magazynom wodoru (kompresory, wymienniki ciepła, złącza i zawory),
- ☐ produkcja i eksploatacja stacji tankowania wodoru,
- ☐ części do stacji tankowania wodoru, w tym części do budowy elementów wysokociśnieniowych (np. wysokociśnieniowe elementy polimerowe do wodoru),
- ☐ materiały polimerowe – uszczelki do gazów, przewody do tankowania wodoru (węże), złączki,
- ☐ produkcja i eksploatacja ogniw paliwowych w gospodarstwach domowych,
- ☐ produkcja elektrolizerów i ich części,
- ☐ produkcja kompresorów,
- ☐ produkcja rur i złączy,
- ☐ produkcja butli (zbiorników) gazowych z lekkich materiałów kompozytowych,
- ☐ produkcja silników elektrycznych do napędu pomp i sprzężarek.

Należy zauważyć, że przedstawiona lista przedmiotów działalności odnosi się przede wszystkim do głównych urządzeń, wykorzystywanych w produkcji wodoru w procesie elektrolizy oraz służących jego dystrybucji – poprzez HRS. Z punktu widzenia innych, alternatywnych metod produkcji oraz innych, niż transport, obszarów zastosowania, należy rozszerzyć listę przedsiębiorstw, które mogą skorzystać na włączeniu się w rozwój gospodarki wodorowej.

Z punktu widzenia potrzeb rozwoju łańcucha gospodarki wodorowej, na uwagę zasługują następujące aktywności przedsiębiorstw:

- ☐ automatyzacja systemów produkcji – w szczególności w odniesieniu do montażu zespołów ogniw paliwowych i elektrolizerów; obszar powiązany z branżą motoryzacyjną (produkcja maszyn automatyzacji systemów produkcji w branży motoryzacyjnej);
- ☐ precyzyjna obróbka metali – produkcja płyt bipolarnych; obszar powiązany z branżą motoryzacyjną (rozwój produktów, produkcja prototypów komponentów, testowanie produktów, np. testowanie szczelności płyt bipolarnych, produkcja części samochodowych);
- ☐ technologie pokrywania materiałów – produkcja membran; obszar powiązany z branżą motoryzacyjną, chemiczną, medyczną i innymi;
- ☐ konstrukcja maszyn – produkcja urządzeń do systemów produkcji komponentów;
- ☐ kompresory – kompresory wodoru; wymagana specjalizacja w zakresie kompresji gazów; powiązania z branżą paliwowo-gazową;
- ☐ dystrybucja – rozwiązania w zakresie transportu i mobilnych stacji tankowania;
- ☐ systemy chłodzenia wodoru – branża chłodnicza, posiadająca w ofercie systemy chłodzenia procesowego, wody, powietrza (segment przemysłowy);
- ☐ elektrolizery – przedsiębiorstwa wyspecjalizowane w produkcji elektrolizerów i układów elektrolizerów
- ☐ systemy elektroniczne – układy sterowania, oprogramowanie; branża elektryczna (producenci rozdzielnic i układów sterowania);
- ☐ zawory – zawory sterowania procesowego, kontrolery przepływu – powiązania z branżą paliwowo-gazową; spożywczą, branżą farmaceutyczną, urządzeń laboratoryjnych, urządzeń hydraulicznych, branża motoryzacyjna; pożądane doświadczenie w dziedzinie urządzeń działających pod wysokim ciśnieniem; powiązania z branżą technologii pokrywania metalami;
- ☐ ogniwa paliwowe - przedsiębiorstwa wyspecjalizowane w produkcji ogniw paliwowych i układów ogniw paliwowych;

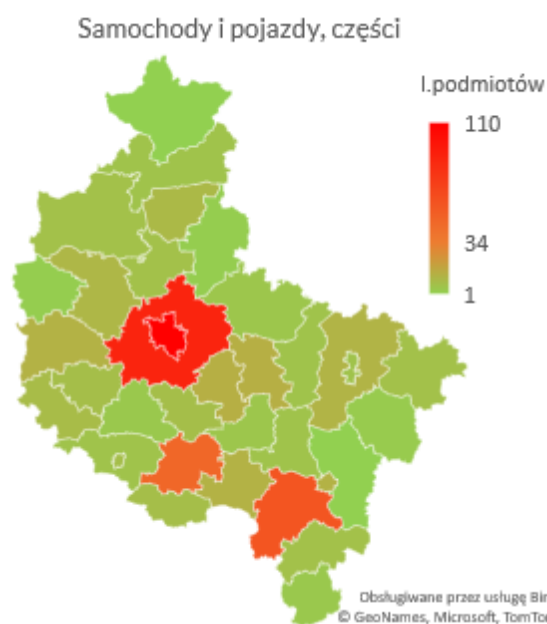
- układy cyrkulacji, oczyszczania gazów (wodoru, powietrza); często są to także producenci kompresorów; powiązania z branżą motoryzacyjną, z branżą chłodniczą, paliwowo-gazową;
- warstwy przepuszczające gazy, membrany, separatory (gas diffusion layer – GDL) – komponenty ogniw paliwowych, zastosowania w bateriach – powiązania z branżą motoryzacyjną, e-mobility;
- układy wytwarzania wodoru – wyspecjalizowane firmy, dysponujące określoną technologią produkcji wodoru, instalacje przemysłowe i infrastruktura paliwowo-energetyczna;
- pomiary i kontrola – czujniki wodoru – firmy produkujące czujniki gazów, analizatory dla przemysłu chemicznego, spożywczego, energetyki;
- układy zasilania na bazie ogniw paliwowych do zastosowań komercyjnych – producenci urządzeń do ogrzewania budynków, firm, obiektów typu data-center;
- reformery parowe wodoru – urządzenia do produkcji wodoru z gazu ziemnego lub amoniaku;
- zbiorniki wodoru, zbiorniki z powłoką polimerową – produkcja zbiorników do magazynowania gazów, w tym wodoru, pod dużym ciśnieniem; produkcja układów zbiorników – magazynów wodoru, trailerów do dystrybucji wodoru; powiązania z branżą motoryzacyjną, branżą lotniczą;
- testowanie, laboratoria – pomiary urządzeń, jakości i czystości paliw, w tym wodoru; powiązania z branżą motoryzacyjną, chemiczną, oil&gas, energetyczną, służbami ratownictwa i innymi.

Należy zwrócić uwagę, że duża część kompetencji wymagana w gospodarce wodorowej skoncentrowana jest wokół przedsiębiorstw prowadzących produkcję na rzecz producentów samochodów i innych pojazdów. Z uwagi na dużą koncentrację tego typu przedsiębiorstw w województwie wielkopolskim, ukierunkowanie ich rozwoju na tematykę wodorową może stanowić punkt zaczepienia do budowy silnego ośrodka przemysłowego w tej dziedzinie.

Przemysł produkcji motoryzacyjnej (w tym samochodów, innych pojazdów i części do pojazdów) jest zdominowany przez trzy ośrodki: aglomerację poznańską (blisko 200 podmiotów), powiat ostrowski (58 podmiotów) oraz powiat gostyński (47 podmiotów).

WYKRES 9

Liczba i rozmieszczenie przedsiębiorstw prowadzących działalność związaną z produkcją motoryzacyjną (2022 r.)



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych GUS.

6.5 Analiza korelacji sektorów gospodarczych

W tabeli 8 scharakteryzowano najważniejsze korelacje między sektorami gospodarczymi wynikającymi z wdrożenia technologii wodorowych. Opis ten stanowi rozwinięcie rysunku 2, na którym przedstawiono rolę wodoru jako integratora systemów energetycznych.

TABELA 8

Charakterystyka najważniejszych korelacji sektorów gospodarczych, wynikających z wdrożenia technologii wodorowych

Branża / sektor	Charakterystyka występujących korelacji	Potencjał w obszarach: wytwarzania wodoru (W), konsumpcji wodoru (K), wsparcia łańcucha wartości (L)		
		W	K	L
Chemia Produkcja amoniaku	Możliwości zachowania wysokiej konkurencyjności produkcji nawozów będą uzależnione od skuteczności wdrożenia rozwiązań dekarbonizacyjnych, w tym w szczególności zastosowania zeroemisyjnego wodoru, wykorzystywanego w syntezie amoniaku i dostępności energii odnawialnej dla procesu produkcyjnego. Produkcja amoniaku to obecnie główny kierunek wykorzystania wodoru w Polsce, a w przyszłości główny kierunek wykorzystania wodoru zeroemisyjnego. W województwie wielkopolskim brak jest dużych wytwórców nawozów azotowych. Jednakże stworzenie warunków rozwoju efektywnej kosztowo produkcji „zielonego” wodoru otwiera możliwości dla inwestycji w nowe, lokalne zakłady wytwórcze nawozów. Małoskalowe technologie produkcji amoniaku są dopiero rozwijane. Wzrost wykorzystania zeroemisyjnego wodoru w produkcji amoniaku stwarza możliwości rozwoju technologii konwersji wodoru do amoniaku oraz technologii magazynowania i transportu amoniaku.	○	●	●
Rolno- spożywczy	Sektor rolno-spożywczy, w szczególności destylarnie, cukrownie, inna produkcja rolno-spożywcza i przetwórstwo spożywcze to wiodące obszary występowania wysokich emisji CO₂, wymagające dekarbonizacji. Wodór może stanowić niskoemisyjny substytut dla obecnie wykorzystywanych mediów energetycznych, w tym gazu ziemnego, czy energii elektrycznej pochodzącej z sieci elektroenergetycznej. Sektor rolno-spożywczy może stanowić źródło odpadów organicznych – substratu wykorzystywanego w produkcji biogazu / biometanu / biowodoru. Z punktu widzenia regulacji UE, odpady organiczne stanowią najbardziej perspektywiczny substrat do produkcji biogazu. Istnieją możliwości rozwoju produkcji wodoru w oparciu o technologie „ciemnej” fermentacji, wykorzystujące ścieki z cukrowni. Wprowadzenie ciągników i innych pojazdów rolniczych napędzanych wodorem wzmocni proces dekarbonizacji rolnictwa.	●	●	○
Motoryzacyjna	Przedsiębiorstwa stanowiące zabezpieczenie łańcucha budowania wartości w branży motoryzacyjnej, producenci części pojazdów są ważnym zapleczem kompetencyjnym dla rozwijającej się branży technologii wodorowych. Rozwój produkcji komponentów wykorzystywanych w gospodarce wodorowych wymaga między innymi kompetencji związanych z: automatyzacją systemów produkcji, precyzyjną obróbką metali, technologiami pokrywania materiałów, produkcją zaworów, produkcją zbiorników do magazynowania gazów, testowaniem urządzeń i laboratoriami. Wdrożenie produkcji na terenie Wielkopolski nowych rodzajów pojazdów z jednostką napędową opartą o wodór, jak na przykład pojazdy terenowe,	○	●	●

	pojazdy dostawcze, czy mini autobusy szkolne będzie dopełnieniem łańcucha wartości w transporcie.	
Ciepłownictwo	Branża ciepłownicza boryka się z rosnącymi wymaganiami związanymi z dekarbonizacją, które wpływają negatywnie na rentowność tradycyjnych biznesów, opartych o użycie paliw kopalnych. Wykorzystanie niskoemisyjnego wodoru może zmniejszyć uzależnienie sektora od paliw kopalnych, w tym w szczególności gazu ziemnego. Istnieje możliwość zastosowania domieszki wodoru w turbinach typu „hydrogen ready”. Możliwości wykorzystania wodoru są uzależnione od możliwości inwestycji w źródło niskoemisyjnego wodoru lub współpracy z potencjalnymi dostawcami wodoru – bezpośrednio do jednostki wytwórczej lub za pośrednictwem istniejącego lub dedykowanego układu dystrybucyjnego. Technologie wodorowe stwarzają też możliwości rozwoju niewielkich jednostek wytwórczych kogeneracyjnych, pozwalających na wykorzystanie wodoru niskoemisyjnego na ekologicznych, samowystarczalnych energetycznie osiedlach. Stwarza to szanse na budowę lokalnych klastrów energetycznych zagospodarowujących lokalne odpady (ściekowe, komunalne, nierecyklingowane) do produkcji wodoru i wykorzystanie go w systemie ciepłownictwa.	
Przetwórstwo przemysłowe	Technologie wodorowe pozwalają na ograniczenie konsumpcji paliw kopalnych oraz na zwiększenie poziomu samowystarczalności energetycznej. Spodziewane i rekomendowane wdrożenia w branżach kojarzonych z wysokimi emisjami CO₂, w tym w szczególności: huty szkła, przemysł drzewno-papierniczy, przetwórstwo budowlane, huty aluminium, producenci maszyn, urządzeń, oświetlenia, czy mebli. Możliwość wdrożenia instalacji OZE z magazynami energii w postaci wodoru oraz jednostkami kogeneracyjnymi pozwalającymi na wykorzystanie wodoru. Potencjalne możliwości generacji energii elektrycznej w okresach ograniczonej produkcji w źródłach OZE.	
Utylizacja odpadów, oczyszczalnie ścieków	Instalacje termicznego przetwarzania odpadów, biogazownie bazujące na odpadach pozwalają na zagospodarowanie strumienia odpadów nierecyklingowanych. Jednakże istniejące rozwiązania wiążą się z emisją CO₂ do atmosfery. Procesy związane z utylizacją odpadów stanowiły czwartą, pod względem wielkości, kategorię emisji w Wielkopolsce. Istnieją możliwości rozwoju istniejących instalacji biogazowych w kierunku wytwarzania biometanu i biowodoru. Mogą być także rozwijane instalacje z obszaru Waste-to-hydrogen – w oparciu o istniejące lub planowane instalacje termicznego przetwarzania odpadów lub jako nowe obiekty. Podstawowym kierunkiem zagospodarowania wodoru niskoemisyjnego pozyskiwanego w procesach Waste-to-hydrogen będzie wykorzystanie go jako nośnika energii w systemach ogrzewania oraz jako paliwo w pojazdach terenowych, śmieciarkach i innych pojazdach użytkowych. Ciepło odpadowe wytwarzane w procesach wytwarzania wodoru może być wykorzystywane w lokalnych systemach ciepłowniczych – jako główne źródło ciepła lub jako źródło uzupełniające w bardziej rozbudowanych systemach ciepłowniczych. Odpadowa para wodna niskotemperaturowa w połączeniu z energią odnawialną może być wykorzystana do produkcji wodoru w elektrolizerach stałotlenkowych.	

○ - nie dotyczy ● - ograniczony potencjał ● - duży potencjał

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.



TRANSPORT JAKO WIODĄCY OBSZAR ZAGOSPODAROWANIA ZEROEMISYJNEGO WODORU W WIELKOPOLSCE

Mając na uwadze zidentyfikowane potrzeby dekarbonizacji sektorów oraz istniejące i projektowane regulacje w zakresie wymogu stosowania zeroemisyjnych autobusów miejskich, transport zbiorowy będzie głównym stymulantem rozwoju rynku wodoru w Wielkopolsce w kolejnych latach.

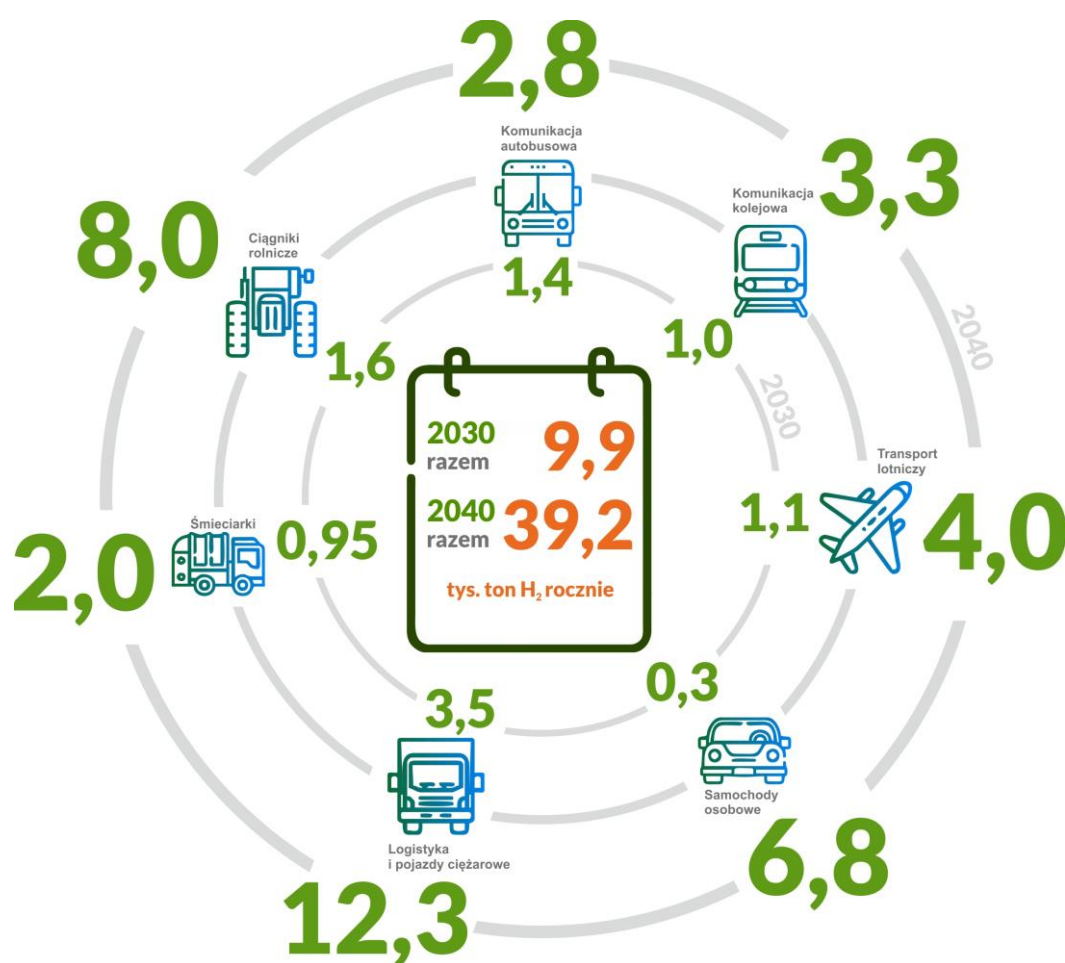
Ilustracja: www.solarisbus.com

7. POTENCJAŁ WIELKOPOLSKI W ZAKRESIE WYKORZYSTANIA WODORU

7.1 Transport

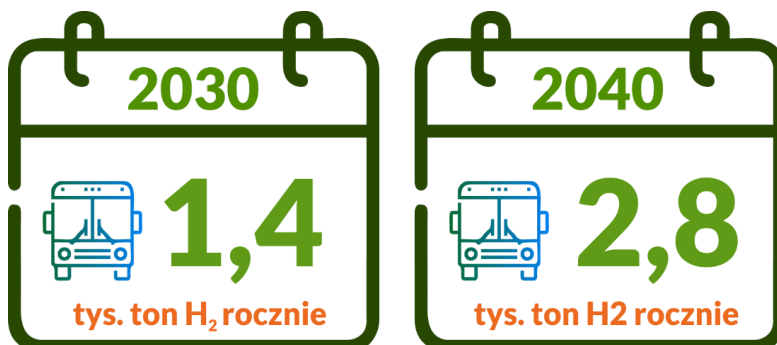
Transport to wiodący kierunek wykorzystania wodoru (poza zagospodarowaniem wielkoskalowym w przemyśle). W pojazdach wodór wykorzystywany jest do produkcji energii elektrycznej w ogniach paliwowych. Z uwagi na wymagania ogni, w pojazdach wykorzystuje się wodór wysokiej czystości, tj. 99,999% (tzw. wodór 5.0, spełniający wymagania norm SAE J-2719 i ISO 14687-2). Wodór 5.0 można uzyskać metodą elektrolizy lub w innych procesach z wykorzystaniem dodatkowych instalacji poprawiających parametry uzyskiwanego wodoru.

Prognozowane zapotrzebowanie na wodór w Wielkopolsce (sektor transportu):



7.2 Komunikacja autobusowa

Prognozowane zapotrzebowanie w województwie wielkopolskim:



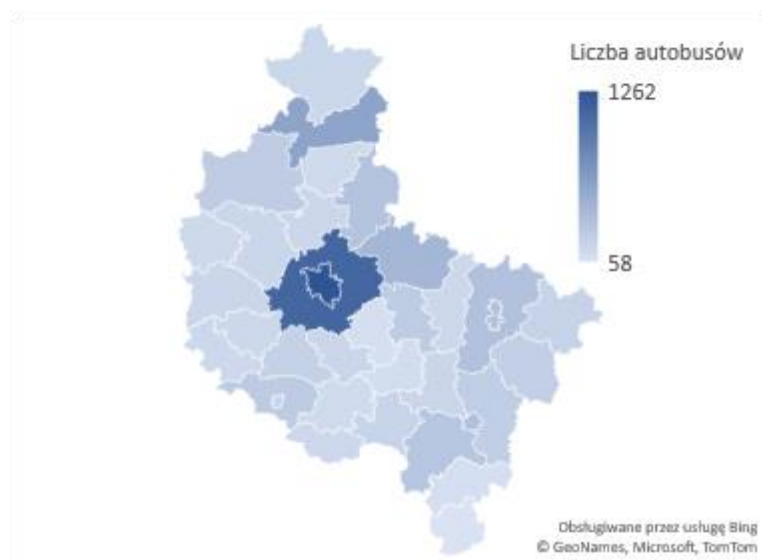
37 tys. ton CO₂

Wdrożenie technologii wodorowych w komunikacji autobusowej może przyczynić się do redukcji emisji CO₂ na poziomie 37 tys. ton rocznie w perspektywie 2040 roku.

Na koniec 2021 roku w województwie wielkopolskim było zarejestrowanych ogółem 9 410 autobusów (zarówno sektor prywatny, jak i sektor publiczny¹³). W rozkładzie terytorialnym dominuje Poznań i powiat poznański, gdzie łącznie zarejestrowanych było 2 374 autobusów. W drugim w kolejności powiecie pilskim zarejestrowanych było 596 autobusów.

WYKRES 10

Liczba autobusów zarejestrowanych w powiatach według stanu na koniec 2021 roku



¹³ Do obliczeń spodziewanego zapotrzebowania na wodór ze strony autobusów wykorzystano pozyskane dane dotyczące liczby autobusów wykorzystywanych do realizacji usługi transportu zbiorowego na rzecz wybranych gmin. Uwzględniono także szacunkowe dane dotyczące liczby autobusów świadczących usługi transportu o charakterze regionalnym (tzw. PKS-y).

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych GUS.

Główną determinantą, stymulującą rozwój komunikacji opartej o pojazdy zeroemisyjne, jest ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych z dnia 11 stycznia 2018 roku wraz z późniejszymi zmianami, w tym w szczególności z jej nowelizacją z 2021 roku. Ustawa wprowadza wymagane poziomy udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych przez operatora pojazdów przy świadczeniu usług transportu zbiorowego na rzecz samorządów, z wyłączeniem gmin i powiatów poniżej 50 tys. mieszkańców:

- 5% od 1 stycznia 2021 roku;
- 10% od 1 stycznia 2023 roku;
- 20% od 1 stycznia 2025 roku;
- 30% od 1 stycznia 2028 roku.

Ponadto, nowelizacja z 2021 roku wprowadziła nowe przepisy (artykuł 68a-68e), które określają minimalne limity pojazdów niskoemisyjnych w ramach nowych zamówień, ale nie odnoszą się do limitów, które zostały przytoczone wyżej, a tym samym **dotyczą one wszystkich jednostek samorządu terytorialnego, bez względu na liczbę mieszkańców**. Zgodnie z nowymi limitami, każdy zamawiający (zarówno publiczny, jak i sektorowy) zobowiązany jest zapewnić udział autobusów zaliczanych do kategorii M3, wykorzystujący do napędu paliwa alternatywne (w całkowitej liczbie autobusów objętych zamówieniami) na poziomie:

- 32% do 31 grudnia 2025 roku;
 - 46% do 31 grudnia 2030 roku;
- przy czym połowa tego udziału ma być osiągnięta przez autobusy zeroemisyjne.

Kolejnymi determinantami są założenia Polityki Energetycznej Polski 2040 (przytoczone również w KPO), zgodnie z którymi **każdy przetarg na autobus w miastach powyżej 100 tysięcy mieszkańców już od 2025 roku powinien dotyczyć wyłącznie zero i niskoemisyjnych pojazdów**.

W tabeli 9 zestawiono wyliczenia w oparciu o przedstawione wyżej limity i szacunki liczby pojazdów (na podstawie danych gmin i innych ogólnodostępnych informacji).

Grupa autobusów zeroemisyjnych obejmuje zarówno pojazdy zasilane ogniwami paliwowymi, jak i wykorzystujące technologię litowo-jonową. Należy zaznaczyć, że z punktu widzenia użytkowego obie technologie znajdują zastosowanie przy obsłudze tras o innej charakterystyce. Technologie wodorowe lepiej się sprawdzają m.in. na trasach wymagających dłuższego zasięgu pojazdu. Przyjęto, że udział autobusów wodorowych w ogólnej liczbie autobusów zeroemisyjnych będzie się kształtował na poziomie 30% w 2025 roku, 40% w 2030 roku oraz 50% w 2040. Dodatkowo, przyjęto, że udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie pojazdów będzie się kształtował na poziomie 35% w 2040 roku.

TABELA 9

Szacowana liczba pojazdów zeroemisyjnych w gminach woj. wielkopolskiego

Gminy i powiaty < 50 tys. mieszkańców	2030	2040
Liczba autobusów	604	604
Wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych	99	113
w tym autobusów wodorowych	40	57
Gminy i powiaty 50-100 tys. mieszkańców	2030	2040
Liczba autobusów	966	966
Wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych	338	580
w tym autobusów wodorowych	135	290

Miasto Poznań	2030	2040
Liczba autobusów	589	589
Wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych	358	589
w tym autobusów wodorowych	143	259

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych gmin i szacunków własnych.

Bazując na danych dotyczących gmin, wyznaczono średni roczny przebieg autobusów na poziomie 54 000 km. Średnie zużycie wodoru przez autobus FCEV wynosi 8 kg/100 km. W oparciu o przedstawione założenia wyliczono szacowane zapotrzebowanie na wodór na potrzeby obsługi autobusowego transportu zbiorowego w woj. wielkopolskim.

TABELA 10

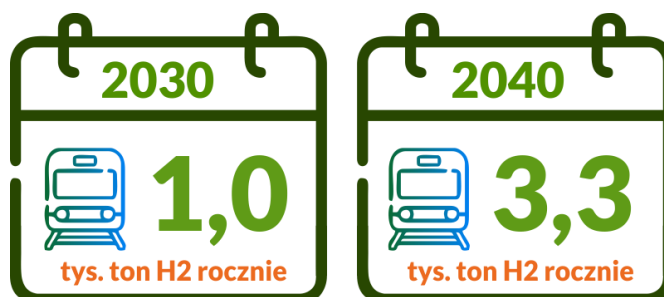
Szacowane zapotrzebowanie na wodór ze strony komunikacji autobusowej w woj. wielkopolskim

Wyszczególnienie	2030	2040
RAZEM autobusów wodorowych	318	641
Zapotrzebowanie na H₂ (tony)	1 374	2 770

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych.

7.3 Komunikacja kolejowa

Prognozowane zapotrzebowanie w województwie wielkopolskim:



Wdrożenie komunikacji kolejowej zasilanej wodorem w założonym zakresie oznacza redukcję emisji CO₂ na poziomie 13,8 tys. ton rocznie.

W obrębie woj. wielkopolskiego część funkcjonujących linii kolejowych o znaczeniu regionalnym jest obecnie niezelektryfikowanych. Linie o znaczeniu krajowym są albo zelektryfikowane, albo są objęte programami elektryfikacji.

Technologie wodorowe umożliwiają dekarbonizację niezelektryfikowanych linii kolejowych, na których obecnie są wykorzystywane pojazdy spalinowe. Eksploatacja taboru z ogniwami paliwowymi wykorzystującymi do zasilania wodór może też stanowić atrakcyjną alternatywę dla kosztownej inwestycji w elektryfikację linii.

Na terenie woj. wielkopolskiego realizowane są modernizacje linii kolejowych. W styczniu 2023 roku została zawarta umowa pomiędzy PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. i Urzędem Marszałkowskim Województwa Wielkopolskiego dotycząca realizacji nowej linii kolejowej pomiędzy Turkiem a Koninem. Budowa linii kolejowej

Konin – Turek jest współfinansowana z rządowego programu Kolej+ w wysokości 85%. Pozostałe 15% finansowane jest budżetu samorządu wojewódzkiego i samorządów lokalnych: powiatu tureckiego i powiatu konińskiego. Zgodnie z założeniami, jednotorowa, **zelektryfikowana linia** ma liczyć ok. 38 km i powinna powstać do końca 2028 roku.

W ramach programu Kolej+ planowane są prace związane z rewitalizacją linii:

- ☐ 369 na odcinku Śrem – Czempin – obejmuje elektryfikację linii,
- ☐ 368 Międzychód – Szamotuły – **nie obejmuje elektryfikacji linii**,
- ☐ 360 Gostyń – Kąkolewo - **nie obejmuje elektryfikacji linii**,
- ☐ 236/390 Czarnków – Rogoźno – Wągrowiec – **nie obejmuje elektryfikacji linii**.

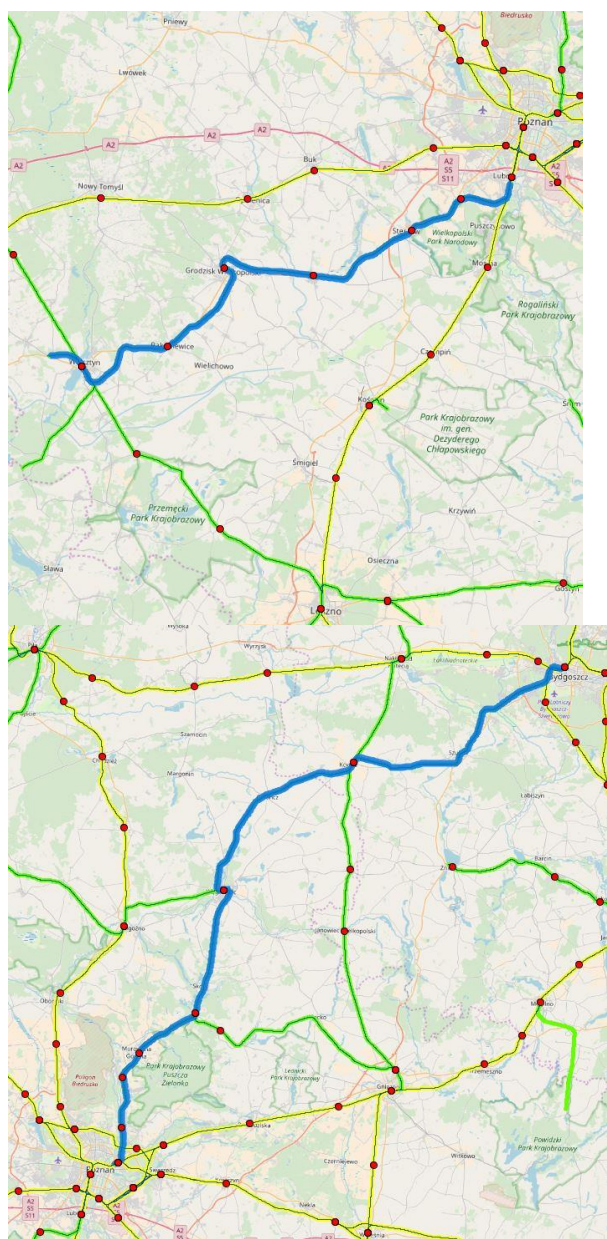
W przyszłości istnieje możliwość wykorzystania taboru wodorowego na liniach niezelektryfikowanych.

RYSUNEK 9

Mapa wybranych linii kolejowych na obszarze woj. wielkopolskiego

Linia kolejowa 357 (niezelektryfikowana)

Linia kolejowa 356 (niezelektryfikowana)



— Linie zelektryfikowane

— Linie niezelektryfikowane

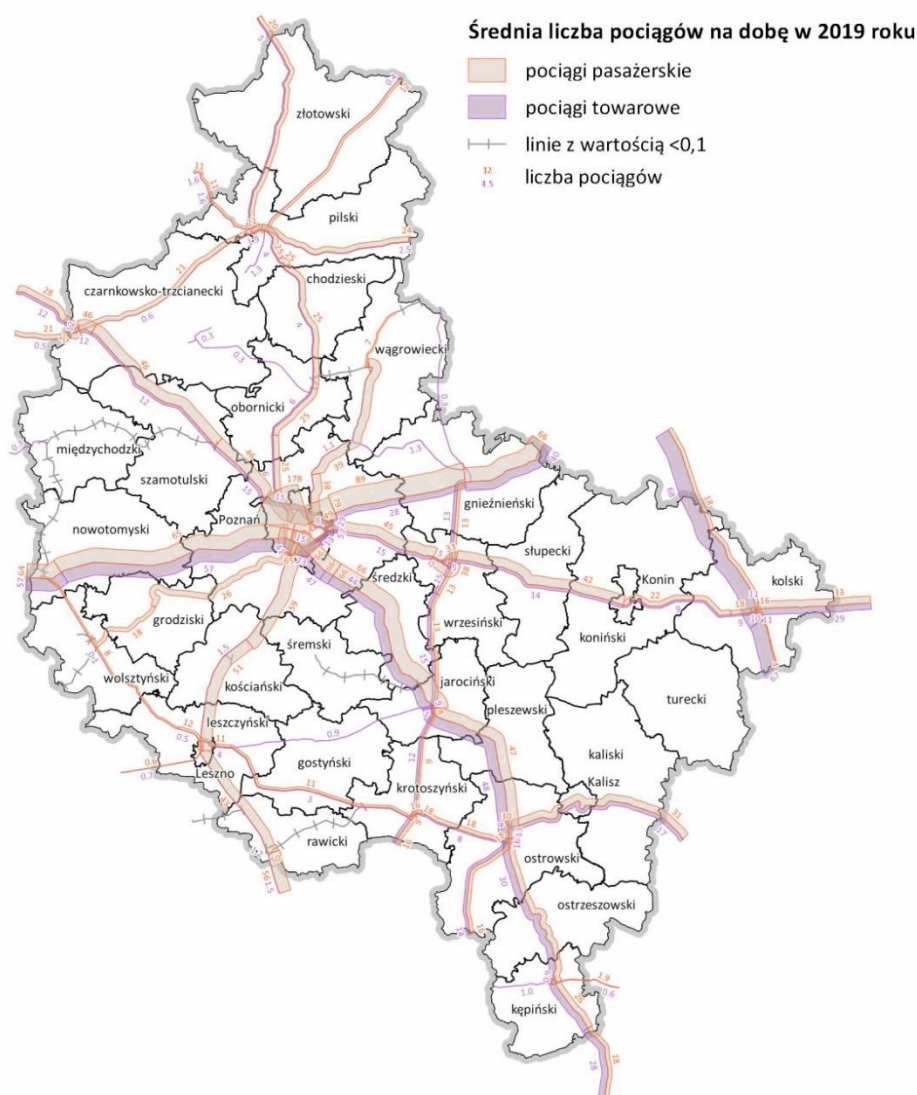
Źródło: PKP PLK S.A. Mapa w pełnym rozmiarze dostępna pod adresem: <http://mapa.plk-sa.pl/>

Mając na uwadze stan procesu elektryfikacji linii kolejowych w województwie wielkopolskim, wydaje się zasadne podjęcie działań mających na celu wdrożenie pojazdów zasilanych wodorem na co najmniej dwóch odcinkach o dużym natężeniu ruchu pasażerskiego, tj. na linii 356 (Bydgoszcz – Poznań) o długości 127 km (39 pociągów pasażerskich na dobę w 2019 roku) oraz na linii 357 (Poznań – Wolsztyn) o długości 77,5 km (36 składów pasażerskich w ciągu doby)¹⁴. W Wągrowcu mieści się nowy Punkt Utrzymania Taboru KW, tym samym eksploatacja pojazdów wodorowych w początkowym okresie na liniach 356 i 357 z punktu widzenia ich serwisowania i tankowania byłaby korzystna. W kolejnych latach możliwe jest uruchamianie taboru wodorowego na innych liniach niezelektryfikowanych, w tym na linii 359, jak i na rewitalizowanych liniach, dla których nie jest planowana elektryfikacja, np. 368, 360, 236, 390.

¹⁴ Na podstawie danych Departamentu Transportu UMWW oraz Regionalnego Planu Transportowego dla Województwa Wielkopolskiego w Perspektywie do 2030 roku, 2022 rok.

RYSUNEK 10

Struktura ruchu kolejowego w 2019 roku w województwie wielkopolskim



Źródło: Regionalny Plan Transportowy dla Województwa Wielkopolskiego w Perspektywie do 2030 roku

Obecnie eksploatowany spalinowy tabor kolejowy wykorzystywany na liniach niezelektryfikowanych, z uwagi na stopień wyeksploatowania, sukcesywnie będzie wycofywany z użytkowania (eksploatowanych jest 25 takich pojazdów). W perspektywie 2040 r. wycofane zostaną około 22 składy. Tabor ten może sukcesywnie być zastępowany pojazdami wodorowymi.

W oparciu o dane dotyczące natężenia ruchu pasażerskiego na kluczowych trasach, wyliczono potencjalne zapotrzebowanie na wodór w perspektywie roku 2030.

TABELA 11

Prognozowane zapotrzebowanie na wodór dla wybranych linii kolejowych w woj. wielkopolskim

Linia kolejowa	Długość km	Liczba składów szt.	Zużycie H ₂ kg/km ¹⁵	Zapotrzebowanie H ₂ ton/rok
356	127	39	0,22-0,36	398-651
357	77,54	36	0,22-0,36	224-367
RAZEM				622-1 018

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.

Roczne zapotrzebowanie, wynikające z wdrożenia komunikacji kolejowej opartej na wodorze na dwóch liniach kolejowych kształtuje się na poziomie ok. 1 000 ton H₂.

Dodatkowo, w latach 2030-2040 możliwe jest zastąpienie 22 wycofywanych z eksploatacji lokomotyw spalinowych ich odpowiednikami zasilanymi wodorem. Oznacza to dodatkowy popyt na wodór rzędu 1 400 – 2 300 ton rocznie. Łączne zapotrzebowanie na wodór, ze strony transportu kolejowego może wynieść 3,3 tys. ton w 2040 roku.

7.4 Transport lotniczy

Prognozowane zapotrzebowanie w województwie wielkopolskim:



Wdrożenie technologii wodorowych w lotnictwie przyczyni się do ograniczenia emisji na poziomie 31,9 tys. ton CO₂ rocznie.

Jak opisano w rozdziale 5.1, w odniesieniu do transportu lotniczego formułowane są znaczące wymagania w zakresie wykorzystania paliw RFNBO, bazujących na wodorze. W praktyce, wodór będzie wykorzystywany do produkcji paliwa syntetycznego, substytutu obecnie stosowanej kerozyny.

Lotnisko Poznań-Ławica obsłużyło w 2021 roku 1,055 mln pasażerów i bazując na danych GUS, lotnisko w Poznaniu odpowiadało za 5,3% ogółu ruchu pasażerów w Polsce. W przeciągu ostatnich 5 lat, udział lotniska

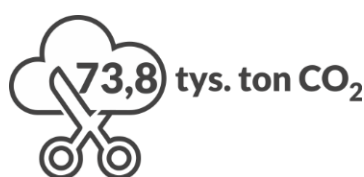
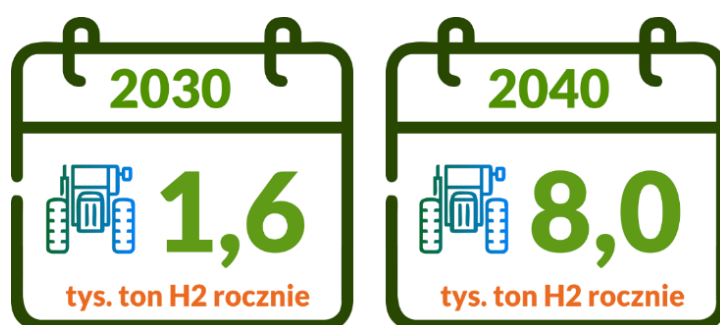
¹⁵ Napędy trakcyjne pojazdów szynowych zasilane wodorem (cz. 2). „Kwartalnik Pojazdy Szynowe objęty jest patronatem Komitetu Transportu Polskiej Akademii Nauk”. Nr 3/2021

Ławica w krajowym ruchu pasażerskim oscylował w granicach 4,6-5,4% z maksymalnym ruchem w 2018 roku na poziomie 2,476 mln pasażerów.

Zakładając, że udział lotniska w krajowej konsumpcji paliw jest adekwatny do jego udziału w ruchu lotniczym można przyjąć wielkość zużycia paliw lotniczych na Lotnisku Poznań-Ławica na poziomie ok. 1,4 mln m³. **Spełnienie wymogu 5% udziału paliw RFNBO w strukturze paliw wykorzystywanych oznacza zapotrzebowanie na wodór rzędu 1,1 tys. ton w 2030 roku. Do 2050 roku udział ten ma wzrosnąć do poziomu 63%, co przekłada się na popyt rzędu 14,1 tys. ton wodoru rocznie. Zakładając stopniowy wzrost udziału RFNBO w strukturze paliw można oszacować zapotrzebowanie rzędu 4,0 tys. ton w roku 2040.**

7.5 Ciągniki rolnicze

Prognozowane zapotrzebowanie w województwie wielkopolskim:



Wdrożenie technologii wodorowych w rolnictwie pozwoli na ograniczenie emisji na poziomie 73,8 tys. ton CO₂ rocznie.

Mając na uwadze spodziewany wzrost rynku biometanu w Polsce, istnieje możliwość wykorzystania paliw bazujących na biometanie do zasilania maszyn rolniczych. Produkcja biometanu otwiera możliwości wykorzystania pojazdów zasilanych gazem CNG, jak i pojazdów wykorzystujących wodór (bezpośrednio lub w formie pochodnych, tj. paliwa syntetycznego bazującego na wodorze, np. e-diesel¹⁶). Dostępne technologie pozwalają na wykorzystanie ciągników zasilanych ogniwami paliwowymi lub wykonanych w technologii dual fuel (wodór jako dodatek do silników diesla)¹⁷.

Zgodnie z danymi GUS, w 2021 roku w województwie wielkopolskim było zarejestrowanych blisko 190 tysięcy ciągników rolniczych. Dla wyznaczenia potencjalnego zapotrzebowania na paliwo wodorowe założono stopniowy wzrost wykorzystania pojazdów wodorowych z 2% w 2030 roku do 10% w 2040 roku.

Aktualnie, przeciętne zużycie oleju napędowego na 1 ha upraw wynosi 126 litrów, co przy średniej powierzchni przypadającej na 1 ciągnik rolniczy na poziomie 11,5 ha oznacza zapotrzebowanie 5,5 mln litrów oleju napędowego w całym województwie. Wyznaczając ekwiwalent wodoru dla zakładanego poziomu wykorzystania

¹⁶ Paliwo syntetyczne powstające w drodze syntezy wodoru i dwutlenku węgla.

¹⁷ <https://fuelcellsworld.com/news/the-first-hydrogen-tractor-in-the-netherlands/>

pojazdów zeroemisyjnych, **szacowane zapotrzebowanie na wodór w 2030 roku wyniesie 1,6 tys. ton w 2030 roku oraz 8,0 tys. ton w 2040 roku.**

7.6 Śmieciarki

Prognozowane zapotrzebowanie w województwie wielkopolskim:



Wdrożenie technologii wodorowych do zasilania śmieciarek może pozwolić na ograniczenie emisji na poziomie 11,8 tys. ton CO₂ rocznie.

Popyt na paliwo wodorowe na potrzeby pojazdów użytkowych, realizujących usługi publiczne w jednostkach samorządu terytorialnego jest stymulowany nowymi regulacjami, które znalazły się w znowelizowanej Ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Artykuł 68a-68e określa minimalne udziały pojazdów niskoemisyjnych pozyskiwanych w ramach nowych zamówień:

- kategorii M1, M2 i N1 (obejmuje pojazdy przewożące ładunki o masie nieprzekraczającej 3,5 tony) **na poziomie 22% do 31 grudnia roku 2030.**

W odniesieniu do kategorii N2 i N3 (obejmuje pojazdy przewożące ładunki o masie przekraczającej 3,5 tony) przewidziano udział pojazdów zasilanych paliwami alternatywnymi (w tym wodorem) na poziomie:

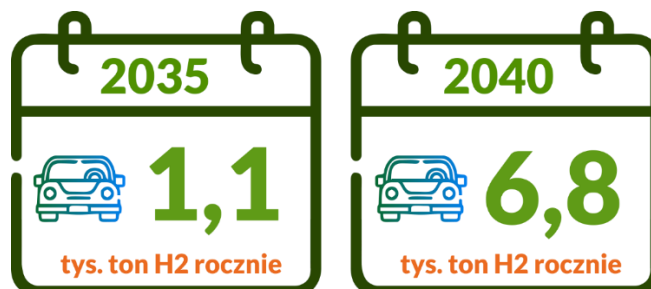
- 7% do 31 grudnia 2025 roku;
- 9% od 1 stycznia 2026 roku do 31 grudnia 2030 roku.

Należy zaznaczyć, że wspomniana Ustawa wprowadza także wymóg posiadania określonego udziału pojazdów zasilanych energią elektryczną lub gazem ziemnym przez jednostki wykonujące zadania publiczne na poziomie 10%, a od 1 stycznia 2025 roku na poziomie 30%. Ten konkretny wymóg nie zakłada możliwości zastosowania pojazdów wodorowych, co, biorąc pod uwagę charakterystykę użytkową pojazdów zasilanych wodorem, jest dużym niedociągnięciem przedmiotowej Ustawy.

Do wyznaczenia popytu na paliwo wodorowe ze strony śmieciarek (lub innych pojazdów gospodarki komunalnej) przyjęto liczbę pojazdów zasilanych tym paliwem na poziomie 150 w roku 2030 oraz 300 w roku 2040. Przy przebiegu 200 km/dobę i średnim zużyciu na poziomie 9 kg/100 km **szacowany popyt na wodór wynosi 0,95 tys. ton w 2030 roku oraz 2,0 tys. ton w roku 2040.**

7.7 Samochody osobowe

Prognozowane zapotrzebowanie w województwie wielkopolskim:



Wdrożenie technologii wodorowych do zasilania samochodów osobowych może pozwolić na ograniczenie emisji na poziomie 78,1 tys. ton CO₂ rocznie.

Średnia liczba nowych rejestracji samochodów osobowych w województwie wielkopolskim wynosi 50 548 rocznie (dane GUS), przy czym zauważalny jest spadek dynamiki nowych rejestracji w ostatnich latach.

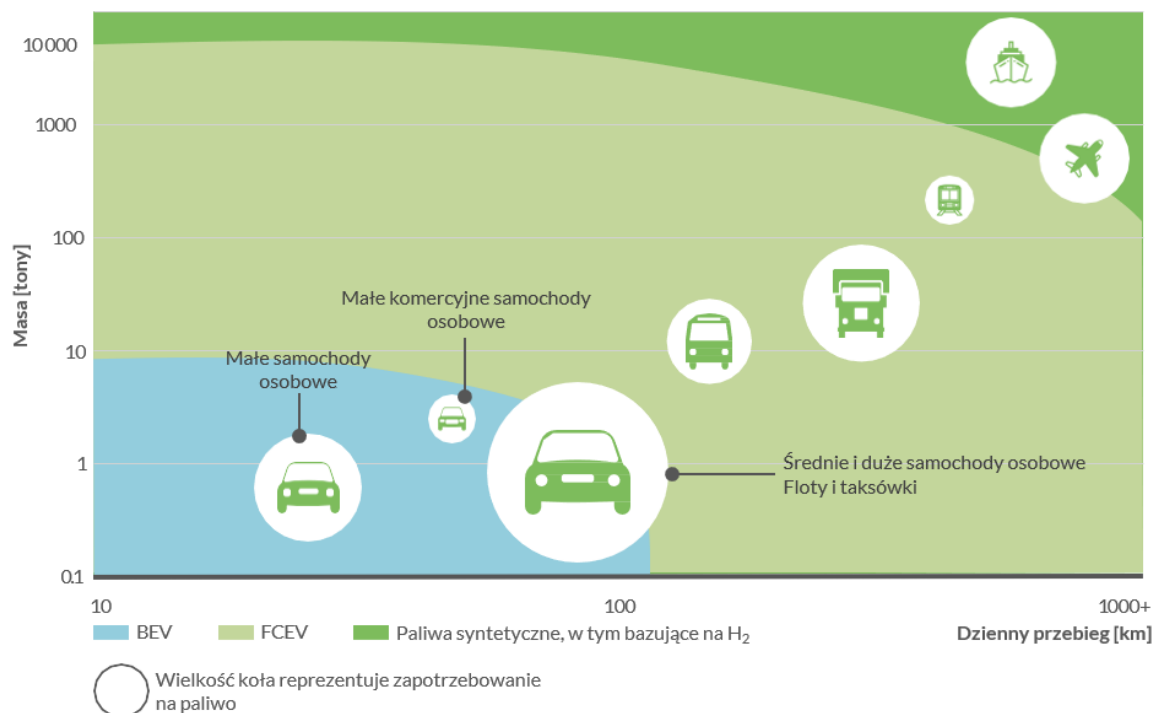
Całkowity zakaz rejestracji nowych samochodów innych niż zeroemisyjne ma nastąpić począwszy od 2035 roku. Trudno określić na chwilę obecną, jak będzie wyglądał proces zastępowania oferty samochodów spalinowych samochodami zeroemisyjnymi. Należy domniemać, że w perspektywie 2035 roku będą współistniały co najmniej trzy zeroemisyjne technologie, dostępne w samochodach osobowych, tj.:

- ☐ samochody elektryczne (EV/BEV);
- ☐ samochody elektryczne z ogniwami paliwowymi zasilanymi wodorem (FCEV);
- ☐ samochody z wodorowymi silnikami spalinowymi (Hydrogen ICE).

W chwili obecnej, na rynku zeroemisyjnych samochodów osobowych dominują samochody elektryczne (EV/BEV). Jednak mając na uwadze spodziewany rozwój technologii oraz infrastruktury tankowania wodorem należy założyć, że udział samochodów wodorowych FCEV/ICE będzie systematycznie rósł. Wzrost wykorzystania wodoru będzie następować głównie w segmentach samochodów komercyjnych: użytkowych, flotowych, czy taksówek. Analizy wskazują, że samochody elektryczne będą dominować w zastosowaniach konsumenckich (do użytku osobistego).

RYSUNEK 11

Segmentacja transportu ze względu na technologię napędu



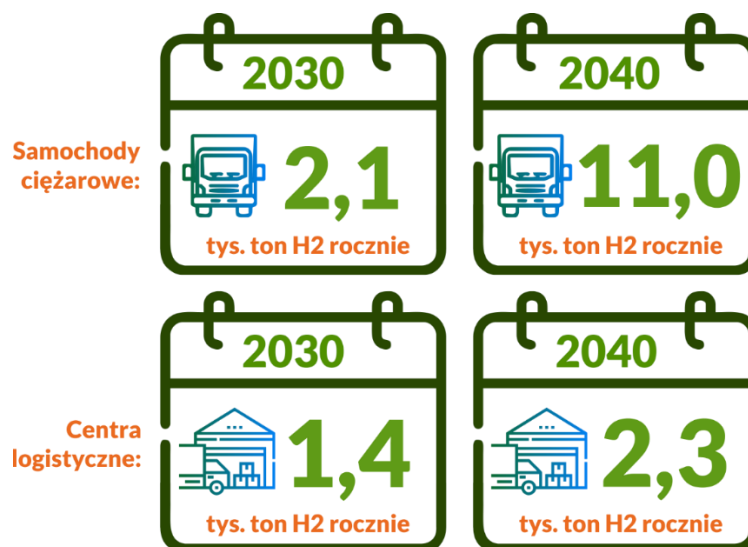
Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie "Hydrogen from renewable power. Technology outlook for the energy transition". Irena. 2018

W celu określenia szacowanego zapotrzebowania na wodór w 2035 roku założono, że technologie wodorowe będą stanowiły 20% ogółu nowo zarejestrowanych zeroemisyjnych samochodów osobowych. W praktyce oznacza to około 10 000 nowych pojazdów w Wielkopolsce począwszy od 2035 roku. Mając na uwadze fakt, że średni przebieg samochodu osobowego w UE wynosi 11 313 km¹⁸ oraz średnie zużycie wodoru na poziomie 1 kg / 100 km **można określić zapotrzebowanie na wodór w 2035 roku na poziomie rzędu 1 131 ton**. Przy czym założono, że już w 2030 zapotrzebowanie na wodór dla pojazdów osobowych będzie wynosiło ok. 300 ton. **W perspektywie 2040 roku roczne zapotrzebowanie na wodór ze strony wodorowych pojazdów osobowych w Wielkopolsce może wynosić około 6 800 ton rocznie**. Zapotrzebowanie to będzie rosło z każdym kolejnym rokiem wraz z nowymi rejestracjami samochodów wykorzystujących technologie wodorowe.

¹⁸ Dane Europejskiego Stowarzyszenia Producentów Samochodów, za: <https://mubi.pl/poradniki/sredni-roczny-przebieg-w-polsce-w-europie/>

7.8 Logistyka i samochody ciężarowe

Prognozowane zapotrzebowanie w województwie wielkopolskim:



Wdrożenie technologii wodorowych w segmencie logistyki może pozwolić na ograniczenie emisji na poziomie 208,1 tys. ton CO₂ rocznie oraz około 50 tys. ton CO₂ rocznie w przypadku zastosowania w wózkach widłowych.

Centra logistyczne stanowią istotny segment gospodarki Wielkopolski. Województwo jest **trzecim w kolejności regionem w Polsce z najwyższym wolumenem przewożonych ładunków transportem samochodowym**.

Potencjalne zapotrzebowanie na wodór uzależnione jest od wielkości i charakterystyki posiadanego sprzętu logistycznego, w tym liczby posiadanych wózków widłowych. Dla potrzeb oszacowania popytu wykorzystano dostępne dane na temat przeprowadzonych badań w zakresie zapotrzebowania na paliwo wodorowe ze strony porównywalnej wielkości centrów logistycznych. Jednym z nich jest park logistyczny Emden, który dysponuje dużymi powierzchniami logistyczno-magazynowymi. Do głównych firm prowadzących działalność w centrum należą: Volkswagen, Amazon, czy Grupa Antolin-Logistik. Badania przeprowadzone w 2020 roku wykazały, że na terenie portu morskiego i centrum logistycznego Emden wykorzystywanych jest 427 sztuk wózków widłowych (w przeważającej części elektrycznych)¹⁹. Analizy wskazały, że wymiana 30% urządzeń na pojazdy zasilane wodorem pozwoliłaby na wygenerowanie popytu na to paliwo rzędu 350 ton rocznie.

W Wielkopolsce znajdują się 4 duże skupiska firm logistycznych oraz powierzchni magazynowych o zbliżonym potencjale do centrum logistycznego Emden. Przyjęcie założenia, że w 2030 roku 30% wykorzystywanych wózków widłowych w tych centrach byłoby zasilanych wodorem, oznaczałoby **zapotrzebowanie na wodór rzędu 1 400 ton rocznie. Wzrost udziału do poziomu 50% w 2040 roku oznaczałoby zapotrzebowanie rzędu ok. 2 300 ton.**

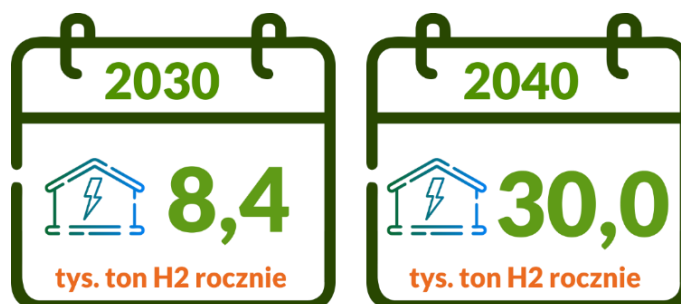
¹⁹ https://klasterwodorowy.pl/images/zdjecia/Andreas%20Hänel_Seaport%20Emden.pdf

W Wielkopolsce zarejestrowanych jest około 350 tys. pojazdów ciężarowych. Uwzględniając dane ITS dotyczące średniego przebiegu pojazdów oraz stopniowy wzrost poziomu wykorzystania pojazdów wodorowych we flocie firm, można oszacować zapotrzebowanie na wodór w perspektywie 2030 oraz 2040 roku. Założono, że udział ciężarówek wodorowych we flotach firm nie będzie w 2030 roku przekraczał 5%, a na terenie województwa będzie tankowane 10% zapotrzebowania na wodór. W 2040 roku prognozuje się wzrost udziału pojazdów wodorowych do poziomu 30%. **Przekłada się to na poziom zapotrzebowania na wodór rzędu 2 100 ton w 2030 roku oraz 11 000 ton w 2040 roku.**

Należy zaznaczyć, że potencjalna alternatywa dla pojazdów ciężarowych, tj. wykorzystanie paliwa CNG, przyczynia się do redukcji emisji CO₂ o 20% względem paliwa konwencjonalnego. Mając na uwadze propozycje Komisji Europejskiej dotyczące oczekiwanej redukcji emisji CO₂ przez pojazdy ciężarowe o 45% w perspektywie 2030 roku oraz 90% w perspektywie roku 2040, można się spodziewać, że na popularności będą zyskiwały technologie pozwalające na wyższy stopień ograniczenia emisji CO₂, w tym w szczególności wodór i paliwa syntetyczne bazujące na wodorze.

7.9 Energetyka. Zapotrzebowanie na magazyny energii

Prognozowane zapotrzebowanie w województwie wielkopolskim:



Uruchomienie magazynów energii w zakładanej skali w perspektywie 2040 roku może ograniczyć potrzebę inwestycji w nowe źródła CCGT, co przyczyni się do ograniczenia emisji CO₂ w Wielkopolsce na poziomie 1,03 mln ton.

Szacunki dotyczące poziomu niezbilansowania systemu (rozdział 8.1) można wykorzystać do obliczenia wymaganej pojemności magazynów energii, które mogłyby świadczyć usługi bilansujące (na zasadzie obecnie wykorzystywanych elektrowni szczytowo-pompowych). W tym celu należy przeprowadzić symulacje częstości występowania nadwyżek energii (jako jedna z dwóch form, obok niedoborów energii, niezbilansowania systemu).

Przeprowadzone na potrzeby niniejszej Strategii wyliczenia wskazują, że w perspektywie 2030 roku przekroczenia mocy rzędu 1 000 MW stanowią 73% ogółu nadwyżek powyżej 50 MW. Jednak łączna długość okresu, w którym występowała nadwyżka jest relatywnie niewielka i wynosi około 300-400 godzin w ciągu roku. W perspektywie 2035 roku przekroczenia mocy w systemie rzędu 2 000 MW mają stanowić 65-67% wszystkich występujących nadwyżek (powyżej 50 MW) – nadwyżki występują podczas 1400-1900 godzin w ciągu roku. Z kolei w perspektywie 2040 roku przekroczenia rzędu 4 000 MW stanowią 59-64% wszystkich występujących nadwyżek (powyżej 50 MW) – nadwyżki występują podczas 2400-3000 godzin w ciągu roku.

Bazując na przytoczonych danych można stwierdzić, że istnieje zapotrzebowanie na magazyn energii o mocy 1000 MW w perspektywie 2030 roku oraz 2000 MW w perspektywie 2035 roku, jak również 4000 MW w perspektywie 2040 roku.

Analizując „Plan rozwoju sieci przesyłowej na lata 2023-2032” można zauważyć, że propozycje PSE dotyczące rozwoju magazynów w Polsce są dalej idące, niż wynikałoby to z przytoczonych wyliczeń. Autorzy opracowania wskazują na potrzebę zastąpienia 2 957 MW mocy zainstalowanych w źródłach zasilanych węglem brunatnym oraz 6 378 MW mocy zainstalowanych w źródłach zasilanych węglem kamiennym. Jak wskazano, alternatywą dla pozostawienia w eksploatacji tych źródeł jest budowa zasobów o równoważnej mocy, zdolności do produkcji energii oraz lokalizacji. Mogą to też być magazyny energii lub instalacje P2G wraz z dodatkową (w stosunku do założonej) mocą źródeł OZE. W praktyce oznacza to potrzebę instalacji blisko 10 GW nowych źródeł wytwórczych lub magazynów do 2032 roku.

Analizy PSE wskazują na potrzebę instalacji 9 335 MW nowych źródeł wytwórczych lub magazynów energii do 2032 roku.

Głównym celem omawianego magazynu energii jest stabilizacja sieci w związku z nieregularną pracą źródeł odnawialnych. Należy zaznaczyć, że w ciągu roku występują okresy nawet kilkunastu dni, w których istnieje obniżona generacja tych źródeł, w wyniku zmniejszonej wietrzności lub niewystarczającego nasłonecznienia. W związku z tym, potencjalna instalacja ogniw paliwowych lub źródeł zasilanych wodorem powinna pozwolić na ciągłą pracę nawet przez okres około 2 tygodni (336 godzin). Oznacza to potrzebę zmagazynowania 672 tys. MWh dla urządzeń o mocy 2000 MW lub nawet 3 360 MWh dla urządzeń o mocy 10 000 MW.

Poziom zapotrzebowania na magazyny energii w Polsce przekalowano do poziomu regionu woj. wielkopolskiego, bazując na danych dotyczących prognozowanego rozwoju źródeł odnawialnych (z uwzględnieniem planowanych morskich farm wiatrowych). Zapotrzebowanie na magazyny rzędu 1 000 MW w 2030 roku w Polsce przekłada się na wielkość 98 MW dla Wielkopolski, a zapotrzebowanie na magazyny rzędu 4000 MW w Polsce – 353 MW dla Wielkopolski.

Zapotrzebowanie na magazyny energii o mocy około 353 MW w perspektywie 2040 roku wygeneruje zapotrzebowanie na magazyny wodoru o pojemności 3 012 ton. Zakładając łączną liczbę cykli zatłaczania i poboru wodoru do/z magazynu na poziomie 10 w ciągu roku, analizowany magazyn wygeneruje zapotrzebowanie na wodór na poziomie ok. 30 tys. ton w 2040 roku.

TABELA 12

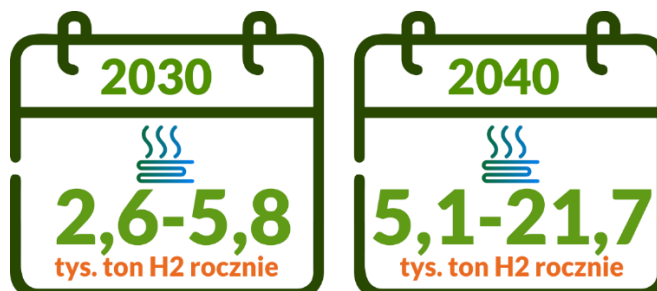
Zapotrzebowanie na wodór związane z magazynami energii

Wyszczególnienie	Zapotrzebowanie na magazyny na podstawie wyliczeń niezbilansowania systemu		
	2030	2035	2040
Moc magazynów w MW – Polska	1 000	2 000	4 000
Moc magazynów w MW – Wlkp.	98	118	353
Pojemność magazynów w Wlkp. (tony H ₂)	834	1 605	3 012
Liczba cykli pracy magazynu w ciągu roku	10	10	10
Zapotrzebowanie na wodór (tony H₂)	8 340	16 050	30 120

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.

7.10 Zapotrzebowanie ze strony systemów ciepłowniczych

Prognozowane zapotrzebowanie w województwie wielkopolskim:



166 tys. ton CO₂

Częściowe zastąpienie gazu ziemnego wodorem w turbinach wykorzystywanych w systemach ciepłowniczych (25% w perspektywie 2040 roku) pozwala na redukcję emisji CO₂ na poziomie 165,7 tys. ton rocznie.

Zgodnie z danymi „Energetyka ciepła w liczbach – 2020” (URE), łączna moc zainstalowana ciepłowni koncesjonowanych (powyżej 5 MW) wynosi w Wielkopolsce 3 298 MW, z czego 3 009,9 MW stanowi moc wykorzystana.

Jednocześnie, zgodnie z rejestrem KOBIZE w Wielkopolsce funkcjonuje 913 średnich ciepłowni o mocy 1-50 MW każda (łączna moc 3 644,6 MW). 746 tych jednostek stanowią źródła o mocy mniejszej lub równej 5 MW – łącznie dają one moc 1 706,6 MW).

Sektor ciepłownictwa, jak każdy obszar gospodarki obciążony wysokimi emisjami do atmosfery, narażony jest na konsekwencje wynikające z potrzeby dostosowania do polityki energetycznej Unii Europejskiej. Transformacja sektora ciepłowniczego zakłada rozwój kogeneracji, wzrost wykorzystania źródeł OZE oraz instalacji Termicznego Przekształcania Odpadów Komunalnych. Ważne, potencjalne obszary modernizacji to także popularyzacja magazynów ciepła i inteligentnych sieci. Zgodnie z szacunkami URE, realizacja działań związanych z polityką dekarbonizacji w ciepłownictwie w Polsce będzie wymagała poniesienia nakładów rzędu 53-101 mld zł w kolejnych 10 latach.

Praktycznym przykładem prowadzonych inwestycji, mających na celu dostosowanie do rosnących wymagań środowiskowych jest inwestycja Veolia Energia Poznań, która na terenie Elektrociepłowni Karolin wybudowała akumulator ciepła. Pozwoli to na zmagazynowanie 4 tys. GJ energii. Veolia Energia Poznań planuje też budowę bloków gazowych o łącznej mocy 214 MWt. Ma to stanowić ważny krok w kierunku całkowitej eliminacji węgla z produkcji ciepła w Poznaniu. Zakończenie budowy nowych bloków gazowych planowane jest na rok 2024. Zgodnie z informacjami pozyskanymi w trakcie realizacji wywiadów pogłębionych z przedstawicielami spółki, nowe bloki gazowe będą zdolne do spalania mieszanki gazu ziemnego oraz wodoru (maksymalnie 10%, tzn. około 517 GWh/rok H₂) i gdy tylko warunki technologiczne i ekonomiczne na to pozwolą Veolia jest gotowa korzystać z tej możliwości.

Z kolei w Elektrociepłowni Kalisz, należącej do grupy PKN Orlen, wybudowano kotłownię rezerwowo-szczytową o mocy ok. 50 MWt oraz zainicjowano budowę układu kogeneracyjnego, składającego się z dwóch silników gazowych. Do kolejnych inwestycji w regionie należy też budowa nowego źródła kogeneracyjnego w MEC Piła (Enea) bazującego na silnikach gazowych o łącznej mocy 8,36 MWt.

Mając na uwadze realizowane i inicjowane procesy inwestycyjne, których celem jest stopniowe odejście od źródeł wytwórczych zasilanych węglem kamiennym, można założyć stopniowy wzrost udziału gazu ziemnego jako paliwa. Uwzględniając fakt, iż realizując bądź planując inwestycje w źródła wytwórcze, wykorzystuje się rozwiązania typu „hydrogen ready”, pozwalające na wykorzystywanie mieszanek gazu z 10% udziałem wodoru, można określić przewidywany potencjał dla wodoru w tym segmencie gospodarki Wielkopolski.

Scenariusze zmian struktury paliw w krajowych systemach ciepłowniczych zostały sformułowane w ramach prac nad „Strategią dla Ciepłownictwa do 2030 roku z perspektywą do 2040 roku”²⁰. Bazując na przedstawionych w Strategii założeniach można przyjąć, że udział gazu ziemnego i biogazu wzrośnie do poziomu 15% w 2030 roku (względem 58% udziału węgla kamiennego) oraz do poziomu 21% w 2040 roku (względem 41% udziału węgla kamiennego). Natomiast w skrajnym scenariuszu (3) już w 2030 roku instalacje zasilane węglem mają niemalże w całości zostać zastąpione instalacjami zasilanymi gazem ziemnym oraz instalacjami typu Power-to-Heat (P2H). Technologie P2H bazują na wykorzystaniu energii elektrycznej do podgrzewania wody w instalacjach ciepłowniczych. Źródłem energii elektrycznej mogą być instalacje OZE, jak farmy wiatrowe, czy panele fotowoltaiczne. Technologie wodorowe mogą stanowić uzupełnienie tych systemów, pozwalające na magazynowanie i bilansowanie energii.

Przyjmując dwa scenariusze rozwoju transformacji sektora ciepłowniczego oraz potencjalnego udziału wodoru w miksie paliw wykorzystywanych przez kotłownie zasilane gazem ziemnym, oszacowano zapotrzebowanie na wodór w perspektywie lat 2030 i 2040.

W przypadku instalowania elektrolizerów dużej mocy (powyżej 10 MW i więcej) istnieje możliwość zagospodarowania ciepła odpadowego z elektrolizerów do podgrzewania wody w systemach ciepłowniczych lub innych wykorzystujących ciepło niskotemperaturowe. Bez znajomości ilości tak dużych instalacji elektrolizerów dokonanie szacunku wielkości ciepła jest niemożliwe.

Scenariusz bazowy:

- ☐ częściowe zastąpienie jednostek zasilanych węglem kamiennym jednostkami zasilanymi gazem ziemnym – 30% do roku 2030 i 50% do roku 2040;
- ☐ udział wodoru w miksie paliw gazowych na poziomie 10% w 2030 roku oraz 25% w roku 2040;

Scenariusz konserwatywny:

- ☐ częściowe zastąpienie jednostek zasilanych węglem kamiennym jednostkami zasilanymi gazem ziemnym – 25% do roku 2040;
- ☐ udział wodoru w miksie paliw gazowych na poziomie 10% w 2030 roku oraz 10% w roku 2040.

Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 13.

²⁰ <https://bip.mos.gov.pl/strategie-plany-programy/strategia-dla-cieplownictwa-do-2030-r-z-perspektywa-do-2040-r/>

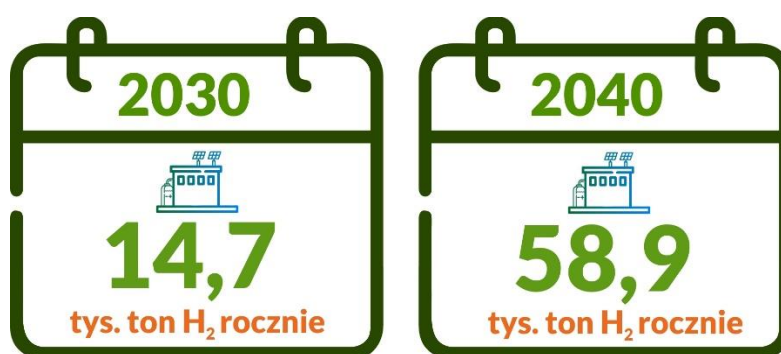
TABELA 13

Prognozowane zapotrzebowanie na wodór w systemach ciepłowniczych w Wielkopolsce

Wyszczególnienie	2025	2030	2040
Scenariusz bazowy			
Zużycie gazu w sektorze ciepłowniczym (TJ)	3 629	8 273	12 313
Udział H ₂	2%	10%	25%
Zapotrzebowanie na wodór (TJ)	73	827	3 078
Zapotrzebowanie na wodór (tony)	512	5 835	21 710
Scenariusz konserwatywny			
Zużycie gazu w sektorze ciepłowniczym (TJ)	2 698	3 753	7 263
Udział H ₂	2%	10%	10%
Zapotrzebowanie na wodór (TJ)	54	375	726
Zapotrzebowanie na wodór (tony)	381	2647	3 122

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.

7.11 Samowystarczalność energetyczna

883 tys. ton CO₂

Zwiększenie samowystarczalności energetycznej do poziomu 20% pozwala na uniknięcie emisji CO₂ w skali 882,6 tys. ton CO₂ rocznie.

W skali regionalnej, to sektor przedsiębiorstw będzie odgrywał znaczącą rolę w inicjowaniu innowacyjnych przedsięwzięć. Wielkopolska jest pryzującym regionem w kraju pod względem koncentracji przemysłu, także w obszarze wysokich technologii.

Przeprowadzone analizy, w tym wywiady prowadzone z członkami Wielkopolskiej Platformy Wodorowej wskazują na wolę aktywnego włączenia się w kształtowanie gospodarki wodorowej, w tym w poszerzenie możliwości zastosowania wodoru do zwiększenia samowystarczalności energetycznej. Wodór jest postrzegany jako skuteczne narzędzie pozwalające na magazynowanie energii w dłuższych okresach, a przez to pozwalające na pełniejsze wykorzystanie potencjału źródeł odnawialnych.

Oszacowanie popytu na wodór w związku z jego wykorzystaniem na cele samowystarczalności energetycznej jest możliwe poprzez odniesienie do aktualnego poziomu konsumpcji energii elektrycznej, gazu ziemnego oraz węgla

kamiennego przez przemysł w woj. wielkopolskim. Dane GUS za 2021 rok wskazują, że sektor przemysłowy w regionie konsumuje rocznie 4 633 GWh energii elektrycznej, 14 335 TJ gazu ziemnego oraz 308 tys. ton węgla kamiennego. **Zakładając, że celem inicjatyw podnoszących samowystarczalność energetyczną jest redukcja konsumpcji mediów energetycznych o 5% w perspektywie 2030 roku, zostanie wygenerowany popyt rządu 14,7 tys. ton wodoru. Zwiększenie stopnia samowystarczalności energetycznej do poziomu 20% w perspektywie 2040 roku oznacza wzrost zapotrzebowania na wodór do poziomu 58,9 tys. ton.**

Należy przy tym zaznaczyć, że sektor MŚP jest w największym stopniu narażony na wpływ ograniczeń o charakterze regulacyjnym i administracyjnym. Mimo, że lokalny biznes często dysponuje potencjałem technologicznym i ekonomicznym, napotyka jednak na trudności wynikające z niejednoznacznych procedur wydawania decyzji środowiskowych, braku odpowiednich zapisów w planach zagospodarowania przestrzennego oraz braku jasnych zasad przyłączenia do sieci elektroenergetycznej. **Postulatem sektora jest wypracowanie prostych i jednoznacznych procedur dla inwestycji w technologie wodorowe o niewielkiej skali.**

Nowe wymagania w zakresie raportowania ESG jako stymulant działań w obszarze redukcji emisji

Polskie firmy w coraz większym stopniu są objęte obowiązkiem raportowania niefinansowego, w skład którego wchodzi takie zagadnienia jak kwestie środowiskowe, procesy związane z pracownikami, czy zarządzaniem i kontrolą firmy (w skrócie: ESG – environmental, social, governance). Dyrektywa o sprawozdawczości przedsiębiorstw w zakresie zrównoważonego rozwoju (Dyrektywa CSRD), weszła w życie 5 stycznia 2023 roku. **Pierwsze firmy (największe spółki giełdowe zatrudniające powyżej 500 pracowników) będą musiały wykonać raporty ESG już za 2024 rok.** W kolejnych latach, grupa przedsiębiorstw objęta tym wymogiem będzie się zwiększać. Małe i średnie firmy notowane na giełdzie będą musiały przedstawić raporty za 2026 rok.

W ramach raportowania ESG firmy będą zobligowane do przekazywania danych o emisjach gazów cieplarnianych w trzech zakresach, tj. emisje bezpośrednie (emitowane bezpośrednio przez firmę), emisje pośrednie (wynikające, np. z zakupu energii) oraz inne emisje (obejmujące cały łańcuch wartości – od dostaw po cykl życia produktu). W przypadku instytucji finansowych, obowiązek wykazywania emisji z łańcucha wartości oznacza, że trzeba np. wykazać emisje związane z finansowaniem inwestycji. Docelowo, będzie to miało wpływ na zakres rzeczowy inwestycji finansowanych przez instytucje, a tym samym mniejsze wsparcie dla inwestycji obciążających klimat.

Dane z raportów ESG będą publicznie dostępne i mogą w przyszłości stanowić podstawę przy podejmowanych wyborach konsumenckich. Natomiast firmy zobowiązane do raportowania ESG, będą zwracały uwagę na swój łańcuch dostaw i oczekiwały od swoich partnerów biznesowych szczegółowych informacji dotyczących pochodzenia produktu czy śladu węglowego.

Technologie wodorowe jako narzędzie zwiększania atrakcyjności inwestycyjnej regionu

Niskoemisyjny wodór ma pozwolić na istotną dekarbonizację sektorów gospodarki, a tym samym ograniczenie kosztów związanych dotychczas z emisjami CO₂. Możliwości pozyskania taniej i zielonej energii będą w kolejnych latach kluczowym czynnikiem decydującym o opłacalności potencjalnej inwestycji w nowe zakłady przemysłowe.

Aspekt pozyskania taniego zeroemisyjnego wodoru ma szczególne znaczenie dla producentów nawozów. Na świecie obserwujemy duże inwestycje w nowe zakłady, infrastrukturę dystrybucyjną, które mają zapewnić niskie koszty produkcji nawozów. Przykładowo, globalny koncern Yara inwestuje w nowe zakłady produkcyjne, które będą mieścić się w Holandii, Australii i Norwegii i we wszystkich tych lokalizacjach produkcja będzie się opierać

na zeroemisyjnym wodorze. Warto zwrócić też uwagę na inwestycje w terminale importowe zielonego amoniaku, jak np. nowy terminal w Rotterdamie, które mają pozwolić na import zielonego amoniaku z krajów, w których koszty wytwarzania zielonego wodoru są relatywnie niższe.

Równie ważne jest zapewnienie podaży taniego, zeroemisyjnego wodoru wykorzystywanego do produkcji paliw syntetycznych, które w Wielkopolsce będą stosowane jako dodatek do paliw lotniczych (syntetyczna kerozyna), a potencjalnie także jako paliwo w samochodach ciężarowych.

Paliwa syntetyczne oraz inne pochodne niskoemisyjnego wodoru będą miały zastosowanie w wielu środkach transportu. Jednak przydatność określonej substancji jest uzależniona od dostępności jednostek napędowych, możliwości dystrybucji i magazynowania. Poniżej przedstawiono przegląd najważniejszych e-paliw bazujących na wodorze oraz ich prognozowane aplikacje.

TABELA 14

Potencjalne zastosowanie e-paliw w transporcie bazujących na wodorze

	e-paliwa	Samochody osobowe	Samochody ciężarowe	Transport morski	Transport lotniczy
Gazowe	e-metan (CH_4)	X	XX	XX	
	e-wodór (H_2)	XX	XX	X	
Ciekłe	e-amoniak (NH_3)	X	X	XXX	
	e-metanol (CH_3OH)	XX	X	X	
	e-diesel	X	XXX	XX	
	e-jet				XXX

X – szacunkowy potencjał danego paliwa; brak X – brak potencjału;

Zielony – główny obszar wykorzystania; Niebieski – obszar wykorzystania, na równi z innymi mediami; Żółty – minimalne zastosowanie

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie "A look into the role of e-fuels in the transport system in Europe (2030-2050). Literature review", Concawe Review, 2019

Zapewnienie dostępu do tanich, zeroemisyjnych nośników energii, jest kluczowe dla zachowania konkurencyjności polskich przedsiębiorstw. Jest też niezbędne dla utrzymania wysokiej atrakcyjności terenów inwestycyjnych. Można założyć scenariusz, w którym **wysoka dostępność taniego i zeroemisyjnego wodoru będzie bodźcem do rozwoju lokalnych instalacji syntezy amoniaku, a nawet inwestycji w produkcję nawozów azotowych.**

Należy zaznaczyć, że technologie produkcji amoniaku na małą skalę są obecnie rozwijane i na tym etapie nie spełniają jeszcze kryteriów opłacalności. Są to obszary wymagające dalszych prac badawczo-rozwojowych. Przykładem firmy wdrażającej nowatorską technologię produkcji amoniaku jest Tsubame BHB Co. Ltd. z Japonii²¹. Firma oferuje technologię produkcji amoniaku w oparciu o własny specjalny katalizator pozwalający na syntezę amoniaku w niższych temperaturach i niższym ciśnieniu niż w powszechnie wykorzystywanej syntezie Haber Boscha. Firma otrzymała pierwsze zamówienie od Daiichi Jitsugyo Co. Ltd. na pierwszy komercyjny projekt demonstracyjny zakładu syntezy amoniaku na małą skalę. W teście demonstracyjnym planuje produkować 500 ton amoniaku rocznie. Rozruch planowany jest na pierwsze półrocze 2025 roku.

²¹ <https://tsubame-bhb.co.jp/en/news/press-release/2023-01-10-3303>

Spółeczności energetyczne jako nowa forma integracji źródeł i konsumentów energii. Klastry energii

Wspieraniem dla rozwoju gospodarki wodorowej mogą być zapisy proponowane w projekcie nowelizacji ustawy o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw (Projekt z dnia 6 marca 2023 r.). Nowelizacja wprowadza modyfikacje, między innymi, definicji klastra energii oraz spółdzielni energetycznej.

Klaster energii określono jako porozumienie, którego stroną jest co najmniej:

- a) jedna jednostka samorządu terytorialnego, lub
- b) spółka kapitałowa utworzona przez jednostkę samorządu terytorialnego z siedzibą na obszarze działania klastra energii, lub
- c) spółka kapitałowa, której udział w kapitale zakładowym spółki, o której mowa w punkcie b, jest większy niż 50% lub przekracza 50% liczby udziałów lub akcji.

Przedmiotem porozumienia jest współpraca w zakresie wytwarzania, magazynowania i bilansowania zapotrzebowania, dystrybucji lub obrotu energią elektryczną, paliwami, ciepłem w celu zapewnienia jego stronom korzyści gospodarczych, społecznych lub środowiskowych lub zwiększenia elastyczności systemu elektroenergetycznego.

Obszar działalności klastra nie może przekraczać obszaru powiatu lub pięciu sąsiadujących ze sobą gmin, zaś członkowie klastra energii są przyłączeni do sieci dystrybucyjnej tego samego operatora systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV.

Zaproponowany mechanizm rozliczania z dystrybutorem energii ma zachęcać do zwiększania udziału energii wytworzonej w instalacjach OZE w całości wytwarzanej energii przez klaster. W nałożonych warunkach korzystania z systemu rozliczeń, są:

- ☐ łączna moc jednostek wytwórczych członków klastra nie większa niż 150 MW,
- ☐ odpowiedni poziom pokrycia zapotrzebowania własną energią:
 - o w ciągu roku nie mniej niż 40% - do końca 2026 r.,
 - o w ciągu każdej godziny nie mniej niż 50% łącznych dostaw – w latach 2027 – 2029,
- ☐ odpowiedni poziom udziału energii pochodzącej z OZE, wytwarzanej i wprowadzanej do sieci dystrybucyjnej:
 - o co najmniej 30% - do końca 2026 r.,
 - o co najmniej 50% - w latach 2027 – 2029,
- ☐ odpowiednia moc magazynów energii:
 - o co najmniej 2% łącznej mocy instalacji wytwórczych klastra – do końca 2026 r.,
 - o co najmniej 5% - w latach 2027 – 2029.

Spółdzielnia energetyczna – to podmiot w rozumieniu prawa spółdzielczego albo prawa o spółdzielniach rolników, którego przedmiotem działalności jest wytwarzanie energii elektrycznej lub biogazu, lub biogazu rolniczego, lub biometanu, lub ciepła, w instalacjach odnawialnego źródła energii, obrót nimi lub ich magazynowanie, dokonywane w ramach działalności prowadzonej wyłącznie na rzecz tej spółdzielni oraz jej członków.

Członkiem spółdzielni energetycznej może być podmiot:

- ☐ którego instalacja jest przyłączona do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej, lub sieci dystrybucyjnej gazowej, lub sieci ciepłowniczej,

- ☐ do którego biogaz, lub biogaz rolniczy, lub biometan, wytwarzane przez spółdzielnię energetyczną lub jej członków ze źródeł odnawialnych są dostarczane w sposób inny niż za pośrednictwem sieci dystrybucyjnej gazowej.

Spółdzielnia może funkcjonować po spełnieniu następujących warunków:

- ☐ jej zakres terytorialny działalności obejmuje: obszar gminy wiejskiej lub miejsko-wiejskiej lub obszar nie więcej niż 3 tego rodzaju gmin bezpośrednio sąsiadujących ze sobą,
- ☐ jeśli przedmiotem działalności jest wytwarzanie:
 - energii elektrycznej – łączna moc zainstalowana elektryczna wszystkich instalacji odnawialnego źródła energii:
 - umożliwia pokrycie w ciągu roku nie mniej niż 70% potrzeb własnych spółdzielni energetycznej i jej członków (do 2025 r. co najmniej 40%),
 - nie przekracza 10 MW,
 - ciepła – łączna moc osiągalna cieplna nie przekracza 30 MW,
 - biogazu – roczna wydajność wszystkich instalacji nie przekracza 40 mln m³,
 - biometanu – roczna wydajność wszystkich instalacji nie przekracza 20 mln m³.

Działalność spółdzielni musi opierać się na instalacjach odnawialnego źródła energii stanowiących własność spółdzielni energetycznej lub jej członków.

Potencjalny rozwój odnawialnych źródeł energii, o zróżnicowanej charakterystyce wytwarzania, będzie wzmacniać rolę magazynów energii, jako stabilizatorów pracy instalacji, gdzie produkcja wodoru z nadwyżek energii byłaby jednym ze sposobów jej przechowywania.

The background image shows two large white wind turbines standing in a field of bright yellow rapeseed flowers. The sky is blue with scattered white clouds. The text is overlaid on a semi-transparent white box in the upper right portion of the image.

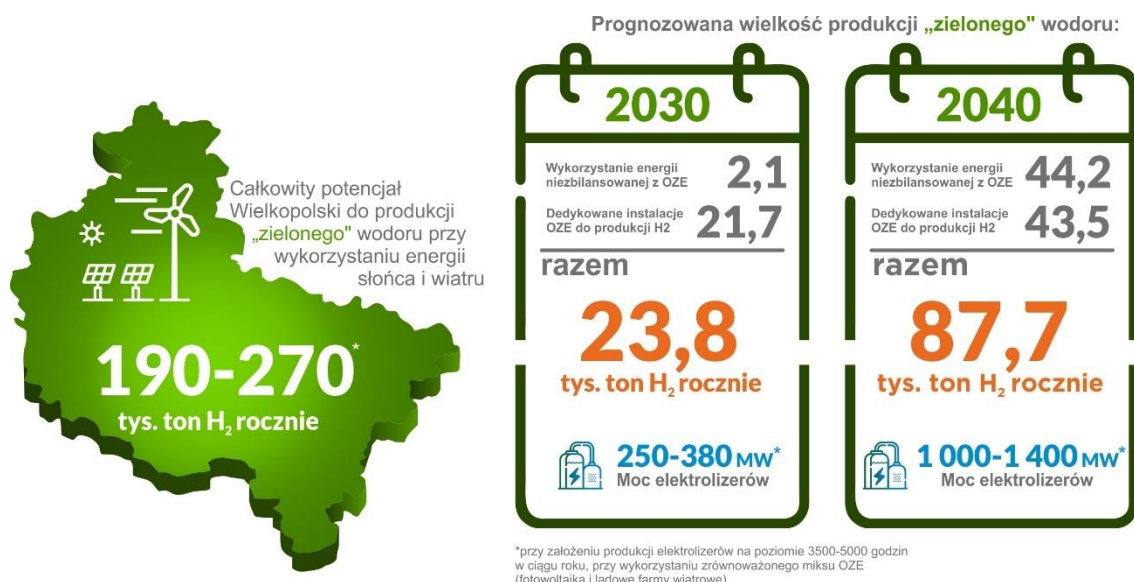
POTENCJAŁ WIELKOPOLSKI W ZAKRESIE WYTWARZANIA WODORU

Mając na uwadze unijne regulacje, główny nacisk powinien zostać położony na rozwój technologii wytwarzania zeroemisyjnego wodoru – powstałego w układach elektrolitycznych z użyciem energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych.

Dla pełnego wykorzystania korzystnych uwarunkowań środowiskowych Wielkopolski wymagane jest ograniczenie zidentyfikowanych barier regulacyjnych i technicznych.

8. POTENCJAŁ WIELKOPOLSKI W ZAKRESIE WYTWARZANIA WODORU

8.1 Wodór zeroemisyjny z elektrolizy



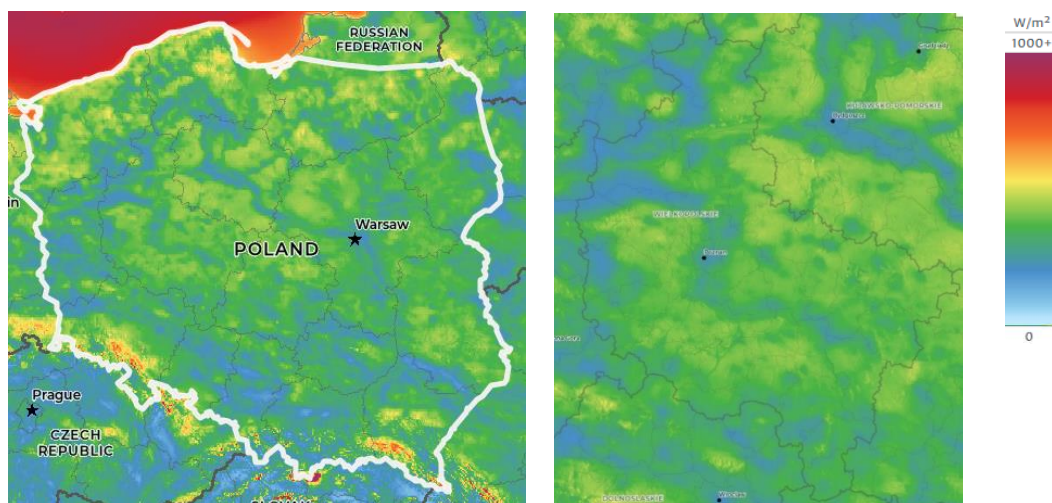
Możliwości produkcji zielonego wodoru w procesie elektrolizy są silnie uzależnione od potencjału źródeł odnawialnych. Możliwości rozwoju OZE zależą natomiast od:

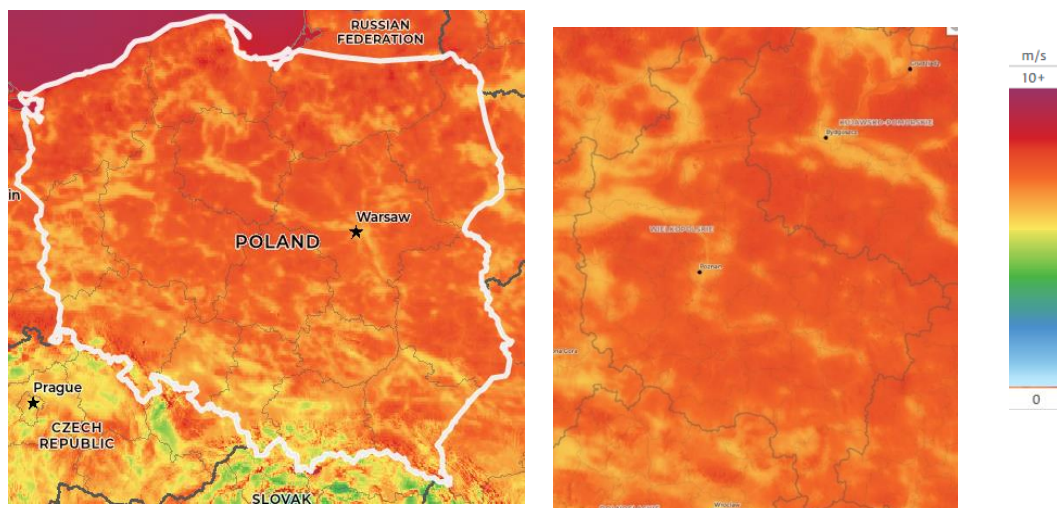
- ☐ warunków przyrodniczych (wietrzność, nasłonecznienie);
- ☐ warunków lokalizacyjnych (ograniczenia regulacyjne, dokumenty planistyczne);
- ☐ warunków systemowych (możliwości włączenia źródeł OZE do Krajowego Systemu Elektroenergetycznego).

Na grafikach przedstawiono dane nt. średniej gęstości i prędkości wiatru w województwie wielkopolskim, na tle danych krajowych.

RYSUNEK 12

Gęstość i prędkość wiatru w Polsce i w Wielkopolsce





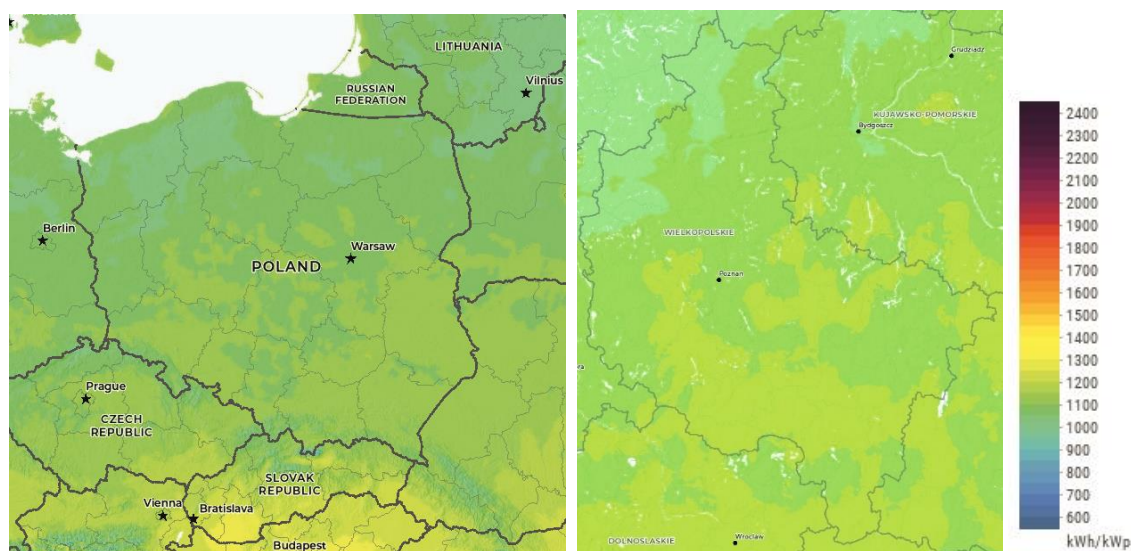
Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie <https://globalwindatlas.info/en/area/Poland>.

Mając na uwadze dane dotyczące średniej gęstości i prędkości wiatru na wysokości 100 metrów, za najkorzystniejsze regiony Wielkopolski pod względem rozwoju energetyki wiatrowej uznaje się regiony centralnej (z wyłączeniem Doliny Warty), wschodniej i północno-wschodniej Wielkopolski.

Wielkopolska dysponuje także relatywnie korzystnymi warunkami przyrodniczymi dla budowy farm fotowoltaicznych. Efektywność instalacji fotowoltaicznych, wynikająca w dużej mierze z warunków nasłonecznienia, jest na przeważającej części regionów województwa wielkopolskiego korzystna. Najlepsze warunki znajdują się w centralnej oraz południowej części województwa.

RYSUNEK 13

Warunki nasłonecznienia w kWh/kWp w Polsce



Źródło: Global Solar Atlas 2.0

Produkcja „zielonego” wodoru z nadwyżek energii elektrycznej, przy uwzględnieniu prognozowanego wzrostu mocy wytwórczych OZE

Korelacja pomiędzy sektorem OZE a gospodarką wodorową

Produkcja wodoru bazująca na źródłach odnawialnych może być realizowana albo w oparciu o dedykowane jednostki, albo przy założeniu wykorzystania energii niezbilansowanej w systemie (nadwyżek energii elektrycznej).

O nadwyżce energii elektrycznej możemy mówić w przypadku, gdy chwilowa generacja z OZE powiększona o minimum techniczne przekracza chwilowe zapotrzebowanie na energię elektryczną pomniejszone o możliwości odbioru energii przez magazyny energii (obecnie ograniczone praktycznie jedynie do pompowania wody przez elektrownie szczytowo-pompowe), zgodnie z równaniem:

$$\Delta P_N = P_{MINtech} + P_{OZE} - P_Z - P_{POMP}$$

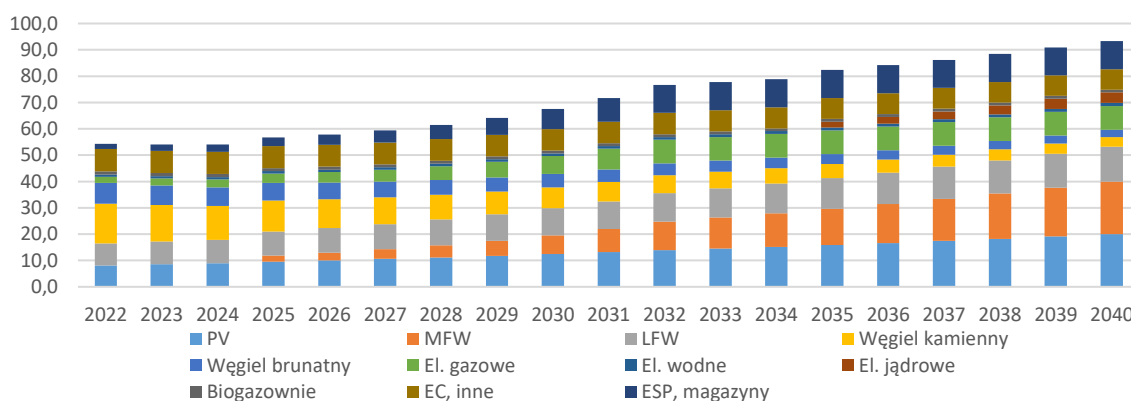
Gdzie: ΔP_N – moc niezbilansowana, $P_{MINtech}$ - minimum techniczne, P_{OZE} - generacja OZE, P_Z - zapotrzebowanie na moc w KSE, P_{POMP} – dostępna moc do pracy pompowej w elektrowniach szczytowo-pompowych.

W celu oszacowania wielkości energii nadwyżkowej w perspektywie najbliższych lat, konieczne jest sporządzenie bilansu energii elektrycznej uwzględniającego wszystkie wyszczególnione w równaniu powyżej elementy, dla każdej godziny roku.

Na potrzeby prognozy zapotrzebowania na energię elektryczną w Polsce założono, że poziom zużycia energii elektrycznej przez odbiorców końcowych będzie się zmieniał zgodnie z prognozami zawartymi w publikacji PSE „Plan rozwoju w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2023-2032²²”. Dane PSE wykorzystano również do sformułowania prognozowanego miksu energetycznego w perspektywie 2032 roku. Do obliczeń na rok 2040 wykorzystano dane z opracowania „Zielony wódór z OZE w Polsce” Polskiego Stowarzyszenia Energetyki Wiatrowej.

WYKRES 11

Prognoza struktury i poziomu mocy wytwórczych w KSE (w GW)



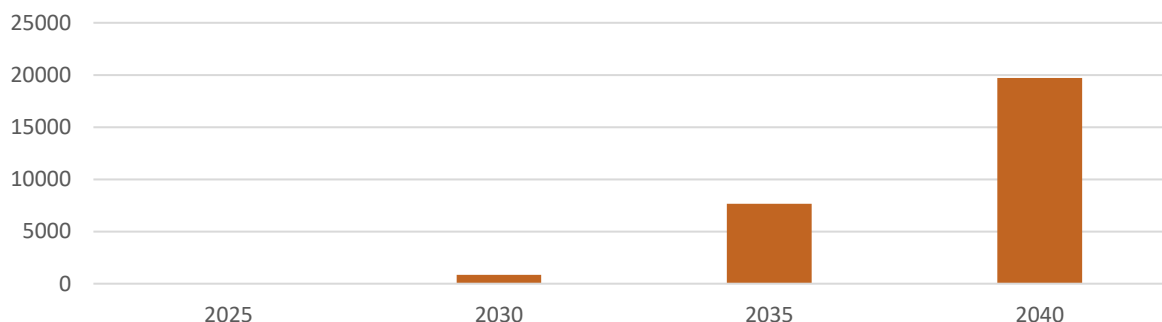
Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych PSE SA (struktura mocy na rok 2032), PSEW „Zielony wódór” (Struktura mocy na rok 2040).

²² PSE, listopad 2022.

W celu wyznaczenia wolumenu nadwyżek energii w systemie oraz określenia przebiegu występowania niezbilansowania, dokonano symulacji pracy KSE dla każdej godziny roku dla okresu do końca 2040 roku. Wyniki obliczeń wskazują, że przy obecnych warunkach rynkowych ryzyko niezbilansowania pojawia się zaledwie w kilku dniach w roku. Są to przede wszystkim dni o ponadprzeciętnie niskim zapotrzebowaniu na energię elektryczną – jak np. święta Bożego Narodzenia. Wykonane obliczenia wskazują jednak, że wraz ze spodziewanym wzrostem zainstalowanych mocy w źródłach wiatrowych i fotowoltaicznych, doraźne, interwencyjne kroki będą wystarczające jedynie do około 2030 roku. W 2035 roku łączna liczba energii nadwyżkowej w systemie elektroenergetycznym wyniesie blisko 8 000 GWh, a w 2040 – prawie 20 000 GWh.

WYKRES 12

Prognozowane ilości energii niezbilansowanej dla scenariusza rozwoju KSE w GWh



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.

Liczbę niezbilansowanych godzin w Polsce przekalowano dla regionu woj. wielkopolskiego, bazując na danych dotyczących prognozowanego rozwoju źródeł odnawialnych (z uwzględnieniem planowanych morskich farm wiatrowych).

Realizacja przedstawionego scenariusza rozwoju OZE pozwoli na wygenerowanie znacznych nadwyżek energii niezbilansowanej po 2030 roku. Zagospodarowanie tych nadwyżek w regionie pozwoli na produkcję wodoru na poziomie 2 135 ton w 2030 roku oraz 44 198 ton w perspektywie 2040 roku.

TABELA 15

Prognoza produkcji wodoru z niezbilansowanej energii OZE (województwo wielkopolskie)

Wyszczególnienie	2025	2030	2035	2040
Szacowany poziom nadwyżek energii dla woj. wielkopolskiego (MWh)	-	84	722	1 741
Produkcja wodoru z nadwyżek (tony H₂)	-	2 135	18 322	44 198

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants. Analizy własne

Dedykowane instalacje OZE do produkcji wodoru

Według stanu na 2022 rok, OSP wydał warunki przyłączenia oraz zawarł umowy przyłączeniowe dotyczące farm wiatrowych i fotowoltaicznych o łącznej mocy 12,2 tys. MW. Dodatkowo OSD dysponowały uzgodnionymi warunkami przyłączenia do sieci 110 kV na poziomie 8,9 tys. MW. W tym czasie, suma przyłączonych do sieci przesyłowej farm wiatrowych i fotowoltaicznych wynosiła 19,9 tys. MW.

Ze względu na duże obciążenie sieci, operator sieci przesyłowych PSE SA - wydając warunki przyłączenia rozpatruje nie tylko możliwości wyprowadzenia mocy, ale też wpływ nowego źródła na bezpieczeństwo pracy Krajowego Systemu Energetycznego (KSE). Na koniec 2022 roku jedynie nieliczne obszary energetyczne Mazowsza, Górnego Śląska, Małopolski oraz w Łódzkiem dysponowały niewielkimi możliwościami przyłączenia

do sieci KSE. Równolegle, także możliwości przyłączenia nowych źródeł wytwórczych do sieci dystrybucyjnej 110 kV były bardzo ograniczone.

Skala przyłączeń nowych źródeł wytwórczych jest konsekwencją nie tylko stanu technicznego sieci przesyłowych i dystrybucyjnych, ale też wynika z regulacji prawnych. Przyjęta w 2016 roku regulacja znana pod nazwą „10H” (Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych²³) wskazywała, że odległość elektrowni od zabudowań musi się równać przynajmniej 10-krotności wysokości instalowanych wiatraków (wraz z łopata stojącą na sztorc). W praktyce oznaczało to dystans od 1,5 do 2 km. W wyniku wprowadzenia regulacji wykluczono z możliwości realizacji inwestycji w farmy wiatrowe 99,72% powierzchni kraju²⁴. Pierwsze zapowiedzi liberalizacji tych zapisów pojawiły się w 2020 roku. W marcu 2023 roku została podpisana Ustawa o zmianie ustawy o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych oraz niektórych innych ustaw, która zmniejsza minimalną odległość elektrowni wiatrowych od zabudowań do poziomu 700 metrów²⁵.

Analizy Instratu, opublikowane w raporcie „Co po węglu? Potencjał OZE w Polsce”²⁶, wskazują na istniejący potencjał źródeł OZE w Polsce – z uwzględnieniem czynników technicznych, środowiskowych, społecznych i ekonomicznych. Dla farm wiatrowych na lądzie łączny potencjał w Polsce został określony na poziomie 44 GW. Z kolei dla farm fotowoltaicznych potencjał ten został określony na poziomie 47 GW. Potencjał dla biomasy wynosi 5,2 GW, natomiast dla biogazu 3,6 GW. Należy zaznaczyć, że szacunki Instrat są niezwykle ostrożne i są znacząco niższe niż szacunki Komisji Europejskiej, która, na przykład dla farm wiatrowych na lądzie, określiła potencjał Polski na poziomie 105 GW. Jak wskazują autorzy raportu, różnice wynikają głównie z metodyki Instratu, uwzględniającej m.in. aspekt społeczny, związany z akceptacją danej technologii.

Raport ten prezentuje także wyliczenia obrazujące skutki obowiązywania zasady „10H” dla rozwoju farm wiatrowych w Polsce. Zgodnie z wynikami analiz, korekta zasady „10H” (zmiana minimalnej odległości od zabudowań do poziomu 500 metrów) pozwoliłaby na zmniejszenie obszaru wyłączanego dla inwestycji z poziomu 99,7% do 88,6-92,9% (w zależności od stopnia liberalizacji), co w konsekwencji przekłada się na wzrost potencjalnej mocy zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych na lądzie o wartość 35,5-45,5 GW względem 8,7 GW przewidzianych dla sytuacji dalszego obowiązywania zasady „10H”. Należy zaznaczyć, że na koniec 2021 roku było w Polsce zainstalowanych 7,2 GW w elektrowniach wiatrowych na lądzie, co w praktyce oznacza sytuację bliską pełnego wykorzystania krajowego potencjału.

Dla farm wiatrowych na lądzie 4,06 GW oszacowanego potencjału przypada na województwo wielkopolskie. Jednocześnie, w przypadku wielkoskalowych farm fotowoltaicznych, potencjał woj. wielkopolskiego oszacowano na poziomie 3,34 GW.

Przypomnijmy, że na koniec 2021 roku w Wielkopolsce zainstalowanych było 919,16 MW w lądowych farmach wiatrowych (1 037 MW z uwzględnieniem zidentyfikowanych projektów, oddanych do eksploatacji w 2022 roku), natomiast 254,12 MW w farmach fotowoltaicznych (nie obejmuje fotowoltaiki prosumenckiej; w 2022 roku oddano do użytku m.in. farmę fotowoltaiczną w Jastrowiu o mocy 3 MW). Oznacza to, że **w województwie wielkopolskim istnieje potencjał do budowy nowych źródeł OZE (farm fotowoltaicznych i wiatrowych) o łącznej mocy ok. 6 100 MW**. Zmiana wymaganej minimalnej odległości elektrowni wiatrowej od zabudowań do poziomu 700 m ogranicza potencjał inwestycji w farmy wiatrowe nawet o 44% względem wariantu zakładającego

²³ <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20160000961>

²⁴ <https://www.cire.pl/artykuly/o-tym-sie-mowi/kiedy-zniesienie-zasady-10-h-rynek-liczy-na-przyspieszenie-prac-legislacyjnych->

²⁵ http://orka.sejm.gov.pl/proc9.nsf/ustawy/2938_u.htm

²⁶ <https://instrat.pl/wp-content/uploads/2021/06/Instrat-Co-po-w%C4%99glu.pdf>

odległość 500m²⁷. **Dodatkowy potencjał województwa wielkopolskiego, uwzględniający to ograniczenie, będzie wynosił zatem 3 400 MW.**

Przyjmując założenie, że do 2030 roku zostanie zagospodarowanych około 25% z ogółu regionalnego potencjału OZE na produkcję wodoru w dedykowanych instalacjach, oznaczałoby to ok. 850 MW dodatkowego potencjału wytwórczego. Wykorzystanie w perspektywie 2040 roku 50% regionalnego potencjału oznaczać będzie 1 700 MW dedykowanych instalacji.

TABELA 16

Szacunki produkcji wodoru bazujące na dedykowanych instalacjach OZE

Wyszczególnienie	2025	2030	2040
Moc dedykowanych OZE (PV+LFW) na potrzeby elektrolizy (MW)	300	850	1 700
Moc elektrolizerów (MW)	120	345	690
Produkcja roczna wodoru (tony)	7 500	21 700	43 500

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.

Wpływ ograniczeń związanych z możliwościami przyłączenia nowych jednostek OZE na rozwój zdolności wytwórczych wodoru

W odniesieniu do sieci przesyłowych energii elektrycznych, suma wydanych warunków przyłączeniowych na woj. wielkopolskie przewyższa planowaną wielkość dostępnych mocy przyłączeniowych do 2027 roku. Równolegle, także możliwości przyłączenia nowych źródeł wytwórczych do sieci dystrybucyjnej 110 kV są bardzo ograniczone. W przypadku większych wytwórców, już w 2021 roku dochodziło do sytuacji odmowy przez OSD wydawania warunków przyłączeniowych.

Układy elektrolizerów nie są jeszcze dzisiaj postrzegane przez operatorów systemów dystrybucyjnych oraz operatorów systemów przesyłowych jako narzędzia pozwalające na regulację systemów elektroenergetycznych. Tymczasem, przeprowadzone analizy wskazują, że poszczególne technologie mogą odgrywać ważną rolę w stabilizacji sieci. Poza wspomnianymi wyżej usługami magazynowania energii (bilansowanie długoterminowe), elektrolizery mogą być wykorzystywane do innych usług regulacyjnych, w tym FCR, aFRR, mFRR, RR, różniące się głównie wymaganym czasem aktywacji (od 30 sekund do 30 minut).

W praktyce, elektrolizery mogą zapewnić możliwości bilansowania sieci poprzez dwie metody zmiany parametrów pracy:

- ☐ wzrost produkcji wodoru, tj. zwiększenie konsumpcji energii elektrycznej i tym samym zagospodarowanie energii nadwyżkowej z sieci;
- ☐ redukcja produkcji wodoru, tj. ograniczenie konsumpcji energii w reakcji na wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną.

Dostępne opracowania²⁸ rozpatrują potencjalne znaczenie dla usług bilansowania różnych dostępnych technologii elektrolizerów, tj. elektrolizerów alkalicznych, PEM oraz stałotlenkowych (SOEC). Poszczególne technologie są analizowane pod kątem elastyczności, efektywności, kosztów i rozmiarów – zarówno obecnie, jak i uwzględniając spodziewany kierunek postępu technologicznego w perspektywie 2030 roku. Wyniki analiz, które syntetycznie zostały ujęte w tabeli 17, wskazują, że największe możliwości świadczenia usług regulacyjnych posiadają elektrolizery typu PEM – głównie ze względu na znacznie większą elastyczność pracy. Umożliwiają one

²⁷ <https://ambiens.pl/pl/blog/energetyka-wiatrowa-na-ladzie-500m-vs-700m/>

²⁸ „Potential of P2H2 technologies”, Frontier Economics, ENTSOE

rozruch i wyłączenie w czasie od 1 sekundy do 5 minut. Mogą one także zwiększyć zużycie energii elektrycznej w zakresie do 100% w ciągu 1 sekundy. Posiadają one także relatywnie największy zakres pracy – od 0 do 160% nominalnej pojemności.

TABELA 17

Potencjał poszczególnych technologii elektrolizerów do świadczenia określonych usług systemowych

Rodzaj usługi		Alkaliczne		PEM		SOEC	
		Dzisiaj	2030	Dzisiaj	2030	Dzisiaj	2030
Regulacja pierwotna	FCR	Tak, z ograniczeniami	Tak, z ograniczeniami	Tak, z ograniczeniami	Tak, z ograniczeniami	Nie	Wątpliwości dot. elastyczności
Regulacja wtórna	aFRR	Tak, z ograniczeniami	Tak, z ograniczeniami	Tak	Tak	Nie	Wątpliwości dot. elastyczności
Regulacja trójna	mFRR	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Wątpliwości dot. elastyczności
Rezerwy zastępcze	RR	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Wątpliwości dot. elastyczności
Kontrola napięcia		Elektrolizery mogą dostarczać moc bierną, jeśli są wyposażone w prostowniki samokompensujące.					
Zarządzanie ograniczeniami		Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Wątpliwości dot. elastyczności

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie „Potential of P2H2 technologies”, Frontier Economics, ENTSOE

Na chwilę obecną, mimo że elektrolizery dają techniczne możliwości pozytywnego oddziaływania na stabilność sieci elektroenergetycznej, brakuje jednoznacznych regulacji pozwalających na zdyskontowanie tego potencjału. Procedowana nowelizacja Ustawy o źródłach odnawialnych wprowadza zmiany do definicji hybrydowej instalacji OZE, w skład której będą mogły wchodzić magazyny energii.

Określona w projekcie ustawy **hybrydowa instalacja odnawialnego źródła energii** oznacza wyodrębniony zespół urządzeń przyłączonych do sieci elektroenergetycznej w jednym miejscu przyłączenia, który wytwarza energię elektryczną wyłącznie z odnawialnych źródeł energii, różniących się rodzajem oraz charakterystyką dyspozycyjności wytwarzanej energii elektrycznej, oraz który spełnia następujące warunki:

- ☐ żadne z urządzeń wytwórczych nie ma mocy zainstalowanej elektrycznej większej niż 80% łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej tego zespołu,
- ☐ wyprowadzenie mocy z urządzeń, wchodzących w skład tego zespołu, do sieci elektroenergetycznej następuje przez urządzenie łączące ten zespół z siecią elektroenergetyczną, służące do transformacji energii do warunków niezbędnych do jej wprowadzenia do tej sieci,
- ☐ zespół ten obejmuje magazyn energii służący do magazynowania energii elektrycznej pochodzącej z urządzeń wytwórczych wchodzących w skład tego zespołu, przy czym udział energii wprowadzonej do sieci elektroenergetycznej za pośrednictwem magazynu energii elektrycznej w łącznym wolumenie energii wprowadzonej do sieci elektroenergetycznej wynosi nie mniej niż 5% na rok, do czego nie wlicza się energii odnawialnej pobranej z sieci.

Potencjalny rozwój odnawialnych źródeł energii, instalacji o zróżnicowanej charakterystyce wytwarzania, będzie wzmacniać rolę magazynów energii, jako stabilizatorów pracy instalacji, gdzie produkcja wodoru z nadwyżek energii byłaby jednym ze sposobów jej przechowywania.

Wprowadzenie w życie zapisów ustawy dotyczących instalacji hybrydowych wymagać będzie współpracy z operatorami systemów w celu wypracowania praktycznych zasad przyłączania do sieci instalacji tego typu.

Niezależnie od możliwości przyłączeniowych, mogą być rozwijane tzw. wyspowe instalacje wykorzystujące technologie wodorowe, pozwalające na zwiększenie stopnia samowystarczalności energetycznej konsumentów. Brak możliwości integracji źródeł OZE i instalacji wytwórczych wodoru z siecią elektroenergetyczną, a tym samym powstawanie niezależnych energetycznie, wyspowych instalacji, stanowi potencjalne zagrożenie dla operatorów

systemów dystrybucyjnych w postaci stopniowej utraty segmentu kluczowych odbiorców. Dlatego, wypracowanie zasad integracji systemu elektroenergetycznego ze źródłami OZE oraz instalacjami wytwórczymi wodoru leży w interesie wszystkich uczestników rynku.

Zapotrzebowanie na wodę w związku z procesem elektrolizy

Do wyprodukowania 1 kg wodoru w procesie elektrolizy wymagane jest użycie 9-25 litrów wody (w zależności od stopnia czystości). Osiągnięcie produkcji wodoru na poziomie 22 tys. ton oznacza zatem zapotrzebowanie na wodę rzędu do 0,6 hm³, a produkcja wodoru na poziomie 84 tys. ton – 2,2 hm³.

W 2021 roku zużyto w województwie wielkopolskim łącznie 1 235 hm³ wody (dane GUS), co stanowiło blisko 14% krajowego zużycia wody w tym roku. Łączne zużycie wody na cele przemysłowe w województwie wielkopolskim wynosiło w 2021 roku 962,5 hm³, z czego przemysł energetyczny w Koninie odpowiadał za 96% „konsumpcji”. ZE PAK SA planuje wygaszenie działalności elektrowni zasilanych węglem brunatnym w kolejnych latach, co istotnie ograniczy zapotrzebowanie na wodę w regionie. Z drugiej strony, wraz z procesem wyłączania elektrowni, będzie realizowana rekultywacja terenów pokopalnianych, która wiąże się z budową nowych zbiorników wodnych.

Patrząc przez pryzmat wykorzystania wody na cele przemysłowe w 2021 roku należy zauważyć, że prognozowane zapotrzebowanie na wodę do celów elektrolizy w 2030 roku stanowi zaledwie 0,06% poziomu obecnego wykorzystania, zaś w 2040 tylko 0,23%.

SRWH₂ 2030 opiera się na założeniu realizacji rozproszonych inwestycji w jednostki wytwarzania wodoru. Przez co potencjalny wpływ tego typu instalacji na dostępne zasoby wody będzie minimalizowany. Mając jednak na uwadze, że w wielu regionach woj. wielkopolskiego zidentyfikowano regiony o wysokim stopniu zagrożenia suszą, rekomenduje się **wdrażanie i promowanie rozwiązań wykorzystujących wodę retencjonowaną** oraz pozyskiwaną z oczyszczalni ścieków lub wodę zutylizowaną z innych obiektów, np. basenów. Jak wskazują regionalne dokumenty strategiczne, w tym Strategia rozwoju województwa wielkopolskiego do 2030 roku, obszarami najbardziej narażonymi na występowanie suszy są regiony południowej i wschodniej Wielkopolski.

Dodatkowo, należy zaznaczyć, że woda wykorzystywana do produkcji wodoru w procesie elektrolizy **powraca do środowiska w postaci produktu ubocznego spalania wodoru** (np. w autobusach i innych pojazdach wykorzystujących ogniwa paliwowe).

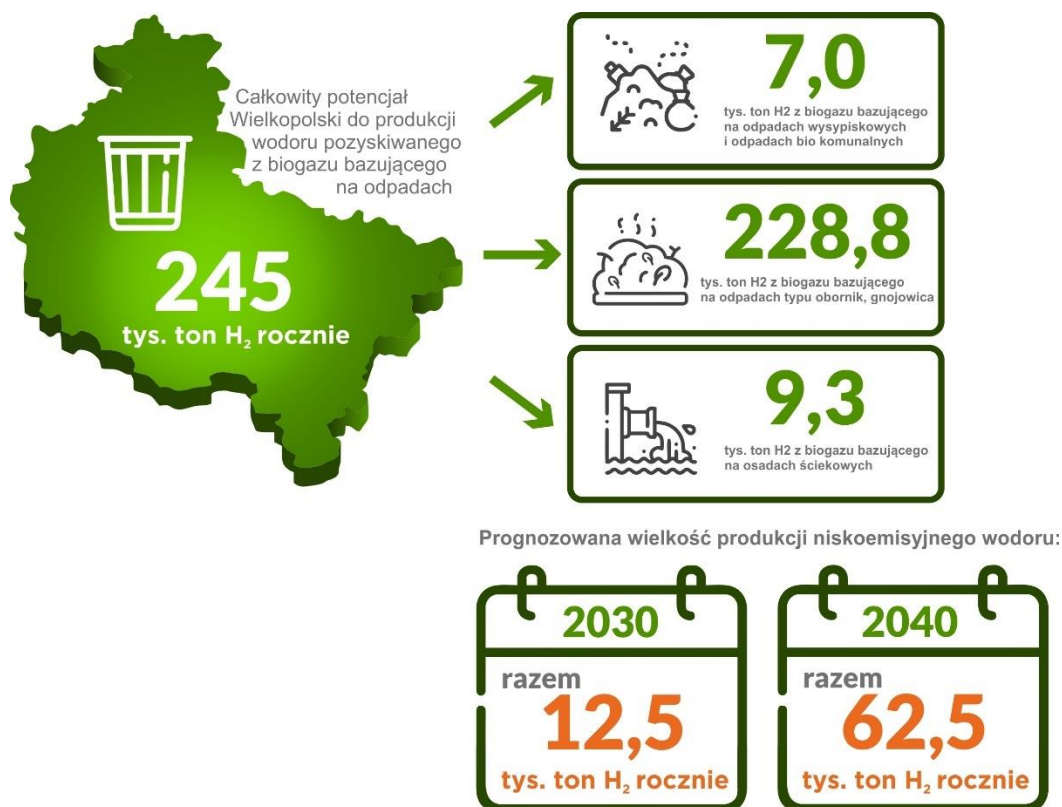


POTENCJAŁ WODORU BAZUJĄCEGO NA BIOGAZIE

Polski rynek biogazu i biometanu boryka się z barierami administracyjnymi, które dotychczas skutecznie ograniczały możliwości rozwoju tego sektora. Jednak przygotowywane przepisy liberalizujące zasady funkcjonowania biogazowni mogą stanowić nowe otwarcie dla branży.

Zwiększenie możliwości inwestycji w produkcję biometanu i integrację z systemami dystrybucji gazu ziemnego nie tylko zwiększa bezpieczeństwo energetyczne kraju, ale pozwala też na zagospodarowanie części strumienia do produkcji niskoemisyjnego wodoru.

8.2 Wodór bazujący na biogazie



Wielkopolska należy do regionów o dużym potencjale produkcji biogazu. Ze względu na dużą powierzchnię ogólną użytków rolnych oraz dobrze rozwinięty sektor rolno-spożywczy istnieje możliwość rozwoju biogazowni rolniczych. Wielkopolska jest drugim województwem w kraju, pod względem mocy zainstalowanej w biogazowniach.

TABELA 18

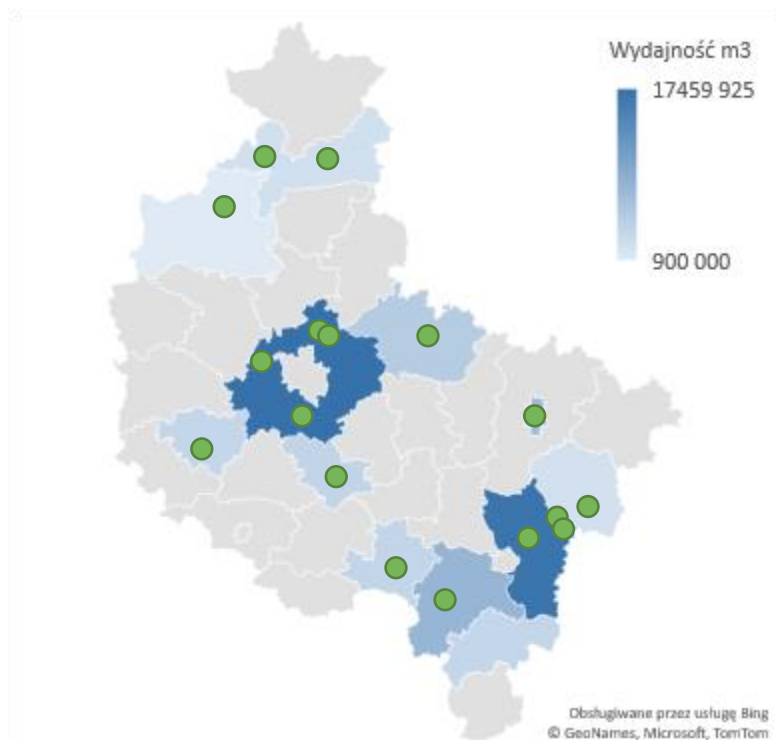
Struktura mocy zainstalowanej w biogazowniach (31.12.2021) według województw

Województwo	Moc zainstalowana [MW]
mazowieckie	27,421
wielkopolskie	26,769
pomorskie	25,481
śląskie	21,694
dolnośląskie	21,409
warmińsko-mazurskie	19,996
zachodniopomorskie	19,854
kujawsko-pomorskie	18,085
lubelskie	15,558
łódzkie	15,005
podlaskie	13,673
małopolskie	10,251
podkarpackie	7,335
lubuskie	6,823
opolskie	4,173
świętokrzyskie	3,822
Suma końcowa	257,349

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych URE

RYSUNEK 14

Lokalizacja biogazowni rolniczych w Wielkopolsce (wraz z wydajnością w m³ na powiat)



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych KOWR.

Główne metody pozyskiwania biogazu z biomasy obejmują wykorzystanie biomasy leśnej, odpadowej, upraw energetycznych oraz odchodów zwierzęcych. Analizując możliwości zastosowania określonych surowców, należy uwzględnić obowiązujące i projektowane regulacje mające na celu zapewnienie zrównoważonych metod pozyskiwania biomasy. W szczególności należy uwzględnić zapisy Dyrektywy UE 2018/2001, które istotnie ograniczają możliwości wykorzystania biomasy leśnej na cele energetyczne²⁹. Wątpliwości budzą przede wszystkim możliwości uznania biogazu bazującego na tego typu surowcach za paliwo odnawialne. Parlament Europejski przygotowuje regulacje, które mają ograniczyć wsparcie dla wykorzystania biomasy 1-generacji (tzw. „crop based”)³⁰. Spodziewane jest zatem ograniczanie wsparcia nie tylko dla biomasy leśnej, ale i dla upraw energetycznych, które mogą wypierać uprawy żywności, a w konsekwencji powodować wzrost ich cen.

Propozycje KE z 2021 roku³¹ wskazują na potrzebę rewizji Dyrektywy RED w kierunku ograniczenia wsparcia dla wykorzystania konwencjonalnej biomasy na rzecz zaawansowanych biopaliw i e-paliw, bazujących głównie na odpadach. Do surowców, dla których spodziewane jest zachowanie wsparcia, należą, m.in.:

- ☐ frakcja biomasy zmieszanych odpadów komunalnych, ale nie segregowanych odpadów z gospodarstw domowych;
- ☐ bioodpady z gospodarstw domowych podlegające selektywnej zbiórce;
- ☐ frakcja biomasy odpadów przemysłowych;

²⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R2448&from=EN>

³⁰ <https://www.euractiv.com/section/biomass/opinion/why-burning-primary-woody-biomass-is-worse-than-fossil-fuels-for-climate/>

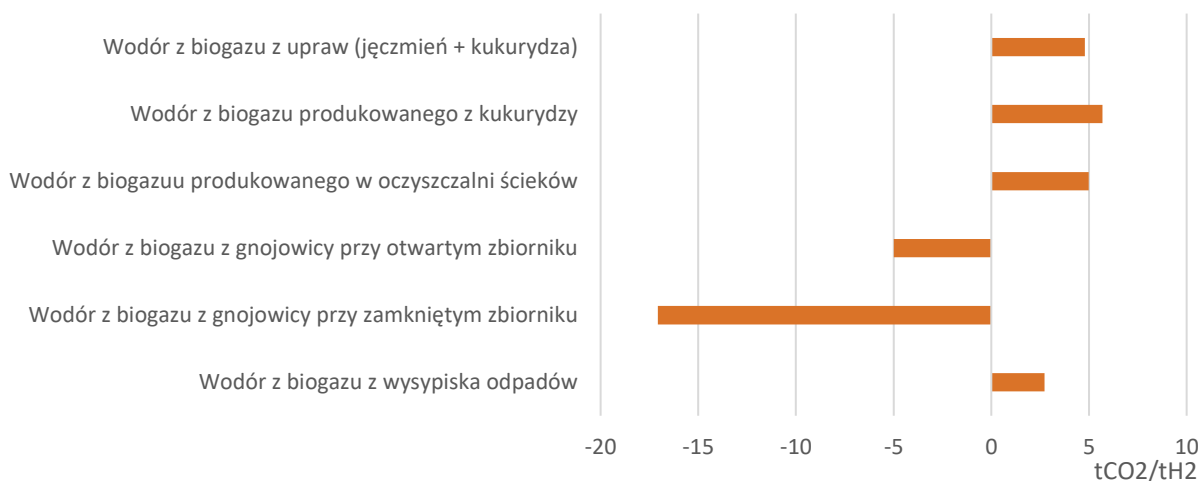
³¹ https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/bioenergy/biomass_en

- ☐ słoma;
- ☐ obornik i osad ściekowy;
- ☐ frakcja biomasy odpadów i pozostałości z leśnictwa;
- ☐ zużyty olej kuchenny;
- ☐ tłuszcze zwierzęce.

Dodatkowo, należy też uwzględnić kryterium uznania wodoru pozyskiwanego z biomasy za paliwo niskoemisyjne (spełnienie kryterium emisyjności CO₂ na poziomie 3,0 tCO₂/tH₂). Zgodnie z dostępnymi analizami, niskie wartości współczynników emisji są możliwe do uzyskania z biogazu bazującego na odpadach wysypiskowych oraz z gnojowicy (przy wykorzystaniu dobrze rozwiniętej metody SMR, tj. reformingu parowego metanu/biomietanu – w wyniku reakcji biomietanu i pary wodnej powstaje gaz syntezowy, mieszanina wodoru i tlenku węgla). W przypadku wodoru produkowanego metodą SMR z biomietanu na bazie osadów ściekowych, istnieje ryzyko przekroczenia dopuszczalnych, minimalnych emisji. **Rozwiązaniem może być zastosowanie perspektywicznej metody pirolizy biomietanu (całkowicie bezemisyjnej).**

WYKRES 13

Emisyjność wodoru z SMR z wykorzystaniem biomasy



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie JEC WTW study Version 5.0

Wielkopolska dysponuje relatywnie dużym potencjałem do produkcji biogazu rolniczego, w szczególności bazującym na odchodach zwierzęcych i odpadach³².

Wyliczenia, bazujące na danych dotyczących potencjału regionu w zakresie dostępności odpadów składowanych na wysypiskach, komunalnych odpadów bio, produktów ubocznych rolnictwa (obornik, gnojowica) oraz osadów ściekowych, obrazują skalę możliwości produkcyjnych wodoru na bazie biogazu.

Według danych GUS, w 2021 roku zebrano w województwie wielkopolskim 1 297 tys. ton odpadów, z czego 504,8 tys. ton stanowiły odpady zebrane selektywnie. Frakcja bio stanowiła 39,80%, co odpowiada masie ok. 200 tys. ton w 2021 roku. Równolegle, na składowiska trafiło ok. 320 tys. ton odpadów bio.

³² „Przegląd Gazowniczy”, 2021. https://www.igg.pl/sites/default/files/2022-09/PG_WYDANIE%20SPECJALNE_0.pdf

Wydajność biomasy mokrej typu kiszonki, bazującej na odpadach rolniczych kształtuje się na poziomie 220-300 m³/t. Z kolei wydajność biomasy z pozyskiwanych z odpadów komunalnych wynosi ok. 60-180 m³/t.³³ **Przetworzenie dostępnego strumienia odpadów bio pozwala na produkcję 53,4 mln m³ biogazu rocznie, co przekłada się na potencjał produkcyjny wodoru na poziomie ok. 7 tys. ton.**

Potencjał produkcji wodoru w oparciu o biogaz z obornika i gnojowicy jest silnie skorelowany z produkcją zwierzęcą, skoncentrowaną głównie w centralnych i południowych powiatach woj. wielkopolskiego. Opierając się na danych GUS dotyczących pogłowia zwierząt hodowlanych, oszacowano podaż obornika, gnojówki i gnojowicy oraz potencjał produkcji wodoru na bazie tych surowców.

TABELA 19

Potencjał produkcji wodoru z biogazu bazującego na oborniku i gnojowicy w woj. wielkopolskim

Wyszczególnienie	2022	2025	2030	2040
Obornik [tys. t]	13 185	13 447	14 248	14 248
Gnojówka [tys. m ³]	8 651	8 393	8 215	8 215
Gnojowica [tys. m ³]	1 419	1 486	1 635	1 635
Produkcja biogazu [tys. m ³]	1 682 389	1 706 647	1 794 035	1 794 035
Produkcja metanu [tys. m ³]	967 374	981 322	1 031 570	1 031 570
Produkcja wodoru [tys. ton]	214,5	217,6	228,8	228,8

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych GUS. Obliczenia własne z uwzględnieniem danych:
<http://www.portalhodowcy.pl/czasopisma/hodowca-bydla/hodowca-bydla-archiwum/101-hodowca-bydla-3-2014/635-szacowanie-wydajnosci-biogazu-i-biometanu-otrzymywanego-z-obornika-i-gnojowicy>

Podaż osadów ściekowych w województwie wielkopolskim wynosi 88 380 ton suchej masy. Opierając się na danych dotyczących efektywności procesu produkcji biogazu z osadów ściekowych³⁴, wyznaczono roczny potencjał tego typu surowca, który **wynosi około 9,3 tys. ton wodoru rocznie.**

Rynek biometanu w Polsce

Jednym ze sposobów na wykorzystanie bardzo dużego potencjału odpadów w rolnictwie i przemyśle spożywczym jest powstanie w Polsce rynku biometanu, który będzie warunkował rozwój produkcji biowodoru. Jest to możliwe, przy jednoczesnym zastosowaniu polskich, efektywnych kosztowo i innowacyjnych technologii. Wydaje się to również być optymalną ścieżką do spełnienia unijnych zobowiązań związanych z redukcją emisji CO₂ oraz wymogami dotyczącymi poziomu produkcji energii z jej odnawialnych źródeł w krajowym miksie energetycznym.

Jednak w Polsce nie działa jeszcze ani jedna instalacja do produkcji biometanu. A uruchomienie pierwszej biometanowni planowane jest na grudzień 2023 roku.

Rozwój branży biometanowej to szansa na zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju, odejście od węgla i rozwój obszarów wiejskich. Jednakże warunkiem rozwoju jest stworzenie stabilnych prawnie i ekonomicznie uwarunkowań, odblokowujących powstającą branżę.

Według Ministerstwa Energii, udział biometanu w produkcji biokomponentów dodawanych do paliw, będzie elementem realizacji przez Polskę unijnych celów klimatycznych³⁵. Jednak aby tak się stało muszą nastąpić istotne

³³ <https://magazynbiomasy.pl/biogaz-kukurydza-podbija-rynek-i-produkcje-biogazu/>

³⁴ <https://instansi.pl/technik-urzadzen-i-systemow-energetyki-odnawialnej/vademecum-energetyki-odnawialnej/biogaz/biogaz-ze-sciekow/>

³⁵ <https://pap-mediroom.pl/ministerstwo-energii-chce-biometan-byl-paliwem-w-polsce>

zmiany w polskim prawie, które otworzą możliwości rozwoju rynku. Z punktu widzenia Polski kluczowe oczekiwania branży biogazowej na najbliższą przyszłość, które pozwolą na rozwój sektora biogazu, to wprowadzenie systemu wsparcia dla biometanu, a także przepisów wykonawczych dotyczących przeliczania i zaliczania ilości biometanu jako biokomponentu dla celów transportowych. Dodatkowo, konieczne jest doprecyzowanie zasad obliczania chłonności stref OSDg³⁶ a także obowiązków przyłączeniowych dla biometanu oraz magazynowania gazu i bioLNG. Ponadto, kluczowe znaczenie będzie miało również umożliwienie zaliczania biometanu pobieranego z sieci gazowej dla celów wewnętrznej redukcji emisji CO₂ przez polskich przedsiębiorców oraz określenie standardów jakościowych dla biogazu, bioodpadów komunalnych i osadów ściekowych, czy wreszcie wprowadzenie zmian w zakresie certyfikacji kryteriów zrównoważonego rozwoju i dostosowanie ich do potrzeb rynkowych.

W chwili obecnej podstawową barierą rozwoju biometanowni są zasady zawierania umów przyłączeniowych do sieci gazowej, a także brak przepisów prawnych regulujących funkcjonowanie i wsparcie sektora biogazu i OSDg³⁷.

PSG wydając zgodę na przyłączenie biometanowni do sieci kieruje się również możliwością lokalnej sieci gazowej do zagospodarowania gazu. Ma to znaczenie w sytuacjach, gdy w obszarze lokalizacji inwestycji nie ma odbiorców przemysłowych. W takim przypadku warunki przyłączenia do sieci mogą ograniczać włączanie gazu do sieci latem, kiedy jest zmniejszone zapotrzebowanie na gaz do celów grzewczych.

Ograniczenia, jakie stoją przed budową biometanowni, wynikają też z braku odpowiednich regulacji prawnych. **W ustawie o odnawialnych źródłach energii nie ma nawet definicji biometanu. Brak też dedykowanego systemu wsparcia.**

Należy też przyjąć działania upraszczające cały proces inwestycyjno-budowlany. Podkreślenia wymaga fakt, iż obecnie inwestycje w infrastrukturę - pozwalające na włączanie biometanu do sieci - obciążają wyłącznie wytwórcę biometanu, co czyni taką inwestycję mało opłacalną.

Unia Europejska pracuje aktualnie nad harmonizacją przepisów dotyczących wymiany transgranicznej, systemu jakości biometanu, a przede wszystkim systemu gwarancji pochodzenia. Z kolei w inicjatywie REPowerEU pojawiły się zalecenia odnośnie do opracowania krajowych strategii związanych z biogazem.

Dla kontrastu, niemieckie prawo umożliwia zatłaczanie biometanu do sieci gazowej, w której następuje zmieszanie z gazem ziemnym, bez możliwości fizycznej separacji. Jednakże w aspekcie handlowym, wtoczony biometan może być pobrany z sieci w dowolnym innym punkcie sieci gazowej (ilość biogazu w sieci jest monitorowana w systemie bilansującym). Każdy z producentów biometanu ma możliwość zatłoczenia gazu do sieci. Operator sieci gazowej jest zobowiązany do zapewnienia możliwości przyjęcia biometanu³⁸.

W Niemczech jest około 600 sieci dystrybucyjnych gazu ziemnego. Bilansowanie biometanu w sieciach dystrybucyjnych jest uproszczone. Regulacje GazNZV dopuszczają zbilansowanie biometanu w sieciach w perspektywie 12 miesięcy (w przeciwieństwie do gazu ziemnego, gdzie bilansowanie odbywa się w cyklach dobowych). Dodatkowo, bilans biometanu musi być pokryty wyłącznie w 75%. W rezultacie, system sieci dystrybucyjnych pełni funkcję magazynów biometanu, umożliwiając sprzedawcom handel z uwzględnieniem sezonowości produkcji i popytu.

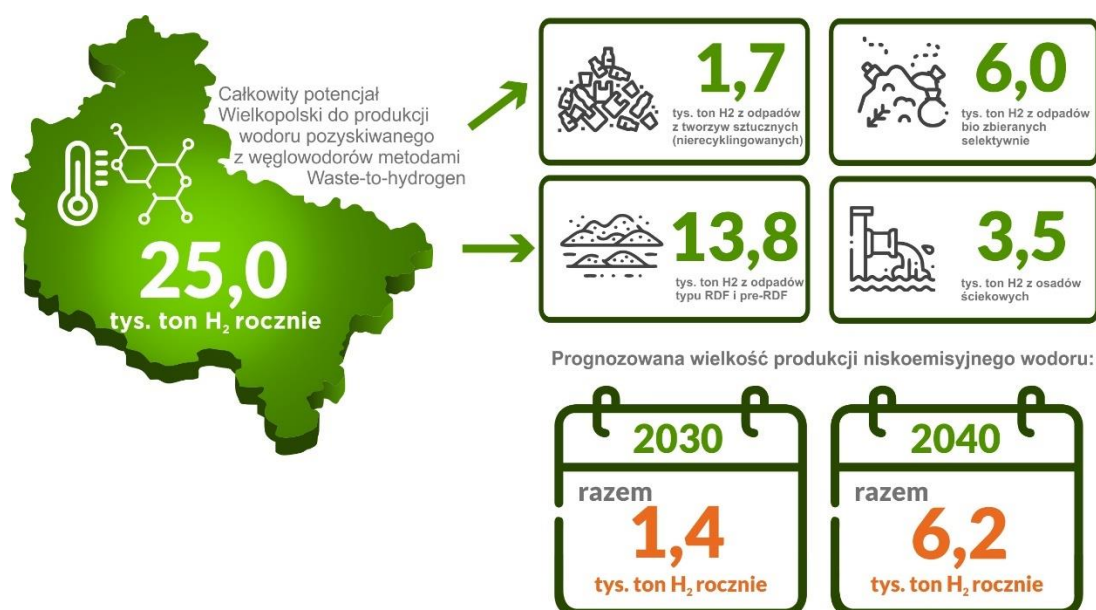
³⁶ Operatora Systemu Dystrybucyjnego gazowego.

³⁷ Zobacz też: „Biała księga biometanu. Bariery rozwoju sektora biometanu w Polsce oraz proponowane rozwiązania”. Koalicja na rzecz biometanu, 2020. <https://kib.pl/wp-content/uploads/2020/07/Biala-Ksiega-Biometanu.pdf>

³⁸

https://www.energypartnership.cn/fileadmin/user_upload/china/media_elements/publications/Biomethane_German_Experience_Study_EN_Final.pdf

8.3 Inne metody pozyskiwania niskoemisyjnego wodoru



Waste-to-hydrogen

Najczęściej wykorzystywaną metodą przetwarzania surowców w procesach Waste-to-hydrogen jest piroliza. Polega ona na rozpadzie związków w wysokiej temperaturze bez udziału tlenu (w przeciwieństwie do procesu spalania). W zależności od składu surowców oraz temperatury procesu uzyskujemy różne nasycenie produktów końcowych. Piroliza ukierunkowana na produkcję wodoru przebiega w temperaturze 900°C lub wyższych. O ile w pirolizie realizowanej w temperaturze około 450-500°C w procesie powstaje olej syntezowy (ciecz pirolityczna), o tyle w pirolizie ukierunkowanej na produkcję wodoru produktami procesu jest najczęściej gaz syntezowy (syngaz) oraz różnego rodzaju popioły (karbonizat). Syngaz składa się w dużej części z wodoru (nawet około 50%), a także z tlenu węgla (ok. 30%), metanu (15%) i CO₂ (5%).

W typowym rozwiązaniu z powstałego gazu syntezowego odseparowywany jest wodór, a pozostała mieszanina może być wykorzystywana w procesach chemicznych lub do wytwarzania energii elektrycznej i/lub ciepła. Co ważne, jak wskazano w rozdziale 3.2, potencjalne emisje CO₂, powstające w procesie zagospodarowania pozostałego syngazu, nie są wyznacznikiem do kwalifikacji wodoru pod względem emisyjności. Do wyznaczenia emisyjności wodoru analizowane są wyłącznie emisje powstałe podczas produkcji wodoru, jak i też w cyklu życia wodoru.

Uzupełnieniem procesu mogą być reakcje WGSR (water-gas shift reaction), polegające na reakcji tlenu węgla i pary wodnej, w wyniku której powstaje wodór oraz CO₂. W niektórych rozwiązaniach stosuje się metody trwałego składowania CO₂ (CCS) oraz rozwijane są metody mineralizacji CO₂³⁹.

Ze względu na zróżnicowanie dostępnych technologii typu Waste-to-hydrogen, każdy przypadek musi być rozpatrywany indywidualnie w zakresie wykorzystywanego surowca (np. w odniesieniu do innych, alternatywnych metod jego zagospodarowania), a także samego procesu produkcji wodoru, jego emisyjności oraz potencjalnych możliwości zagospodarowania pozostałych produktów procesu.

³⁹ <https://hydrogen-central.com/clean-energy-enterprises-waysh2-captico2-waste-to-hydrogen-carbon-sink-pathway/>

Rozwój termochemicznego przekształcania substancji może stać się częścią przyszłego niskoemisyjnego miksu energetycznego i służyć jako jedno z czystszych źródeł wodoru. Ponadto stwarza to szanse na rozszerzenie zrównoważonej gospodarki odpadami, która może być alternatywą dla składowania i spalania.

Obecnie wytwarzanie wodoru i gazu syntezowego przy wykorzystaniu pirolizy jest tematem prac badawczych⁴⁰, ale już dzisiaj można wymienić szereg instalacji tego typu – funkcjonujących lub oddawanych do eksploatacji w 2023 roku (R-HYNOCA we Francji, instalacje Concord Blue w Indiach, Japonii i USA, BHYO w Niemczech, Protos Platic Park w Wielkiej Brytanii)⁴¹.

Należy jednak zaznaczyć, że rozwój tej technologii w dalszym ciągu jest ograniczony przez szereg barier, wśród których najważniejszą jest z certyfikacja tych metod produkcji pod kątem uznania niskoemisyjności wodoru. Do innych barier należą też: brak wsparcia regulacyjnego i politycznego, czy wymagania operacyjne, np. w zakresie potrzeby kontroli spójności surowców, potrzeba zagospodarowania innych produktów procesu.⁴²

Budowa i funkcjonowanie instalacji wytwarzających wodór z odpadów możliwe będzie dopiero po wdrożeniu na poziomie unijnym i krajowym odpowiednich wytycznych i rozwiązań legislacyjnych w tym zakresie, zwłaszcza tych związanych z ochroną środowiska i gospodarką odpadami.

Analiza potencjału woj. wielkopolskiego

Do potencjalnych grup surowców, nadających się do wykorzystania w procesach Waste-to-hydrogen należą, m.in.:

- ☐ odpady organiczne, w tym frakcja bio zbierana selektywnie;
- ☐ tworzywa sztuczne zbierane selektywnie, ale nie poddane recyklingowi;
- ☐ odpady wielkogabarytowe zbierane selektywnie, poddane mechanicznej obróbce;
- ☐ osady ściekowe pozyskiwane z komunalnych i przemysłowych oczyszczalni ścieków.

Odpady zbierane selektywnie

Podaż odpadów organicznych w Wielkopolsce została wyliczona w rozdziale 8.2, w którym oszacowano potencjał produkcji wodoru z biometanu. Alternatywną metodą zagospodarowania tego wsadu surowcowego jest produkcja wodoru w procesach Waste-to-hydrogen – jako samodzielny wsad surowcowy lub jako domieszka do innych odpadów, np. tworzyw sztucznych nie nadających się do recyklingu. Przypomnijmy, że zgodnie z danymi GUS, w 2021 roku na składowiska trafiło ok. 320 tys. ton odpadów bio, a wielkość odpadów bio zbieranych selektywnie wynosi ok. 200 tys. ton. Zgodnie z dostępnymi danymi dotyczącymi wydajności procesów bazujących na wsadzie organicznym (30 kg wodoru z 1 tony odpadów)⁴³, potencjał produkcji wodoru z tej frakcji wynosi ok. 6 tys. ton rocznie⁴⁴.

⁴⁰ Analiza potencjału technologii wodorowych w Polsce do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku

⁴¹ Pyrolysis. Potential and possible applications of a climate-friendly hydrogen production. DVGW, Hydrogen Europe, 2022. https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2022/10/ewp_kompakt_pyrolyse_english_web.pdf

⁴² <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120306535#sec6>

⁴³ Pyrolysis. Potential and possible applications of a climate-friendly hydrogen production. DVGW, Hydrogen Europe, 2022. https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2022/10/ewp_kompakt_pyrolyse_english_web.pdf

⁴⁴ Dostępny strumień frakcji bio został uwzględniony zarówno do wyliczenia potencjału produkcji wodoru z biometanu, jak w i w procesach termolizy. Należy zaznaczyć, że są to dwie, konkurencyjne metody. W związku z tym, zagospodarowanie tego typu odpadów na potrzeby biometanu zmniejszy dostępność tego surowca na potrzeby procesów Waste-to-hydrogen. Ograniczenie to zostało uwzględnione w wyliczeniach szacowanej wielkości produkcji wodoru w procesach Waste-to-hydrogen na rok 2030 oraz na rok 2040.

W województwie wielkopolskim zbieranych selektywnie jest do 500 tys. ton odpadów rocznie, z czego odpady z tworzyw sztucznych stanowiły blisko 72 tys. ton w 2021 roku (dane GUS). Warto zwrócić uwagę, że poziom tworzyw sztucznych zbieranych selektywnie rośnie z roku na rok (wzrost wyniósł ok. 75% w latach 2017-2021, a roczna dynamika kształtowała się na poziomie 9-19%).

TABELA 20**Poziom odpadów zbieranych selektywnie w woj. wielkopolskim**

Wyszczególnienie	2017	2018	2019	2020	2021
Odpady zebrane selektywnie, w tym:	289 456	316 402	360 008	437 920	504 805
tworzywa sztuczne	40 537	47 813	52 168	60 519	71 732

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych GUS

Tworzywa sztuczne zbierane selektywnie, które nie nadają się do recyklingu, są obecnie najlepszym źródłem węglowodorów, które można wykorzystać w produkcji wodoru. Stopień recyklingu tej frakcji, w zależności od regionu, może wynosić 50-60%. Pozostałe tworzywa charakteryzują się relatywnie wysoką wartością opałową (blisko 30 MJ/kg) i stanowią atrakcyjny wsad dla instalacji Waste-to-hydrogen. Zgodnie z dostępnymi źródłami dotyczącymi poszczególnych technologii Waste-to-hydrogen, z 1 tony suchego wsadu można wyprodukować średnio 40-50 kg wodoru, ale wartości mogą się kształtować w przedziale od 30 do 120 kg w zależności od składu strumienia odpadów⁴⁵. W obliczeniach przyjęto średnią wydajność tego typu instalacji na poziomie 50 kg wodoru na 1 tonę wsadu.

Jednym z kierunków działań Unii Europejskiej, w ramach budowy gospodarki obiegu zamkniętego, jest maksymalne wykorzystanie surowców wtórnych pozyskiwanych z wytwarzanych odpadów. Stąd zmiany, między innymi, w dyrektywie dotyczącej odpadów (Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/851 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2008/98/WE w sprawie odpadów).

W konsekwencji przyjęcia nowych regulacji, od 2021 roku gminy w Polsce są zobowiązane do rozliczania się z odpadów wytworzonych według nowych wzorów. Przed tym rokiem, poziom recyklingu był mierzony tylko w odniesieniu do zebranych selektywnie frakcji, które nie uwzględniały m.in. bioodpadów. Od 2021 roku uwzględniana jest cała masa wytworzonych odpadów komunalnych, w tym bioodpady. W tym kontekście, zyskuje także znaczenie bioodpadów dla produkcji biogazu. Należy zaznaczyć, że każda ilość nierecyklingowanych tworzyw sztucznych stanowi dodatkowe obciążenie dla budżetu ze względu na wprowadzony podatek, tzw. „plastic tax”, wynoszący obecnie 800 euro za każdą tonę nieprzetworzonych tworzyw.

Jeszcze w 2020 roku gminy były zobowiązane przygotować do recyklingu co najmniej 50% zebranych frakcji odpadów komunalnych: papieru, metali, tworzyw sztucznych i szkła.

Według nowych zasad wymagany poziom recyklingu (w masie odpadów) wynosi:

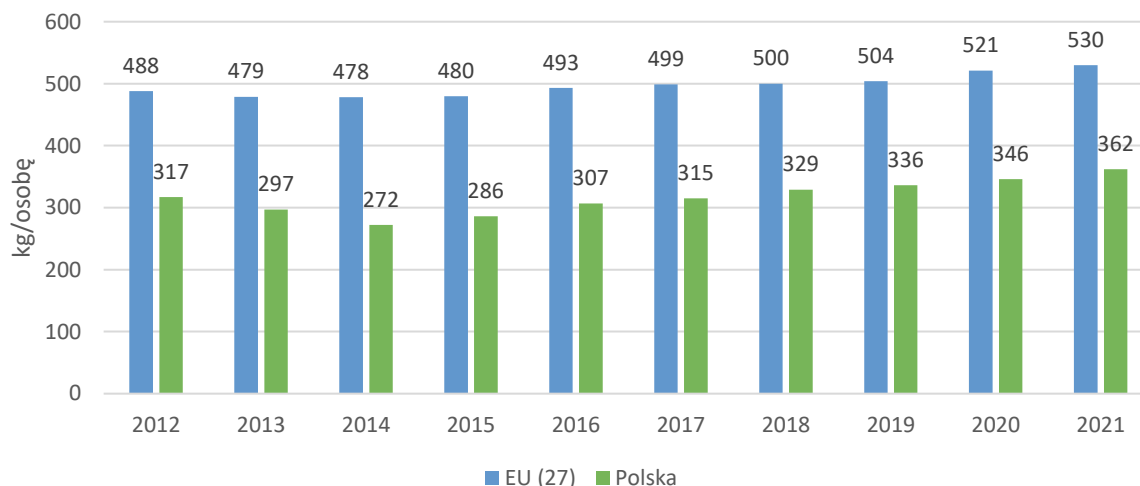
- ☐ 25% w 2022 roku;
- ☐ 55% w 2025 roku;
- ☐ 60% w 2030 roku;
- ☐ 65% w 2035 i kolejnych latach.

⁴⁵ <https://www.rechargenews.com/transition/its-much-cheaper-to-produce-green-hydrogen-from-waste-than-renewables/2-1-801160>

W Polsce, w ciągu ostatnich kilkunastu lat, średnio na 1 mieszkańca przypadało około 300 kg odpadów komunalnych, średnia w Unii to około 500 kg. Zarówno w kraju, jak i w UE tendencja jest rosnąca, przy czym średnia dynamika wzrostu w Polsce jest większa – niecałe 2% w latach 2012 - 2021, w UE prawie 1%).

WYKRES 14

Zmiany poziomu odpadów na 1 mieszkańca w UE oraz w Polsce w latach 2012 – 2021



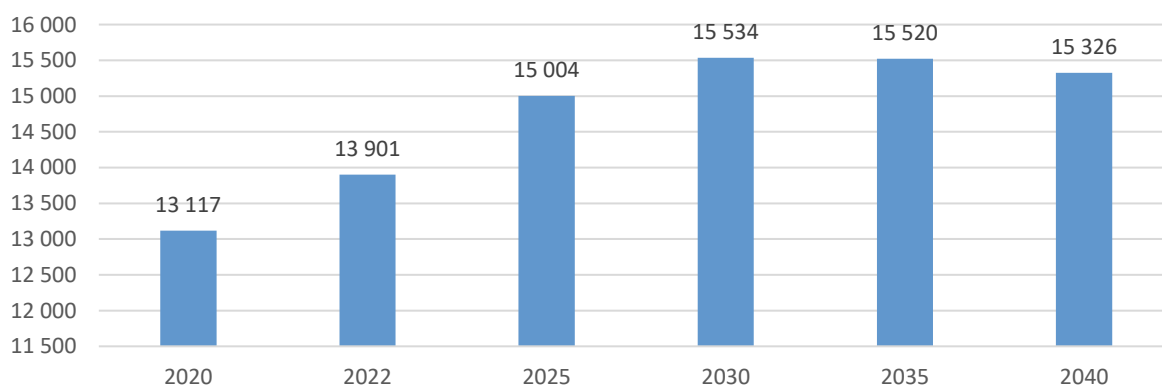
Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych <https://www.parkiet.com/esg/art37961811-rosnie-determinacja-wladz-unii-by-powstrzymac-zalew-smieci>.

Dotychczas wytwarzano w Polsce około 40% odpadów komunalnych mniej niż przeciętnie w krajach Unii.

Uwzględniając zamierzenia Unii Europejskiej w zakresie gospodarki odpadami, postawione cele, oczekiwania, rząd polski przyjął, w 2022 r., w drodze uchwały, projekt Krajowego planu gospodarki odpadami 2028 (KPGO). Plan zawiera, między innymi, prognozę wytwarzania odpadów komunalnych.

WYKRES 15

Prognoza zmiany poziomu odpadów w Polsce do 2040 roku [tys. Mg]



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych Krajowego planu gospodarki odpadami 2028, projekt z dnia 14.06.2022 r.

Prognoza przewiduje wzrost ilości odpadów komunalnych do roku 2030 do poziomu 15,5 mln ton, to jest o ponad 18% w stosunku do roku 2020. W kolejnej dekadzie nastąpi niewielki spadek tego poziomu.

Problemem globalnym jest nadmiar opakowań jednorazowego użytku, odpadów opakowaniowych. W tym obszarze Unia Europejska sformułowała również cele i zadania. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego

i Rady (UE) 2018/852 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniającą dyrektywę 94/62/WE w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych, wprowadza następujące cele ilościowe:

- nie później niż do dnia 31 grudnia 2025 r. – recykling co najmniej 65% wagowo wszystkich odpadów opakowaniowych,
- nie później niż do dnia 31 grudnia 2030 r. – recykling co najmniej 70% wagowo wszystkich odpadów opakowaniowych.

Polityka UE w zakresie gospodarowania opakowaniami i odpadami opakowaniowymi oraz rozwój gospodarki o obiegu zamkniętym będą wpływać coraz bardziej na rynek gospodarki opakowaniami. W chwili obecnej trudno jest określić kierunek i siłę oddziaływania wprowadzanych regulacji na rynek odpadów opakowaniowych. Podając za KPGO – wytwarzanie odpadów będzie rosło, a ilość wytwarzanych opakowań będzie oscylować na dotychczasowym poziomie. Należy jednak wyraźnie zaznaczyć, że Komisja Europejska przedstawi cele dotyczące ograniczenia ilości odpadów dla poszczególnych strumieni w ramach szerszego zestawu środków zapobiegania powstawaniu odpadów w kontekście dyrektywy 2008/98/WE. Komisja usprawni również wdrażanie przyjętych niedawno wymogów dotyczących systemów rozszerzonej odpowiedzialności producenta, zapewni zachęty i będzie nakłaniać do wymiany informacji i dobrych praktyk w zakresie recyklingu odpadów. Wszystko to ma służyć osiągnięciu celu, jakim jest znaczne zmniejszenie całkowitej ilości wytwarzanych odpadów i zmniejszenie o połowę ilości resztkowych (niepoddanych recyklingowi) odpadów komunalnych do 2030 r.⁴⁶

W kształtujących się uwarunkowaniach rozwoju rynku odpadów można przyjąć, iż przy przewidywanym wzroście strumienia odpadów wzrastać będzie również poziom ich zagospodarowania, przy czym trwała utylizacja odpadów (termiczne przekształcanie oraz składowanie) są najmniej oczekiwanym kierunkiem zagospodarowania.

Biorąc pod uwagę dotychczasowy wzrost masy odpadów z tworzyw sztucznych zbieranych selektywnie, ale też zakładając wpływ przytoczonej polityki UE w tym zakresie, można wyznaczyć potencjał nierecyklingowanych tworzyw sztucznych dla produkcji wodoru. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 21.

TABELA 21

Potencjał produkcji wodoru z nierecyklingowanych tworzyw sztucznych

Wyszczególnienie	2022	2025	2030	2035	2040
Tworzywa sztuczne zebrane selektywnie	78 266	84 476	87 460	87 381	86 289
Zakładany stopień recyklingu	50%	52%	60%	65%	70%
Odpady nierecyklingowane z tworzyw sztucznych (tony)	39 133	40 548	34 984	30 583	25 887
Potencjał produkcji wodoru (tony)	1 957	2 027	1 749	1 529	1 294

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych GUS.

Odpady typu pre-RDF oraz RDF

Innym ważnym, potencjalnym strumieniem odpadów, który można wykorzystać do produkcji wodoru w procesie pirolizy są odpady typu pre-RDF oraz RDF.

⁴⁶ Plan działania UE dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym na rzecz czystszej bardziej konkurencyjnej Europy

Pozyskane dane z Ministerstwa Klimatu i Środowiska na temat masy odpadów o kodzie 19 12 12 (inne odpady z mechanicznej obróbki odpadów, inne niż niebezpieczne – preRDF) w województwie wielkopolskim w 2021 roku wskazują na wolumen 603 095 ton oraz dodatkowe 154 365 tony w przypadku odpadów o kodzie 19 12 10 (odpadów palnych - paliwo alternatywne, RDF). Można oszacować potencjał produkcji wodoru na bazie tej frakcji odpadów na poziomie **13,8 tys. ton rocznie**.

Odpady tego typu powstają ze zbiórki odpadów wielkogabarytowych oraz innych odpadów palnych, zbieranych z zakładów przemysłowych, czy z punktów zbiórki odpadów niebezpiecznych.

Paliwa pre-RDF oraz RDF są obecnie w dużej mierze utylizowane w zakładach termicznego przekształcania odpadów oraz w zakładach przemysłowych, np. w cementowniach. Na terenie woj. wielkopolskiego funkcjonują dwa zakłady termicznego przekształcania odpadów: w Poznaniu (ITPOK o przepustowości 210 000 ton odpadów rocznie) oraz w Koninie (ZGOK sp. z o.o. o przepustowości 94 000 ton rocznie). Dodatkowo, o dofinansowanie ubiega się 5 kolejnych projektów inwestycji związanych z termicznym przekształcaniem odpadów. Ich łączna przepustowość jest szacowana na 319 tys. ton⁴⁷. Zakład termicznego przekształcania odpadów ma powstać m.in. w Ostrowie Wielkopolskim. Należy zaznaczyć, że powstanie instalacji termicznego przekształcania odpadów nie wyklucza wykorzystania oszacowanego strumienia odpadów na potrzeby produkcji wodoru. Produkcja wodoru może się odbywać także w wyniku adaptacji istniejących i/lub planowanych instalacji, co może pozytywnie wpłynąć na parametry ekonomiczne poszczególnych przedsięwzięć.

Nawet pełne wykorzystanie przepustowości istniejących i planowanych instalacji termicznego przekształcania odpadów na potrzeby utylizacji odpadów typu pre-RDF oraz RDF pozwoli na skierowanie pozostałego strumienia odpadów (co najmniej 134 tys. ton rocznie) na potrzeby produkcji wodoru w instalacjach Waste-to-hydrogen. Oznacza to możliwość produkcji **co najmniej 6,7 tys. ton wodoru rocznie**.

Osady ściekowe

W odniesieniu do osadów ściekowych, praktyką stosowaną przez oczyszczalnie ścieków jest wykorzystanie mokrych frakcji do produkcji biogazu oraz suchych osadów jako paliwo alternatywne (jako potencjalny substytut RDF).

W tabeli 22 przytoczono dane GUS dotyczące wielkości produkcji osadów ściekowych ze ścieków komunalnych oraz ścieków przemysłowych.

TABELA 22
Podaż osadów ściekowych w woj. wielkopolskim

Wyszczególnienie	2017	2018	2019	2020	2021
Osady ścieków komunalnych (tony w suchej masie)	68 613	67 709	69 468	66 174	69 170
Osady przemysłowe (tony w suchej masie)	18 224	19 056	19 708	18 049	19 210
Razem	86 837	86 765	89 176	84 223	88 380

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych GUS.

⁴⁷ <https://portalkomunalny.pl/zainteresowanie-dofinansowaniem-inwestycji-itpo-dofinansowanie-nfosigw-532494/>

Bazując na informacjach dotyczących sprawności istniejących instalacji wykorzystujących osady ściekowe (40 kg wodoru z 1 tony suchej masy osadów ściekowych⁴⁸) można oszacować potencjał produkcji wodoru.

TABELA 23**Potencjał produkcji wodoru z osadów ściekowych w woj. wielkopolskim**

Wyszczególnienie	2021
Sucha masa osadów ściekowych (tony)	88 380
Produkcja wodoru (tony)	3 535

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants. Analizy własne.

Wyliczone możliwości produkcji wodoru w drodze pirolizy osadów ściekowych stanowią alternatywną metodę pozyskiwania wodoru z tego surowca względem procesów biogazowych (metanizacji i pirolizy biometanu), o których mowa w rozdziale 8.2. Do wyliczeń szacowanej produkcji wodoru w woj. wielkopolskim przyjęto pozyskanie wodoru z osadów ściekowych w procesach biogazowych.

Technologie CCUS jako wsparcie produkcji niskoemisyjnego wodoru

Wodór może zostać uznany także za niskoemisyjny, gdy CO₂ powstały w produkcji wodoru zostanie trwale zmagazynowany (CCS) lub wykorzystany ponownie (CCU) w sposób, który nie spowoduje emisji CO₂ do atmosfery. W skali Europy praktycznie jedyne instalacje służące do trwałego składowania CO₂ znajdują się w Norwegii (projekty Sleipner oraz Snøhvit). Realizowany jest projekt w partnerstwie norwesko-niemieckim (Equinor oraz Wintershall) ukierunkowany na składowanie CO₂ pochodzącego z niemieckich instalacji wytwórczych i transportowanego dedykowanym gazociągami do portów, a następnie statkami do punktów składowania w Norwegii⁴⁹.

Budowa interkonektora pozwalającego na transport CO₂ pozyskiwanego z Cementowni Kujawy (Lafarge) w okolicy Inowrocławia została zgłoszona w ramach mechanizmu IPCEI⁵⁰. CO₂ ma być transportowany koleją do Gdańska i dalej do miejsc składowania na Morzu Północnym. Zadanie realizują wspólnie Air Liquide Polska, Zarząd Morskiego Portu Gdańsk, PKN Orlen, Lafarge Cement oraz Sogestran Shipping. Zakłada on powstanie multimodalnego terminalu importowo-eksportowego ciekłego CO₂ w Porcie Gdańsk wraz z powiązaną infrastrukturą do transportu i składowania w basenie Morza Północnego.

W skali regionalnej, istnieją potencjalne możliwości składowania CO₂ w wyeksploatowanych złożach gazu ziemnego. Są to jednak technologie w dalszym ciągu wymagające badań. Jednakże mając na uwadze znaczący potencjał regionu pod względem liczby złóż gazu ziemnego, rekomenduje się podejmowanie dalszych analiz w tym zakresie. W przyszłości, są to miejsca potencjalnego składowania CO₂ pozyskiwanego z dużych instalacji przemysłowych. W skali kraju, tego typu inwestycjami mogą być zainteresowani np. producenci nawozów (Grupa Azoty).

⁴⁸ <https://www.chemengonline.com/sewage-to-hydrogen-plant-reaches-completion-in-tokyo/>

⁴⁹ <https://www.offshore-energy.biz/two-oil-gas-firms-to-develop-ccs-project-that-connects-germany-norway/>

⁵⁰ https://energy.ec.europa.eu/system/files/2021-11/fifth_pci_list_19_november_2021_annex.pdf

8.4 Możliwości przesyłu i dystrybucji wodoru

Potencjał sieci gazowej

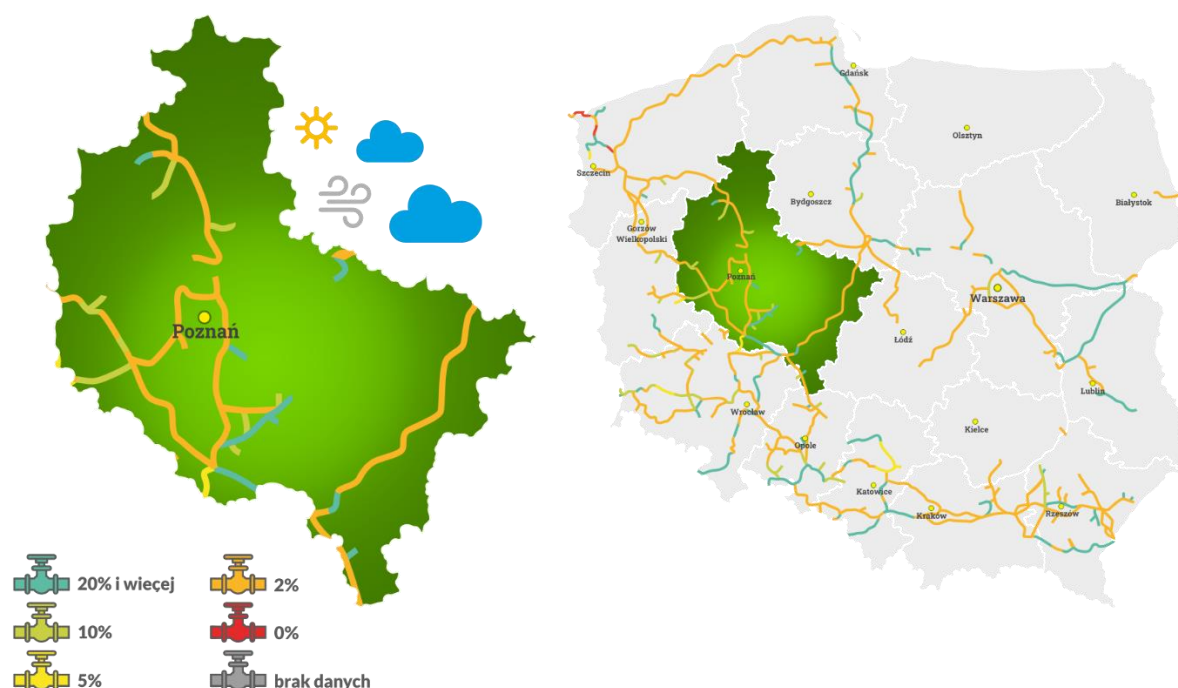
Instrukcja ruchu i eksploatacji sieci gazowej przesyłowej, jak i dystrybucyjnej, nie przewidują możliwości dopuszczenia zawartości wodoru w gazociągach. Przy czym analizy możliwości przyjęcia domieszek w określonej wysokości były realizowane przez Gaz-System S.A., operatora gazociągów przesyłowych w Polsce.

Zgodnie z informacjami Gaz-System S.A., spółka uczestniczyła w projekcie HYREADY, którego wyniki wskazują na dopuszczalną procentową zawartość wodoru dla poszczególnych gatunków stali, z których wykonane są gazociągi systemu przesyłowego. Jednak jak wskazuje sam Gaz-System S.A., pozyskane w ten sposób informacje wymagają dalszej weryfikacji oraz prac badawczych uwzględniających rodzaje połączeń odcinków gazociągów oraz możliwości instalacji odbiorców. Istotne jest zbadanie oraz znalezienie potencjalnego rozwiązania dla urządzeń przyłączonych do sieci przesyłowej, tj. w szczególności podziemnych magazynów gazu, turbin gazowych, odbiorców przemysłowych, zbiorników CNG.

Nowe turbiny gazowe dopuszczają użycie domieszki nawet 10-15% wodoru. Większość już eksploatowanych nie pozwala na wykorzystanie mieszanki, w której stężenie wodoru przekracza 1% objętości. Przy modyfikacjach urządzeń możliwe jest osiągnięcie 5%. Z kolei w silnikach gazowych zalecane jest ograniczenie stężenia wodoru na poziomie maksymalnym 2%.

RYSUNEK 15

Dopuszczalny udział wodoru w sieciach przesyłowych według projektu HYREADY



Źródło: Opracowanie NEXUS Consultants Sp. z o.o. na podstawie Gaz-System S.A.

W ramach zaplanowanych prac badawczych w perspektywie 2024 roku ma zostać zbudowane stanowisko umożliwiające badanie elementów infrastruktury przesyłowej pod kątem możliwości „współpracy” z wodorem i biogazem. Ma zostać także wykonane studium wykonalności dedykowanego gazociągu do transportu wodoru dla podmiotu zainteresowanego usługą transportu wodoru.

Mając na uwadze ograniczenia, w szczególności wynikające z potrzeby dostosowania urządzeń końcowych do wykorzystania mieszanki zawierającej wodór, inicjatywy europejskie podejmowane w odniesieniu do sieci dystrybucyjnych oraz przesyłowych koncentrują się na budowie dedykowanej infrastruktury przesyłania wodoru. Na chwilę obecną, funkcjonują już dedykowane gazociągi do przesyłu wodoru w obrębie Belgii, Holandii oraz w Niemczech, a także w niewielkiej skali w Wielkiej Brytanii i Francji.

Rozwój sieci dedykowanych gazociągów wodorowych zdaje się być potwierdzany informacjami Polskiej Spółki Gazownictwa Sp. z o.o., operatora systemów dystrybucyjnych. Zgodnie z nimi, PSG ma uczestniczyć w opracowaniu „Planu inwestycji wodorowych” – zestawienia projektów, które mają zapewnić rozwój dystrybucji wodoru. Zgodnie z planem, ma powstać dedykowany gazociąg dla wodoru.

Projekty rozwojowe w obszarze potencjalnej adaptacji sieci dystrybucyjnej do możliwości przyjęcia wodoru są prowadzone przez Grupę PGNiG. Grupa prowadzi projekty dotyczące zarówno sieci dystrybucyjnej, jak i w zakresie magazynowania wodoru. Tworzona jest zamknięta infrastruktura badawcza, gdzie wodór produkowany z OZE będzie wtłaczany do sieci dystrybucyjnej w różnych stężeniach oraz będzie analizowany wpływ mieszanki na poszczególne jej elementy⁵¹.

European Hydrogen Backbone

European Hydrogen Backbone (EHB) to wspólne przedsięwzięcie operatorów gazowych systemów przesyłowych Unii Europejskiej, określające przyszłą rolę systemów przesyłowych z uwzględnieniem spodziewanego rozwoju gospodarki opartej na wodorze. Koncepcja ta zakładała utworzenie sieci gazociągów dedykowanych do transportu wodoru, integrujące ze sobą rynki poszczególnych krajów europejskich. Aktualizacja założeń pod postacią dokumentu „Extending the European Hydrogen Backbone” z kwietnia 2022 roku wskazuje na docelowy kształt infrastruktury wodorowej w 2030, 2035 oraz 2040 roku. W maju 2022 roku przedstawiono koncepcję budowy pięciu korytarzy transportujących wodór w obszary największego zapotrzebowania (głównie Niemcy).

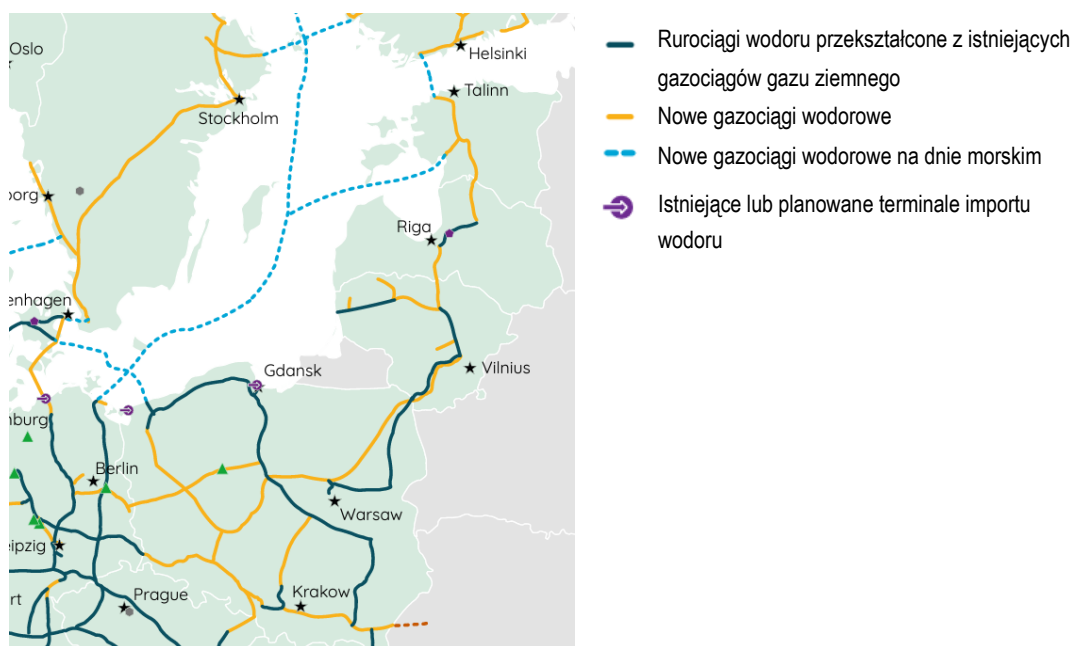
Koncepcja zakłada też powstanie magazynów wodoru w kawernach solnych – wskazano lokalizację Damasławek, tj. projekt budowy kawerny solnej, który został zainicjowany przez Gaz-System S.A. w 2018 roku.

⁵¹ <https://www.cire.pl/artykuly/serwis-informacyjny-cire-24/pgnig-ma-8-projektow-badawczych-dotyczacych-wodoru-o-wartosci-300-mln-zl>

RYSUNEK 16**Proponowane inwestycje w infrastrukturę przesyłową i magazynową w Polsce w perspektywie 2030 roku**

Źródło: European Hydrogen Backbone. A European Hydrogen Infrastructure Vision Covering 28 Countries;

W perspektywie 2040 roku zakłada się powstanie dodatkowych gazociągów, integrujących gazociąg tranzytowy korytarza B z regionem Polski północnej, głównie w kontekście spodziewanego terminala importu wodoru.

RYSUNEK 17**Infrastruktura przesyłowa i magazynowa wodoru w perspektywie 2040 roku**

Źródło: European Hydrogen Backbone. A European Hydrogen Infrastructure Vision Covering 28 Countries;

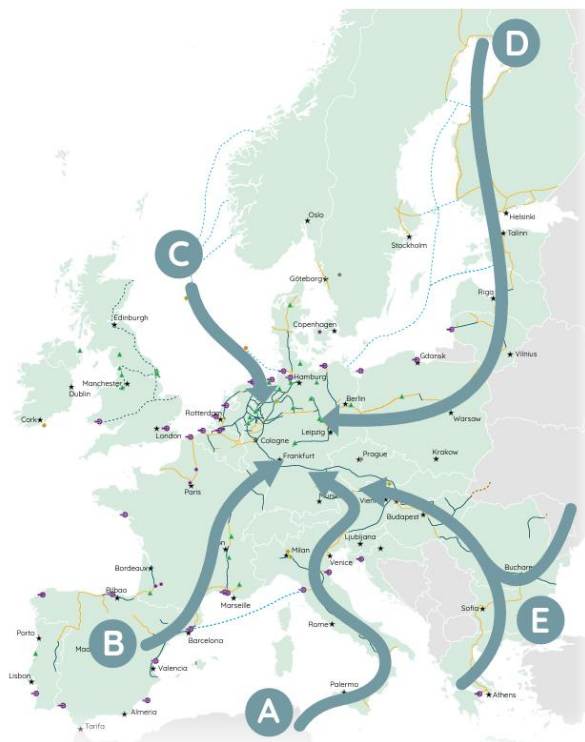
Najnowsza rekomendacja EHB zakłada powstanie łącznie pięciu korytarzy transportowych:

- ☐ A: Północna Afryka i Europa Południowa,
- ☐ B: Południowowschodnia Europa i Północna Afryka,
- ☐ C: Morze Północne,
- ☐ D: Kraje Nordyckie i Nadbałtyckie,
- ☐ E: Wschodnia i Południowowschodnia Europa.

Polska w tym układzie jest elementem korytarza D, transportującego wodór z krajów nadbałtyckich (Litwy, Łotwy i Estonii), a także Finlandii w kierunku Niemiec, gdzie zidentyfikowano największe zapotrzebowanie na wodór. Korytarze te zilustrowano na rysunku 18.

RYSUNEK 18

Rekomendowane kanały transportowe wodoru w Europie w perspektywie 2030 roku



Źródło: European Hydrogen Backbone.

Korytarz D został wytyczony w konsekwencji przeprowadzonego bilansu wodoru w krajach nadbałtyckich i Finlandii oraz w innych regionach Europy. Przeprowadzona analiza wskazuje na potencjalne nadwyżki wodoru w krajach nadbałtyckich oraz Szwecji i Finlandii. Nadwyżki te wynoszą 46 TWh w 2030 roku oraz 84 TWh w 2040 roku.

Spodziewane nadwyżki krajów nordyckich i nadbałtyckich wynikają z programów rozwoju morskiej energetyki wiatrowej. Ich realizacja znacznie wykracza poza lokalne potrzeby energetyczne poszczególnych krajów. Są one ukierunkowane na maksymalizację wykorzystania dostępnych możliwości wytwórczych morskich farm wiatrowych przy potencjalnych możliwościach zagospodarowania nadwyżek energii w postaci wodoru.

Analizy potencjału woj. wielkopolskiego wskazują na możliwości uzyskania nadwyżki produkcyjnej wodoru nisko- oraz zeroemisyjnego w perspektywie 2030 oraz 2040 roku.

Jedną z potencjalnych opcji transportu zielonego wodoru jest wykorzystanie drogi wodnej E70 do transportu zielonego wodoru w postaci gazowej, ciekłej lub przetworzonej do postaci amoniaku. Należy zaznaczyć, że zapotrzebowanie ze strony Polic dotyczy zielonego amoniaku, który może być wytwarzany z zielonego wodoru. Zasadna wydaje się konwersja wodoru do amoniaku w bezpośrednim sąsiedztwie jednostki wytwórczej wodoru, co zmniejszy koszty dystrybucji (niższe w przypadku amoniaku). Amoniak może być transportowany zarówno z wykorzystaniem transportu wodnego, jak i cysternami samochodowymi.

Gmina Solec i Bydgoska Strefa Ekonomiczna pracują nad koncepcją budowy hubu wodorowego k/Solca na bazie wodoru przywożonego z Gdańska barkami na Wiśle - starają się o wprowadzenie tego zadania do strategii województwa pomorskiego oraz do Krajowego Programu Żeglugi⁵².



Źródło: Opracowanie NEXUS Consultants na podstawie Pomorskie.eu.

⁵² <https://bydgoszcz.naszemiasto.pl/w-podbydgoskim-emilianowie-ma-powstac-port-intermodalny-ta/ar/c3-9036953>

8.5 Potencjał magazynowania wodoru

W grudniu 2021 roku Komisja Europejska przyjęła szereg wniosków legislacyjnych regulujących rozwój rynku wodoru w Europie. Kluczowym pakietem zmian jest Hydrogen and Decarbonised Gas Package (HDGP) odnoszący się do rynku gazu ziemnego i innych gazów. Rekomendacje wyznaczają potrzebę utrzymywania regionalnych zapasów strategicznych wodoru i innych gazów. Celem postawionym w HDGP jest także zdefiniowanie wodoru niskoemisyjnego, który obok wodoru odnawialnego zeroemisyjnego (RFNBO) będzie mógł być wykorzystany do realizacji celów polityki klimatycznej UE.

W praktyce, magazynowanie wodoru ma miejsce bezpośrednio przy instalacjach wytwarzających lub wykorzystujących wodór (na stacjach tankowania HRS lub innych). W tym celu wykorzystywane są pakiety zbiorników, których typy oraz budowę opisano w rozdziale 6.4.

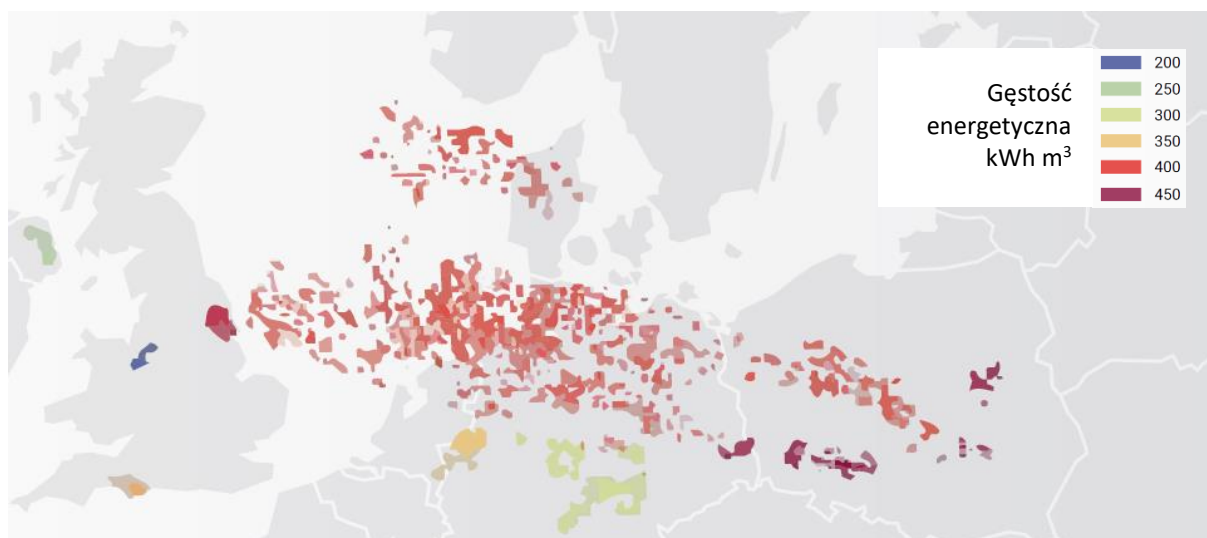
O potencjale Wielkopolski w obszarze magazynowania wodoru decyduje obecność odpowiednich struktur geologicznych, które dzisiaj są powszechnie wykorzystywane do podziemnego magazynowania ropy naftowej, czy gazu ziemnego. Coraz częściej tego typu struktury adaptuje się na potrzeby magazynowania wodoru lub magazynowania energii w postaci sprężonego powietrza. Do wspomnianych geologicznych struktur należą:

- ☐ pokładowe i wysadowe złoża soli kamiennej,
- ☐ wyeksploatowane złoża gazu ziemnego i ropy naftowej,
- ☐ struktury wodonośne,
- ☐ wyrobiska wykonane w masywach skał krystalicznych.

Odpowiednie struktury geologiczne – ewaporaty permu górnego (cechsztynu), w których występują licznie wysady solne, pozwalające na budowę wielkoskalowych magazynów wodoru – występują w rejonach Polski centralnej i północno-zachodniej. Na poniższej ilustracji przedstawiono zasięg występowania tych struktur.

RYSUNEK 20

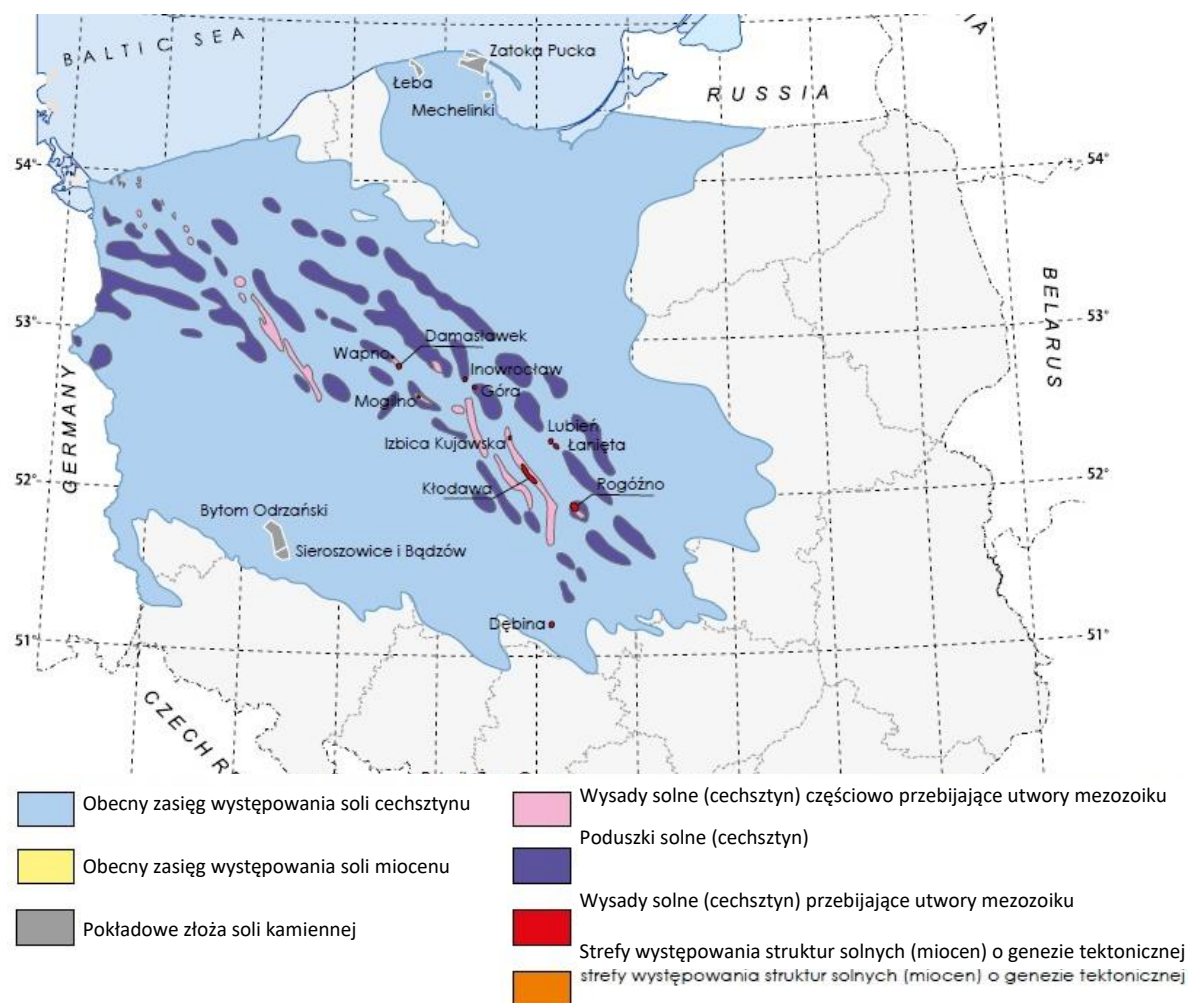
Techniczny potencjał kawern solnych w Europie



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie „Potential of P2H2 technologies”, Frontier Economics, ENTSOE, za Caglayan et. al (2020)

RYSUNEK 21

Lokalizacja struktur geologicznych w Polsce pozwalających na magazynowanie wodoru



Źródło: <https://www.pgi.gov.pl/psg-1/psg-2/informacja-i-szkolenia/wiadomosci-surowcowe/10716-wystepowanie-soli-kamiennej-w-polsce.html> ZA: Czapowski, Aleksandrowski, Jarosiński, 2017

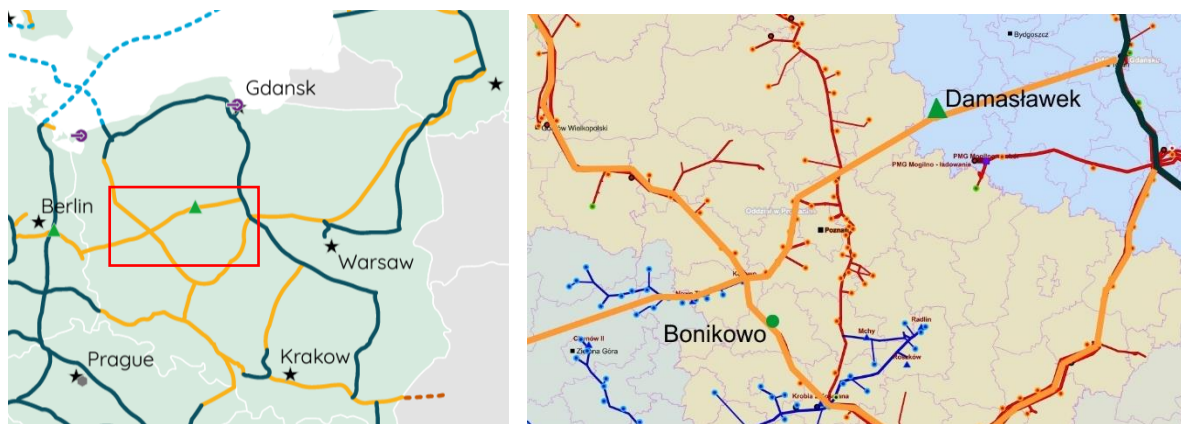
Struktury geologiczne okolic Mogilna oraz Damasławka w centralnej Polsce to jedne z lepiej zidentyfikowanych struktur pod kątem magazynowania wodoru w kawernach. Są to regiony znajdujące się na granicy województwa wielkopolskiego oraz kujawsko-pomorskiego.

Pod nazwą PMG „Damasławek” funkcjonuje projekt podziemnego magazynu gazu w miejscowości Świątkowo (sama miejscowość Damasławek znajduje się na terenie województwa wielkopolskiego). Lokalizacja ta została także zgłoszona jako potencjalny magazyn wodoru w projekcie European Hydrogen Backbone.

Atrakcyjne struktury geologiczne znajdują się także na terenach województwa wielkopolskiego – zarówno bezpośrednio przy granicy województwa (okolice miejscowości Wapno), jak i dalej w kierunku zachodnim, na północ od Poznania. Są to jednak obszary, których potencjał magazynowy nie został w pełni zidentyfikowany i wymaga dalszych prac badawczo-rozwojowych. Tym niemniej, jest to kluczowy region z perspektywy potencjalnej lokalizacji podziemnych magazynów wodoru – w szczególności w kontekście planów budowy infrastruktury przesyłowej wodoru, zgłoszonej w ramach projektu European Hydrogen Backbone.

RYSUNEK 22

Projektowany układ gazociągów wodorowych na tle istniejącego systemu przesyłowego



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych Gaz-System SA i European Hydrogen Backbone

W województwie wielkopolskim zlokalizowany jest także podziemny magazyn gazu ziemnego PMG Bonikowo (Grupa PGNiG). Jest to magazyn powstały na bazie wyeksploatowanego złoża gazu ziemnego Bonikowo.

Poza wysadami solnymi zlokalizowanymi w okolicach Kłodawy oraz na północ od Poznania, perspektywiczne struktury znajdują się na południu województwa, w obrębie monokliny przedsudeckiej. Analizy potencjału tego regionu zostały wykonane przez zespół Naukowego Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi PAN.

Do podmiotów realizujących inwestycje w podziemne magazyny gazów w Polsce należą Gaz-System SA oraz Gas Storage Poland Sp. z o.o. Zasadne jest zainicjowanie rozmów ukierunkowanych na ocenę możliwości uruchomienia prac badawczo-rozwojowych w zakresie inwestycji w magazyny wodoru na tym obszarze. Uwzględniając bliskie sąsiedztwo Niemiec, projektowane połączenia sieciowe przesyłu wodoru oraz skalę zapotrzebowania na wodór, zasadnym jest nawiązanie współpracy transgranicznej w celu zoptymalizowania rozwoju infrastruktury magazynowej.



KLUCZOWA ROLA SEKTORA NAUKI I EDUKACJI

Możliwości rozwoju innowacyjnego rynku technologii wodorowych są uzależnione od dostępności wysokiej klasy specjalistów w tej dziedzinie. Rozwój kompetencji musi następować na wszystkich szczeblach edukacji.

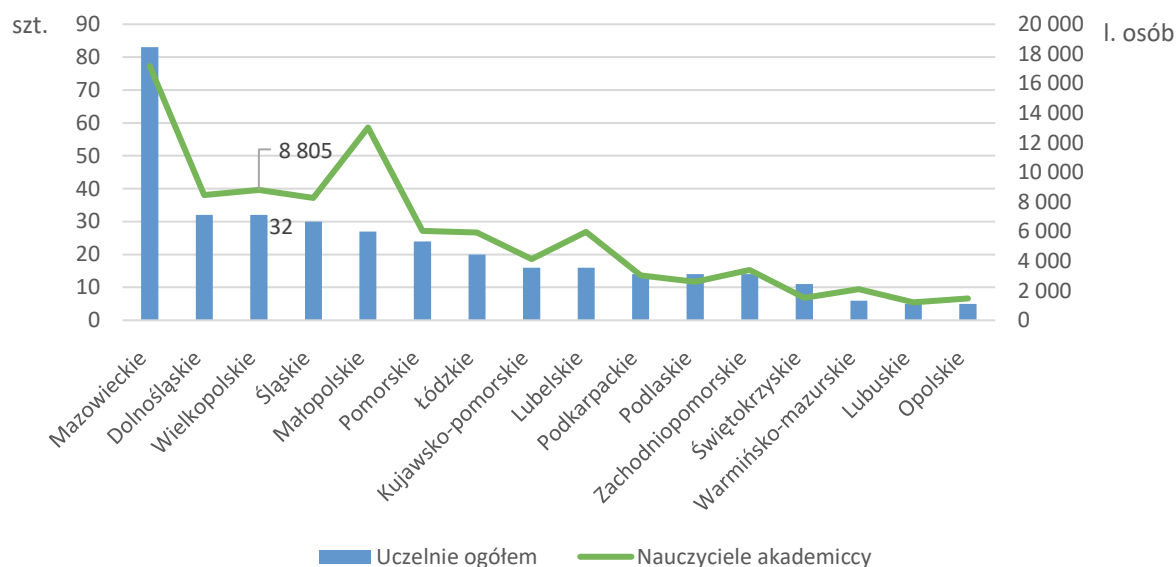
Przeprowadzone analizy wskazują na szereg perspektywicznych tematów prac badawczo-rozwojowych w tematyce technologii wodorowych.

9. ROLA SEKTORA NAUKI I EDUKACJI W ROZWOJU WIELKOPOLSKI WODOROWEJ

Województwo wielkopolskie jest jednym z wiodących regionów pod względem liczby uczelni wyższych.

WYKRES 16

Liczba uczelni wyższych oraz nauczycieli akademickich w roku 2020/2021



Źródło: opracowanie NEXUS Consultants na podstawie danych GUS.

32 uczelnie województwa w roku akademickim 2020/2021 kształciły ponad 118 tys. studentów, to jest prawie 10% łącznej liczby studentów w tym okresie w Polsce. Mury uczelni wyższych Wielkopolski, jako absolwenci, opuściło w tym okresie prawie 28 tys. osób (10% absolwentów w kraju). Pod względem liczby doktorantów w roku akademickim 2020/2021 zajmuje 5. pozycję w kraju.

Główne uczelnie wyższe regionu, to:

- ☐ Uniwersytet im. A. Mickiewicza (UAM),
- ☐ Politechnika Poznańska,
- ☐ Wyższa Szkoła Bankowa,
- ☐ Uniwersytet Przyrodniczy (UP),
- ☐ Uniwersytet Ekonomiczny ,
- ☐ Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego.

Największą uczelnią województwa jest Uniwersytet im. Adama Mickiewicza (UAM), na którym kształcą się około 1/3 studentów regionu (oferta obejmuje ok. 130 kierunków). Politechnika Poznańska należy do jednej z najchętniej wybieranych uczelni w kraju⁵³, podobnie jak Wyższa Szkoła Bankowa⁵⁴.

⁵³ <https://www.otouczelnie.pl/arttykul/26430/Najpopularniejsze-uczelnie-20222023-ranking>

⁵⁴ Tamże.

Potencjał wielkopolskiego sektora nauki i edukacji

Politechnika Poznańska oferuje możliwość studiowania na około 30 kierunkach na pierwszym, drugim oraz trzecim stopniu studiów. Wśród kierunków i przedmiotów, których treści nawiązują do zagadnień związanych z szeroko pojętym łańcuchem gospodarki wodorowej, można wymienić, między innymi:

- Technologie ochrony środowiska, w tym przedmioty, np.:
 - Powtórne przetwarzanie tworzyw sztucznych,
 - Metody odzysku metali.
- Zielona energia, w tym przedmioty, np.:
 - Biotechnologie dla biorafinerii,
 - Ochrona środowiska,
 - Odnawialne źródła energii,
- Energetyka przemysłowa i odnawialna, w tym przedmioty, np.:
 - Spalanie paliw i biomasy,
 - Energetyka odnawialna.

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu to 6 wydziałów, a w ich ramach 23 kierunki. Wśród kierunków, podejmujących tematykę źródeł energii, w tym wodoru, konieczności zapobiegania zmianom klimatycznym, problematykę komunikacji społecznej związanej ze zmianami klimatu, można wymienić, między innymi:

- Inżynieria ochrony klimatu, w tym przedmioty, np.:
 - Systemy energetyczne,
 - Zmiany klimatu w świadomości społecznej,
 - Energetyka rozproszona i prosumencka,
 - Systemy odnawialnych źródeł energii dla firm,
 - Rentowność inwestycji w odnawialne źródła energii,
 - Budownictwo pasywne i energooszczędne,
- Ekoenergetyka, w tym przedmioty, np.:
 - Energia biomasy,
 - Energia odnawialna w budownictwie,
 - Technika i technologia produkcji biopaliw,
- Ochrona środowiska, w tym przedmioty, np.:
 - Rośliny energetyczne,
 - Technologie bioenergetyczne.

Informacje na temat wodoru, technologii jego produkcji, możliwych zastosowań, przewijają się w treściach wielu przedmiotów na kilku kierunkach uczelni (PP, UP), przy czym na obecnym etapie wodór jest postrzegany jako jeden z nośników energii, nie nadając mu jeszcze istotnej roli w programie nauczania. W efekcie wiedza na temat wodoru funkcjonuje, jednakże jest ona rozproszona.

Poza wymienionymi uczelniami wyższymi, potencjałem badawczo - rozwojowym, który mógłby być wykorzystany w budowie gospodarki wodorowej regionu, dysponują na przykład Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny (Łukasiewicz – PIT), Instytut Fizyki Molekularnej PAN, Sieć Badawcza ŁUKASIEWICZ – Instytut Metali Nieżelaznych Oddział w Poznaniu (dawne Centralne Laboratorium Akumulatorów i Ogniw), Spółka Celowa Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu Sp. z o.o. (SC UEP).

Łukasiewicz – PIT to drugi największy Instytut Łukasiewicza w Polsce. Funkcjonuje od stycznia 2022 r. i koncentruje potencjał badawczy i komercjalizacyjny pięciu odrębnych instytutów wchodzących w skład Sieci, to jest:

- ☐ Instytut Logistyki i Magazynowania,
- ☐ Instytut Technologii Drewna,
- ☐ Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych,
- ☐ Instytut Obróbki Plastycznej,
- ☐ Instytut Pojazdów Szynowych "TABOR".

Połączenie potencjału instytutów zwiększa możliwości badawczo – rozwojowe dotychczasowych instytutów, stwarza możliwości zaangażowania się w projekty międzynarodowe, interdyscyplinarne, o wysokim stopniu innowacyjności.

Instytut Fizyki Molekularnej PAN zajmuje się badaniami naukowymi z zakresu fizyki oraz inżynierii materiałowej. Oferta Instytutu obejmuje, między innymi:

- analizę termogravimetryczną (TGA) – technikę pomiarową pozwalającą wnioskować o wielkości przemiany termicznej oraz o temperaturze w jakiej ta przemiana zachodzi,
- badania powierzchni i cienkich warstw – wyposażenie laboratorium pozwala na preparatykę ultracienkich warstw i nanostruktur metodami PVD (osadzaniu powłok z fazy gazowej przy wykorzystaniu zjawisk fizycznych),
- diektrometrię niskotemperaturową - niskotemperaturowe stanowisko umożliwia pomiary przenikalności elektrycznej, podatności magnetycznej i zjawisk transportu: przewodnictwa elektrycznego i cieplnego, w zakresie temperatur od 0,3 K do 300 K,
- spektroskopię impedancyjną (IS) - technika pomiarowa, pozwalająca wyznaczyć szereg parametrów elektrycznych badanych obiektów (proszków, próbek litych, polimerów, cieczy); do najważniejszych wyznaczanych parametrów należą: impedancja elektryczna, przenikalność dielektryczna (straty dielektryczne), przewodność elektryczna; pomiary można wykonać dla materiałów przewodzących (metali, półprzewodników, przewodników jonowych) oraz dielektryków,
- syntezę materiałów ceramicznych – za pomocą wysokoenergetycznego rozdrabniania w planetarnym młynie kulowym i wygrzewania w wyższych temperaturach (do 1200 °C),
- system do pomiaru własności fizycznych (PPMS) – automatyczny niskotemperaturowy, magnetyczny system do pomiaru takich własności materiałów, jak: ciepło właściwe, podatność magnetyczna stało- i zmiennoprądowa a także własności transportowe cieplne i elektryczne.

Sieć Badawcza ŁUKASIEWICZ – Instytut Metali Nieżelaznych Oddział w Poznaniu – realizuje prace naukowo-badawcze i aplikacyjne z zakresu chemicznych źródeł prądu. Podstawowy obszar zainteresowań obejmuje prace związane z:

- akumulatorami kwasowo-ołowiowymi,
- akumulatorami litowo-jonowymi i litowo-polimerowymi,
- akumulatorami niklowo-wodorkowymi,
- bateriami rezerwowymi (specjalnymi),
- ogniwami paliwowymi,
- kondensatorami elektrochemicznymi,
- nowymi materiałami oraz nowymi układami prądotwórczymi,
- technologią procesów produkcji chemicznych źródeł prądu.

Instytut zajmuje się również problematyką ochrony środowiska naturalnego przed substancjami szkodliwymi, zawartymi w zużytych chemicznych źródłach prądu. Jest jedynym w kraju producentem akumulatorów zasadowych niklowo-kadmowych do zasilania statków powietrznych, baterii specjalnych oraz baterii rezerwowych.

Spółka Celowa Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu Sp. z o.o. (SC UEP) jest podmiotem powstałym przy publicznej uczelni ekonomicznej. Jej celem jest wdrażanie rozwiązań bazujących na wynikach badań naukowych zrealizowanych w Uczelni. Oferta SC UEP obejmuje świadczenie usług eksperckich dla podmiotów zewnętrznych, a także prowadzenie badań zleconych przez przedsiębiorstwa, służących rozwiązaniu określonych problemów rynkowych, technologicznych i zarządczych.

Instytucją mogącą wesprzeć kształtowanie sprzyjających warunków dla rozwoju gospodarki wodorowej, nie tylko w regionie, jest Polskie Stowarzyszenie Centrów Transferu Technologii (PACTT.pl), które jest dobrowolnym zrzeszeniem jednostek polskich uczelni. Wśród jego członków są, między innymi, uczelnie wyższe Wielkopolski. Jednym z celów Zrzeszenia jest wspólna reprezentacja, przed organami administracji publicznej, w zakresie inicjowania działań proinnowacyjnych o charakterze krajowym, przygotowywanie i opiniowanie zmian prawnych oraz opiniowanie dokumentów strategicznych. Celem Zrzeszenia jest również wymiana wiedzy, rozwój specjalistów ds. transferu technologii, współpraca w zakresie komercjalizacji wyników badań.

Istotnym wsparciem dla rozwiązań w gospodarce wodorowej mogą być organizacje branżowe, zrzeszające specjalistów z zakresu technologii, inżynierii chemicznej, elektryków, energetyków, jak np. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego (SITPChem), które jest pozarządową organizacją twórczą o charakterze naukowo-technicznym, dobrowolnym zrzeszeniem inżynierów i techników związanych zawodowo z przemysłem chemicznym, naukami chemicznymi i technicznymi oraz ochroną środowiska. Jeden z oddziałów Stowarzyszenia znajduje się w Poznaniu. Inną organizacją jest Stowarzyszenie Elektryków Polskich (SEP), którego zakres działalności obejmuje, między innymi: elektrotechnikę, energetykę, elektroenergetykę, elektronikę, informatykę, automatykę, robotykę.

W chwili obecnej trudno jest przewidzieć, czy i które z technologii wodorowych, w poszczególnych ogniwach łańcucha gospodarki wodorowej, zdominują rynek. Poszukiwania optymalnych rozwiązań trwają. Według Międzynarodowej Agencji Energetycznej (MAE) obecnie dostępnych jest około 30% dojrzałych technologii, niezbędnych do osiągnięcia neutralności klimatycznej w 2050 r. Na pozostałe 70% składają się technologie, które znajdują w fazie prototypu lub demonstracji (30%) oraz technologie, które nie zostały jeszcze wdrożone na masową skalę (40%)⁵⁵.

W tym kontekście istotne stają się prace badawczo – rozwojowe skierowane na podnoszenie gotowości technologicznej podejmowanych rozwiązań w obszarze produkcji wodoru, jego magazynowania, dystrybucji. Projekty pilotażowe, wdrożeniowe będą ważnym źródłem wiedzy o przebiegu procesów, możliwości skalowania instalacji, kierunkach rozwoju technologii.

⁵⁵ Analiza potencjału technologii wodorowych w Polsce do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku, s. 467

Perspektywiczne kierunki prac badawczo-rozwojowych

Patrząc przez pryzmat całego łańcucha gospodarki wodorowej, na moment opracowywania strategii (2023 r.) wysiłek badawczo-rozwojowy należałoby skierować:

- w obszarze materiałów, wykorzystywanych w konstrukcjach: urządzeń, aparatury sterującej, kontrolno-pomiarowej, infrastruktury magazynowania oraz przesyłowej, między innymi na:
 - materiały wykorzystywane w systemach dystrybucji: polimery, nowe materiały do urządzeń dla ciekłego wodoru,
 - poszukiwanie tańszych, bardziej dostępnych zamienników metali szlachetnych, obecnie stosowanych w elektrolizerach, ogniwach paliwowych, innych urządzeniach, w tym zamienników opartych na biotechnologii,
 - recykling materiałów z utylizowanych urządzeń wykorzystywanych w gospodarce wodorowej, w celu odzysku surowców krytycznych (TRL 2-4),
 - technologie powlekania metali, powierzchnie przepuszczające gazy,
- w obszarze rozwoju technologii, urządzeń, instalacji produkcyjnych, infrastruktury magazynowania oraz przesyłowej, między innymi na:
 - rozwój wysokotemperaturowych elektrolizerów (ogniw) SOEC w większej skali,
 - wzrost sprawności ogniw paliwowych,
 - zbadanie możliwości, potencjału magazynowania wodoru w kawernach solnych,
 - identyfikację możliwości dostosowania/budowy infrastruktury gazowej na terenie regionu do dystrybucji wodoru,
 - prace nad zastosowaniem wodoru w hutnictwie szkła – nowe konstrukcje pieców i palników stosujących wodór (TRL 3-4),
 - alternatywne metody wytwarzania wodoru: fotosynteza, bioreaktory/ciemna fermentacja,
 - technologie produkcji zaawansowanych biopaliw i paliw syntetycznych,
 - prace wdrożeniowe technologii pirolizy metanu (biometanu) do wodoru i węgla w postaci stałej (TRL 5-6),
 - budowa pilotażowej instalacji elektrolizerów zasilanych bezpośrednio z farmy wiatrowej i farmy fotowoltaicznej,
 - prace wdrożeniowe i budowę zakładu pilotażowego przerobu odpadów komunalnych i tworzyw sztucznych na wodór (TRL 6-7),
 - technologie uzdatniania / oczyszczania wody dla procesu elektrolizy; w tym ozonowanie wody z wykorzystaniem tlenu z elektrolizy,
 - prace nad zbiornikami wysokociśnieniowymi IV-V typu (np. możliwością wykorzystanie włókien bazaltowych),
- w obszarze rozwoju aplikacji, zastosowań wodoru, między innymi na:
 - wytwarzanie paliw syntetycznych na bazie wodoru,
 - konwersję wodoru do postaci amoniaku (TRL 6-7),
 - technologie napędu wodorowego pojazdów, w tym udział w projekcie budowy pojazdu dostawczego e-VAN (TRL 8),
 - technologie elektryfikacji maszyn rolniczych i układów przenoszenia napędu w ciągnikach i pojazdach terenowych, w tym z ogniwami paliwowymi (TRL 6-8).
- w obszarze rozwoju systemów IT, między innymi na:

- opracowanie programów zarządzających pracą OZE o zróżnicowanej charakterystyce wytwarzania energii (instalacjami hybrydowymi, magazynami energii), integrujących podaż energii w jednorodny, przewidywalny strumień,
- specjalistyczne, inteligentne oprzyrządowanie elektrotechniczne i elektroniczne, służące zapewnieniu bezpieczeństwa i jego ciągłemu monitorowaniu.

Dekarbonizacja gospodarki z udziałem wodoru w skali globalnej wywoła impuls do poszukiwania rozwiązań dających technologiczną bądź ekonomiczną przewagę. Przewagę tę może zapewnić opracowanie jakiegoś detalu, elementu instalacji, niekoniecznie musi to być całe ogniwo paliwowe⁵⁶. Wykorzystanie zamienników metali szlachetnych w ogniwach paliwowych, katalizatorach, opracowanie nowych rozwiązań dla zaworów wysokociśnieniowych, przepływomierzy, czujników, analizatorów, adaptacja istniejących już rozwiązań z branż pokrewnych, może dać przewagę konkurencyjną na rynku międzynarodowym. W tym kontekście nawiązanie współpracy pomiędzy przemysłem a jednostkami badawczo – rozwojowymi jest pożądanym kierunkiem rozwoju i budowania przewagi konkurencyjnej regionu.

Kadry dla gospodarki wodorowej

Gospodarka wodorowa to gospodarka wysoce innowacyjna, wymagająca specjalistów z wielu dziedzin, silnie oddziałująca na otoczenie, które musi przygotować się na zaistnienie wodoru w powszechnym użyciu.

Poza specjalistami z wiedzą „techniczną” na temat wodoru, jego własności, możliwości zastosowań (obecnych i przyszłych), technologii produkcji, potrzebne będą osoby z umiejętnościami „miękkimi”, wiedzą interdyscyplinarną, pozwalającą łączyć poszczególne ogniwa łańcucha gospodarki wodorowej w jeden, sprawnie funkcjonujący system, działający w otoczeniu regulacyjno – społecznym.

Z punktu widzenia kształtującej się gospodarki wodorowej, potrzebni będą:

- **specjaliści z wiedzą techniczną** – z racji różnorodnych technologii produkcji oraz mnogości możliwych zastosowań wodoru, np. w transporcie, hutnictwie (szkła, metali), energetyce, budownictwie zeroemisyjnych domów pasywnych, małej elektronice, potrzebni będą specjaliści w dziedzinie technologii wodorowych, którzy zajmą się doradztwem technologicznym, audytami, konfigurowaniem instalacji, doбором urządzeń, ich obsługą, tworzeniem planów rozwojowych przedsiębiorstw, jak również rozwojem krajowej produkcji urządzeń, komponentów, części, elementów składowych instalacji produkujących wodór,
- **specjaliści od oprogramowania, informatycy** – włączenie wodoru w system energetyczny wymaga integracji, ponieważ optymalna produkcja wodoru i jego wykorzystanie do zasilania systemu muszą być zharmonizowane: automatyczna praca całej instalacji wymaga odpowiedniego systemu informatycznego wyposażonego w indywidualne oprogramowanie, zbudowania systemu zarządzania energią (EMS - Energy Management System),
- **specjaliści z wiedzą prawną, doradcy** – projekty instalacji będą musiały być dostosowane do obowiązujących norm prawnych, jednocześnie kształtowanie tych norm, analiza kierunków zmian w Europie, na świecie, ich dostosowywanie również wymagać będzie odpowiednich kompetencji,
- **specjaliści z kompetencjami miękkimi:**

⁵⁶ Ł. Lindner, P. Sobczak, K. Łodygowski A. Zandecki, N. Lindner, J. Kolanowski, M. Kalkowski: *Szkoła wodorowa. Materiał edukacyjny przeznaczony dla studentów uczelni wyższych*. Opracowano przez: Meet Hydrogen, Wydawca Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego, Poznań 2021, s. 52.

- komercjalizacja koncepcji, pomysłów, projektów wodorowych wymagać będzie osobistych zdolności i umiejętności personalnych, które także mogą rozwijać gospodarkę wodorową: istotną rolę odgrywać tu będzie doświadczenie,
 - brak akceptacji społecznej dla projektów wodorowych wymagać będzie przeprowadzania kampanii reklamowych dedykowanych transformacji energetycznej,
 - z uwagi na fakt, iż wodór jest gazem potencjalnie niebezpiecznym, konieczne będą szkolenia w zakresie obsługi urządzeń, instalacji, zarówno bezpośrednich użytkowników (przedsiębiorstwa komunikacyjne, komunalne), jak i instytucji, podmiotów pośrednio związanych z wodorem, to jest administracja publiczna, która kształtuje warunki funkcjonowania w najbliższym otoczeniu, oraz służby odpowiedzialne za bezpieczeństwo pożarowe, ochronę środowiska, bezpieczeństwo cywilne,
- **specjaliści od inżynierii finansowej, analitycy**, znający specyfikę produkcji energii z OZE, którzy wspierać będą przedsiębiorców w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych opracowując studia wykonalności, plany biznesowe, poszukując źródeł finansowania planowanego przedsięwzięcia, przygotowując aplikacje o środki unijne.

Rozwój gospodarki wodorowej wymaga, poza zasobami materialnymi, finansowymi, wiedzy o wodorze, technologiach, która powinna być przekazywana na wszystkich szczeblach nauczania. Istotną rolę w kształtowaniu tego potencjału powinny odegrać uczelnie wyższe.

Potrzebę kształcenia specjalistów w obszarze wodoru zaczęły dostrzegać niektóre polskie uczelnie. Należą do nich: Politechnika Gdańska, Politechnika Rzeszowska oraz Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. Poniżej przedstawione opisy tych kierunków można traktować jako benchmarki, do wykorzystania przy budowie oferty uczelni regionu.

Politechnika Gdańska uruchomiła, od października 2022 r., nowy kierunek – **Technologie wodorowe i elektromobilność** – na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki. Nauka trwa 7 semestrów, praktyka zawodowa 4 tygodnie (160 godz.). Kształcenie obejmuje zagadnienia, dotyczące, między innymi:

- projektowania układów sterujących napędami elektrycznymi dla samochodów elektrycznych i pojazdów trakcyjnych,
- utrzymania magazynów energii elektrycznej, sieci i systemów elektroenergetycznych, elektromobilności, zabezpieczania i ochrony urządzeń elektrycznych,
- bezpieczeństwa funkcjonalnego w instalacjach wodorowych,
- elektroniki i energoelektroniki, maszyn i napędu elektrycznego, trakcji elektrycznej, sterowania i sterowników programowalnych,
- instalacji elektrycznych oraz przemysłowych sieci informatycznych.

Absolwenci tego kierunku będą potrafili posługiwać się techniką komputerową, między innymi w odniesieniu do: technologii informacyjnych, symulacji komputerowych, programowania obiektowego, projektowania i programowania urządzeń energoelektronicznych i sterujących, a także komputerowo wspomaganego projektowania w zakresie modelowania procesów wodorowych w instalacjach Przemysł 4.0 z wykorzystaniem urządzeń Internetu Rzeczy (IoT) i sieci blockchain⁵⁷.

⁵⁷ Technologie wodorowe i elektromobilność - Katalog ECTS (pg.edu.pl)

Politechnika Rzeszowska na przełomie lat 2022/2023 r. uruchomiła zapisy na kierunek **Technologie wodorowe** – studia stacjonarne drugiego stopnia. Program tego kierunku obejmuje wiedzę z zakresu inżynierii chemicznej, materiałowej, mechanicznej oraz wybranych zagadnień z energetyki. Ponadto, tematyka tego kierunku obejmować będzie technologie wytwarzania wodoru, jego magazynowania oraz transportu, jak również możliwości wykorzystania w różnych obszarach gospodarki. Uzupełnieniem programu będą techniki obliczeniowe, symulacyjne, służące projektowaniu, optymalizacji elementów instalacji produkcyjnych, przesyłu, magazynowania i dystrybucji wodoru⁵⁸.

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, wspólnie z firmą Grupa Azoty Police, uruchomił – w marcu 2023 r. – **Akademiię Wodorową** w ramach Zachodniopomorskiej Doliny Wodorowej⁵⁹.

Głównym celem programu jest edukacja studentów i absolwentów w kierunku innowacyjnych technologii wodorowych oraz ich praktycznego wykorzystania w aplikacjach biznesowych.

W ramach pierwszej edycji Akademia Wodorowa przyjmuje studentów studiów pierwszego i drugiego stopnia oraz absolwentów uczelni, którzy nie ukończyli 27. roku życia. Ponadto, kandydaci muszą mieć średnią ze studiów powyżej 4.0 oraz wykonać projekt w ramach zadania rekrutacyjnego.

W marcu 2023 roku zainaugurowała działalność Akademia Wodorowa w województwie mazowieckim, realizowana we współpracy z PKN Orlen. Celem programu jest edukacja inżynierów realizujących zadania związane z rozwojem oraz zarządzaniem całym łańcuchem wartości technologii wodorowych. Akademia Wodorowa to inicjatywa, która powstała w ramach Mazowieckiej Doliny Wodorowej. Organizatorem tego programu jest PKN ORLEN, a partnerami są m.in. przedstawiciele przemysłu motoryzacyjnego, tacy jak Toyota, czy kolejowego – PESA Bydgoszcz oraz uczelnie wyższe: Politechnika Łódzka, Politechnika Warszawska i Centrum Badań PAN – KEZO. Zajęcia będą odbywać się od marca do czerwca 2023 r. i weźmie w nich udział 30 osób.

W obszarze nauki kluczowym jest pozyskanie wiedzy i jej transfer na różnych poziomach kształcenia, wsparty praktykami najlepiej w podmiotach funkcjonujących w branży wodorowej. Z tej perspektywy wskazane jest utworzenie kierunku studiów dedykowanego gospodarce wodorowej – poczynając od sfery technicznej, poprzez ekonomikę, sferę regulacji do komunikacji społecznej (konieczności dekarbonizacji gospodarki). Rozwiązaniem może być kierunek w ramach jednej uczelni, studia podyplomowe, bądź też kierunek międzyuczelniany.

Wsparciem kształcenia wodorowego powinny być praktyki. Na obecnym etapie rozwoju w regionie generalnie brak jest podmiotów istotnie zaangażowanych w gospodarkę wodorową. Liderem jest ZE PAK – podjęcie działań wspierających organizatora studiów wodorowych, skierowanych na uzyskanie możliwości przeprowadzania praktyk, istotnie wzmocniłoby atrakcyjność nowego kierunku.

Na poziomie szkół podstawowych, ponadpodstawowych, branżowych wskazane jest wprowadzenie treści związanych z gospodarką wodorową do podstawy programowej. Jest to działanie długofalowe, wymagające współpracy wielu instytucji, podmiotów, w tym przede wszystkim Ministerstwa Edukacji i Nauki.

W chwili obecnej problemem jest brak nauczycieli zawodu w niektórych specjalnościach, a w przypadku osób posiadających wiedzę na temat wodoru, którą mogliby przekazać uczniom, ich liczba jest znikoma. W miarę rozwoju gospodarki wodorowej, zapotrzebowanie będzie wzrastać. Rozwiązaniem powinny być szkolenia nauczycieli nt. technologii wodorowych ich znaczenia m.in. dla ochrony klimatu, rozwoju społeczno-gospodarczego. Transfer wiedzy poprzez pryzmat ochrony środowiska, innowacyjność gospodarki wodorowej,

⁵⁸ Technologie wodorowe, studia stacjonarne II stopnia :: System Internetowej Rekrutacji Politechniki Rzeszowskiej (prz.edu.pl)

⁵⁹ <https://www.zut.edu.pl/zut-strona-glowna/informacje-biezace/article/rusza-akademia-wodorowa-dla-studentow-i-absolwentow-naszej-uczelni.html>

może być skutecznym kanałem dotarcia do młodzieży i zainteresowania jej problematyką wodorową również w aspekcie kariery zawodowej.

Uzupełnieniem szkoleń nauczycieli może być nawiązanie współpracy z przedsiębiorstwami, które funkcjonując w łańcuchu gospodarki wodorowej będą zainteresowane oddelegowaniem pracowników, swoich ekspertów, do nauki zawodu, w przypadku przewidywanego dynamicznego rozwoju rynku.

Tworzenie klas patronackich, w uzgodnieniu z lokalnymi przedsiębiorcami, stypendia, gwarancje zatrudnienia na atrakcyjnych warunkach, wzmocnią zainteresowanie wodorem. Istotną rolę powinno odegrać również doradztwo zawodowe w zainteresowaniu zawodami związanymi z gospodarką wodorową.

Punkty informacyjno – konsultacyjne udostępniające informacje m.in. nt. technologii wodorowych, producentów urządzeń, kierunków rozwoju technologii, możliwościach nowych zastosowań ułatwiłyby upowszechnienie wiedzy dotyczącej gospodarki wodorowej.

Poza systemowymi działaniami, cykliczne wydarzenia organizowane przez różne podmioty, w tym samorząd, np. Roadshow, Showroom będą wspierać systemowe działania związane z poszerzaniem wiedzy na temat wodoru, jego roli w dekarbonizacji, powstrzymywaniu zmian klimatycznych, we wzroście poziomu innowacyjności gospodarki regionu.

10. BUDOWA SPOŁECZEŃSTWA WODOROWEGO

10.1 Kształtowanie postaw społecznych

Technologie wodorowe są postrzegane przez społeczeństwo jako obszar innowacyjny, będący na wczesnym poziomie adaptacji. Mając to na uwadze należy zaznaczyć, że wprowadzenie i rozpowszechnianie innowacji jest procesem, który przebiega stopniowo i rozwija się w określonym czasie.

W przypadku adaptacji innowacji pojawiają się naturalne bariery, takie jak koszty, niedostateczna wiedza, niechęć do ryzyka, czy nieufność. Aby je pokonać, można podjąć następujące kroki:

- ☐ zwiększyć poziom dostępności i jakości informacji - rzetelne i łatwo dostępne informacje na temat nowej technologii, jej zalet podnoszą świadomość, wzbudzają zainteresowanie, zmniejszają bariery i brak zrozumienia dla innowacji,
- ☐ zredukować koszty- obniżenie kosztów nowej technologii i zapewnienie wsparcia finansowego wpływać będzie na wzrost zainteresowania innowacją,
- ☐ zwiększyć wsparcie regulacyjne i rynkowe - kształtowanie przyjaznego otoczenia, poprzez wypracowanie odpowiednich regulacji i stworzenie rynku dla nowej technologii,
- ☐ zbudować środowisko wsparcia - tworzenie warunków, w których adopterzy mogą wymieniać się doświadczeniami i uzyskać wsparcie,
- ☐ edukować - edukacja na temat nowej technologii zwiększa poziom wiedzy i zaufania do niej, co przyczynia się do jej adopcji,
- ☐ nawiązać partnerstwo z liderami opinii - współpraca z liderami opinii i influencerami pomaga poszerzyć grono odbiorców oraz podnieść poziom zaufania do nowej technologii.

Typową barierą w procesie przyswajania technologii wodorowych jest brak wystarczającej infrastruktury i regulacji, co powoduje trudności w dystrybucji i użytkowaniu wodoru jako paliwa. W przypadku technologii wodorowych, bariera ta może również wynikać z niskiej świadomości i zaufania do technologii związanych z wodorem wśród konsumentów i decydentów oraz wysokich kosztów ich implementacji. Aby ją pokonać, konieczne jest zwiększenie inwestycji „wodorowych”, działań promujących rozwój dedykowanej infrastruktury, wypracowanie „przyjaznych” regulacji oraz podniesienie świadomości i poziomu zaufania do technologii wodorowej wśród społeczeństwa.

Ważnym elementem budowy społeczeństwa wodorowego, a tym samym instrumentem pozwalającym na szybszą adopcję technologii wodorowych, powinna być kampania informacyjna ukierunkowana na kształtowanie odpowiedniej świadomości o technologiach wodorowych. Potencjalnymi działaniami, podjętymi w kampanii mogą być m.in.:

- ☐ warsztaty i wykłady na temat technologii wodorowych w szkołach, na uczelniach i/lub innych instytucjach popularyzujących naukę (skierowane do różnych grup społecznych); wydarzenia na żywo: organizacja pokazów i demonstracji wodorowych pojazdów, wystaw, pikników itp.
- ☐ debaty i panele dyskusyjne: organizacja debat i paneli dyskusyjnych, w których będą mogły uczestniczyć różne grupy wiekowe,
- ☐ materiały edukacyjne: broszury, plakaty, filmy zawierające informacje nt. gospodarki wodorowej oraz nt. konkretnych rozwiązań technologicznych,
- ☐ konkursy, których celem jest zwiększenie zainteresowania i zrozumienia technologii wodorowej, organizacja zawodów technologicznych dla młodzieży, takich jak konkursy projektów dotyczących wodoru, konkursy robotów i inne zawody związane z tą technologią,
- ☐ zintegrowanie treści na temat gospodarki wodorowej w program nauczania w szkołach,

- ☐ współpraca z organizacjami pozarządowymi, w celu promocji technologii wodorowych.

Należy zaznaczyć, że wymienione w Strategii działania o charakterze promocyjno-informacyjnym powinny być kontynuowane w ramach dotychczasowych inicjatyw SWW.

Dodatkowo, ważne jest prowadzenie działań w obszarze nauki i edukacji, o których była mowa w rozdziale 9. W skrócie, rekomendowane działania mające na celu podniesienie poziomu wiedzy uczniów, studentów, nauczycieli i wykładowców, to m.in.:

- ☐ kształcenie nauczycieli szkół każdego szczebla nt. znaczenia technologii wodorowych dla ochrony klimatu, czy podnoszenia konkurencyjności przedsiębiorstw.
- ☐ uruchomienie kierunku studiów o tematyce wodorowej na jednej z uczelni wyższych, studiów podyplomowych, bądź kierunku międzyuczelnianego.
- ☐ wsparcie działań zmierzających do wprowadzenia do podstawy programowej szkół podstawowych, średnich oraz branżowych treści związanych z gospodarką wodorową.

10.2 Możliwości nawiązania międzynarodowych partnerstw strategicznych

W celu umożliwienia efektywnej realizacji celów Strategii istnieje możliwość instytucjonalizacji współpracy poprzez:

- ☐ członkostwo w międzynarodowych i europejskich organizacjach branżowych,
- ☐ udział w międzynarodowych projektach badawczych,
- ☐ wsparcie promocji polskiego biznesu na rynkach globalnych,
- ☐ współpracę organizacji i stowarzyszeń z podmiotami międzynarodowymi,
- ☐ uczestnictwo w międzynarodowych targach.

Samorząd województwa wielkopolskiego będzie wspierał interesariuszy regionalnej gospodarki w rozwoju kompetencji „wodorowych” poprzez umożliwienie udziału w regionalnych i międzynarodowych wydarzeniach poświęconych tematyce wodorowej. Ponadto, spodziewana jest także organizacja wyjazdów na instalacje demonstracyjne oraz na obiekty infrastruktury technicznej.

Rekomendowane jest podjęcie współpracy z innymi regionami poprzez uczestnictwo województwa oraz miast regionu w międzynarodowych organizacjach ukierunkowanych na tematykę dekarbonizacji miast, wdrożenia innowacyjnego, zeroemisyjnego transportu (np. Energy Cities, Eurocities, POLIS). Istnieje też możliwość nawiązania współpracy miast z miastami ulokowanymi w dolinach wodorowych Europy.

Wskazuje się także na potrzebę aktywnego śledzenia aktywności organizacji (oraz w miarę możliwości nawiązania współpracy z):

- ☐ Hydrogen Europe,
- ☐ Sustainable Buses,
- ☐ Clean Hydrogen JU,
- ☐ FCH Observatory,
- ☐ Partnerstwo Dolin Wodorowych (H2 Valleys S3) – woj. wielkopolskie członkiem od kwietnia 2022 roku,
- ☐ Partnerstwo na rzecz Biometanu.

11. OCZEKIWANIA WZGLĘDEM POLITYK ZEWNĘTRZNYCH, REGULACJI I SPOSOBU FINANSOWANIA EKOSYSTEMU WODOROWEGO

Polska przyłączyła się do rozwoju gospodarki wodorowej, przyjmując strategię wodorową w 2021 r. Priorytetem powinno być zapewnienie stabilnego i przyjaznego otoczenia prawnego dla rozwoju nośnika energii w postaci wodoru. Wśród celów szczegółowych zakładanych w strategii krajowej jest cel nr 6 – stworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego.

Szereg postanowień UE odnośnie do wodoru - począwszy od Zielonego Ładu, Strategii wodorowej EU, programu Fit-for 55, programu REPowerEU i inne, wymaga implementacji do uregulowań krajowych. Szczególnie ważne jest wdrożenie pakietu dekarbonizacji rynku wodoru i gazu ("pakiet gazowy") wraz z przepisami dotyczącymi emisji metanu i charakterystyki energetycznej budynków z dnia 15 grudnia 2021.

Kluczowymi aktami prawnymi będą też:

- ☐ zmieniona Dyrektywa w sprawie odnawialnych źródeł energii (RED),
- ☐ Dyrektywa w sprawie opodatkowania energii (ETD),
- ☐ taksonomia UE,
- ☐ Rozporządzenie w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych (AFIR),
- ☐ rozporządzenia dotyczące sieci transeuropejskich (TEN-T, TEN-E) ,
- ☐ wytyczne w sprawie pomocy publicznej (CEEAG).

Wszystkie wymienione regulacje będą bezpośrednio stosowane lub transponowane do prawa polskiego, przez co ich wpływ na rozwój polskiego rynku wodoru będzie istotny.

Szereg aktów prawnych zostało już opracowanych, jak np. Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych, czy Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie szczegółowych wymagań technicznych dla stacji wodorowych. Procedowane są dalsze przepisy, jak np. projekt ustawy o zmianie ustawy Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw, czy projekt zmian w Ustawie z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze, wprowadzające zagadnienie magazynowania wodoru. Projekt zmian reguluje takie zagadnienia jak np. podziemne składowanie dwutlenku węgla oraz podziemne bezzbiornikowe magazynowanie wodoru.

Inne oczekiwania względem potencjalnych regulacji, to:

-  Aktualizacja ustawy o źródłach odnawialnych, wprowadzenie ułatwień w lokowaniu i rozwoju nowych mocy OZE, magazynów energii, w tym magazynów wodoru. Rozwiązanie problemów z przyłączeniem instalacji OZE do sieci.
-  Uproszczenie i skrócenie procedur administracyjnych w zakresie inwestycji w wodór, w tym potraktowanie priorytetowo inwestycji w dolinach wodorowych.
-  Systemowe mechanizmy wsparcia dla prowadzenia działalności badawczo-rozwojowej projektów z zakresu technologii wodorowych.
-  Określenie standardów dla biometanu i/lub wodoru, który będzie mógł być zatłaczany do sieci gazowej, czy sieci wodorowej. Dotyczy to zarówno spraw jakości, jak i gwarancji pochodzenia. Rozwiązania te powinny być w pełni zharmonizowane z ustaleniami na poziomie krajów europejskich ze względu na potencjalną wymianę transgraniczną biometanu, wodoru czy gazu ziemnego z domieszką wodoru.



Dopuszczenie paliwa wodorowego w limitach dla pojazdów wykonujących zadania publiczne, zasilanych paliwami alternatywnymi (Ustawa o elektromobilności).

Dotychczasowe propozycje zapisów zmian w ustawach wymagają dopracowania i/lub wyjaśnień. Przykładowo:

- Wymagane jest precyzyjne określenie definicji wodoru, wraz z określeniem jego parametrów fizyko-chemicznych. Wątpliwości budzi konieczność rozróżnienia wodoru pod postacią gazową (GH₂) i płynną (LH₂) - per analogia do gazu ziemnego można wskazać np. CNG i LNG.
- Wymagane jest uwzględnienie w przepisach zarówno wodoru zeroemisyjnego, pozyskiwanego w drodze elektrolitycznej, jak i uzyskiwanego w inny sposób, np. przy zastosowaniu technologii bezpośredniej konwersji katalitycznej z biometanu czy przetwarzania odpadów komunalnych w kierunku wodoru.
- Wymagane jest precyzyjne zdefiniowanie magazynów energii i magazynów wodoru oraz uwzględnienie w tym kontekście różnych aplikacji wodorowych, np. magazynowania wodoru na stacjach tankowania lub na potrzeby aplikacji konsumenckich.

Finansowanie projektów wodorowych

Rozwój ekosystemu wodorowego, szczególnie w początkowym etapie, uzależniony jest od zapewnienia finansowania w oparciu o środki krajowe i europejskie. Potrzebna jest pełna aktywizacja i uruchomienie programów finansowania przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Zakres wsparcia powinien obejmować wszystkie istotne elementy inicjatywy wodorowej – przykładowo, zakup autobusów wodorowych przez operatorów komunikacji zbiorowej, poza potrzebą zapewnienia infrastruktury tankowania, wiąże się z koniecznością stworzenia możliwości serwisowania. **Koszty związane z adaptacją lub budową nowych hal serwisowych wykraczają często poza możliwości finansowe operatorów i stanowią istotną barierę inwestycyjną.**

W tabeli 24 przedstawiono zestawienie przykładowych programów finansujących projekty z obszaru gospodarki wodorowej (na dzień opracowywania Strategii).

TABELA 24

Przegląd wybranych programów finansujących projekty z obszaru gospodarki wodorowej

Program	Opis	Strona internetowa
Horyzont Europa / Clean Hydrogen Partnership	Projekty badawczo-rozwojowe sprzyjające przeciwdziałaniu zmianom klimatycznym, poprawie konkurencyjności branży energetycznej i transportowej. Duże projekty inwestycyjne związane z produkcją wodoru, doliny wodorowe, transport, badania strategiczne.	https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en https://www.clean-hydrogen.europa.eu/apply-funding_en
Innovation Fund	Program wspierający projekty zakładające wdrożenie wysoce innowacyjnych technologii, duże szandarowe projekty o europejskiej wartości dodanej, które mogą przynieść znaczące redukcje emisji CO ₂ .	https://cinea.ec.europa.eu/programmes/innovation-fund_en
Important Projects of Common European Interest (IPCEI) / NCBiR	Celem projektów jest ograniczenie zależności od paliw kopalnych oraz przyspieszenie rozwoju gospodarki wodorowej. W ramach mechanizmu IPCEI realizowane są konkursy NCBiR, np. Hy2Tech.	https://competition-policy.ec.europa.eu/state-aid/legislation/modernisation/ipcei_en https://www.gov.pl/web/ncbr/ipcei-wodorowy
LIFE	Szeroki zakres projektów ukierunkowanych na zapobieganie zmianom klimatu (np. OZE, wykorzystanie ciepła odpadowego, efektywność energetyczna, redukcja emisji gazów cieplarnianych).	https://cinea.ec.europa.eu/programmes/life_en
Instrument „Łącząc Europę” CEF2	Projekty posiadające ograniczoną rentowność finansową, ale mające potencjał przyciągnięcia finansowania rynkowego, w tym projekty dotyczące rozwoju paliw alternatywnych (infrastruktura, aktywa ruchome, np. środki transportu, bunkierki).	https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/strony/o-funduszach/zasady-dzialania-funduszy/program-laczac-europe/cef-2021-2027/
Program Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki (FENG)	Projekty zakładające wdrożenie nowych rozwiązań, infrastruktury B+R, rozwoju kompetencji, automatyzacji i robotyzacji, zielonej gospodarki.	https://www.nowoczesnagospodarka.gov.pl/
Interreg Europa / Interreg Region Morza Bałtyckiego / Program współpracy Interreg Europa Środkowa 2021-2027	Wspiera wymianę doświadczeń, nowatorskie rozwiązania i budowę potencjału instytucji uczestniczących w przygotowaniu i realizacji polityk rozwoju regionalnego.	https://www.interregeurope.eu/apply-for-the-call https://www.ewt.gov.pl/strony/o-programach/programy-interreg-2021-2027/
Fundusze Europejskie dla Wielkopolski na lata 2021-2027	M.in. projekty związane ze zdekarbonizowanym transportem publicznym; programy wsparcia inwestycji MŚP; odbudowa i zwiększanie zasobów wodnych.	https://wrpo.wielkopolskie.pl/dowiedz-sie-wiecej-o-programie/fundusze-europejskie-dla-Wielkopolski-2021-2027
Programy NFOŚiGW	Programy ukierunkowane na wsparcie zeroemisyjnego transportu, mocy wytwórczych wodoru, OZE i biogazu. Planowany program „Wodoryzacja gospodarki”	https://www.gov.pl/web/nfosigw/programy-2021

Program	Opis	Strona internetowa
Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności	KPO zakłada wsparcie dla inwestycji w technologie wodorowe, wytwarzanie, magazynowanie i transport wodoru.	https://www.gov.pl/web/planodbudowy/nabory
Program Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027 (FENIKS)	Program przewiduje środki na poprawę warunków rozwoju kraju poprzez budowę infrastruktury technicznej i społecznej zgodnie z założeniami rozwoju zrównoważonego, w tym poprzez: - obniżenie emisyjności gospodarki, - budowę systemu transportowego o jak najniższym negatywnym wpływie na środowisko naturalne.	https://www.feniks.gov.pl/
Fundusze Kapitałowe	Hy2GEN Największy fundusz prywatnego kapitału realizujący inwestycje w technologie wodorowe. W lutym 2022 roku fundusz zakończył rundę pozyskania kapitału rzędu 200 mln euro. HydrogenOne Fundusz kapitałowy realizujący inwestycje w technologie wodorowe.	https://hy2gen.com/ https://hydrogenonecapitalgrowthplc.com/

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.

12. KLUCZOWE WYZWANIA I BARIERY ROZWOJOWE

Przeprowadzone w ramach niniejszej Strategii analizy pozwoliły na identyfikację szeregu wyzwań i barier utrudniających szybką implementację technologii wodorowych. Zostały one szczegółowo scharakteryzowane w formie analizy SWOT oraz PEST w rozdziale 4 opracowania. W niniejszym zestawieniu wybrano kluczowe ograniczenia oraz przedstawiono potencjalne sposoby ich mitygacji. Metody te znalazły odzwierciedlenie w zaprojektowanych zadaniach strategicznych w rozdziale 13 Cele rozwojowe Wielkopolski wodorowej.

TABELA 25

Kluczowe bariery rozwojowe i sposoby ich mitygacji

Bariery	Sposoby mitygacji
Bariery sfery realnej (ekonomiczne, inwestycyjne, technologiczne, innowacyjne, infrastrukturalne, przemysłowe, moce wytwórcze, łańcuch dostaw i wartości)	
Wysoka bariera wejścia w produkcję ogniw paliwowych, elektrolizerów.	Nawiązanie współpracy z producentami w charakterze podwykonawców, producentów wybranych komponentów, zakup licencji. Ułatwienia dla inwestycji zagranicznych w obszarze technologii wodorowych.
	Rozwój prac B+R+I nad tańszymi, bardziej dostępnymi substytutami materiałów stosowanych w konstrukcji ogniw paliwowych, elektrolizerów – w gospodarce wodorowej.
	Monitoring unijnych, krajowych źródeł, finansowania, celów.
Brak powszechnej znajomości rynku producentów urządzeń, instalacji wodorowych, technologii.	Wykorzystanie WPW do szerzenia wiedzy o technologiach wodorowych.
	Rozpowszechnianie treści SRWH ₂ 2030 przy okazji różnorodnych wydarzeń o tematyce gospodarczej.
	Opracowanie i przeprowadzenie kampanii informacyjno-promocyjnej o tematyce wodorowej.
Brak rozwoju sektora OZE. Duża zależność od tempa rozwoju sektora OZE.	Zmiana regulacji dotyczących możliwości lokalizacji OZE. Modernizacja sieci elektroenergetycznych zwiększająca potencjał przyłączeniowy. Lobbowanie na rzecz przyjęcia rozwiązań pozwalających na realizację inwestycji w ramach instalacji hybrydowych („cable pulling”).
	Wykorzystanie możliwości regulacyjnych układów elektrolizerów. Dialog ze środowiskiem elektroenergetyki zawodowej.
	Dywersyfikacja metod wytwórczych wodoru.
Brak na terenie woj. wielkopolskiego dużych krajowych wytwórców i konsumentów wodoru.	Włączenie regionu w sieć planowanych gazociągów wodorowych oraz budowa wielkoskalowych magazynów wodoru.
Trudności w integracji środowiska biznesowego, w budowaniu konsorcjów i modeli biznesowych zwiększających szanse pozyskania funduszy	Identyfikacja i prezentacja przykładów projektów „konsorcjalnych”, które skutecznie pozyskały zewnętrzne finansowanie
	Zwiększenie aktywności WPW w sferze integracji środowiska.
Wczesny etap rozwoju technologii. Niska opłacalność inwestycji „wodorowych”, co utrudnia ich popularyzację i implementację w wielu zastosowaniach w: transporcie, energetyce, przemyśle, gospodarstwach domowych	Wsparcie inwestycji wodorowych środkami publicznymi, funduszami europejskimi.
	Rozwój prac B+R nad tańszymi, bardziej dostępnymi substytutami materiałów stosowanych w konstrukcji ogniw paliwowych, elektrolizerów – w gospodarce wodorowej.
Relatywnie niewielka liczba specjalistów sektora technologii wodorowych na uczelniach wyższych w regionie.	Utworzenie kierunku nauczania o tematyce wodorowej – uczelnianego bądź międzyuczelnianego, studiów podyplomowych.
	Wprowadzenie tematyki wodorowej do liceów, techników, szkół branżowych

Bariery	Sposoby mitygacji
Brak kadr przygotowanych do eksploatacji i obsługi instalacji wodorowych.	Nawiązanie współpracy szkół z przedsiębiorcami zaangażowanymi w gospodarkę wodorową – tworzenie klas patronackich, stypendia, gwarancje zatrudnienia.
	Lobbing, poprzez przedstawicieli regionu na poziomie centralnym, w parlamencie, mający na celu wprowadzenie do podstawy programowej szkół podstawowych oraz średnich tematyki wodorowej.
Brak środków z KPO.	Monitoring funduszy unijnych dedykowanych rozwojowi gospodarki wodorowej – aplikacje bezpośrednie.

Bariery sfery regulacji



Brak implementacji rozporządzeń, dyrektyw UE, dotyczących gospodarki wodorowej do prawa polskiego.	Lobbing, poprzez przedstawicieli regionu na poziomie centralnym, w parlamencie, mający na celu szybką implementację prawa unijnego.
Ograniczenia w rozwoju instalacji OZE.	Lobbing, poprzez przedstawicieli regionu na poziomie centralnym, w parlamencie, za liberalizacją prawa o OZE. Modyfikacje dokumentów planistycznych pod kątem lokalizacji instalacji OZE.
Bariery administracyjne w rozwoju instalacji wodorowych: czas wydawania decyzji, niska sprawność i szybkość działań administracji publicznej.	Podnoszenie kwalifikacji urzędników odpowiedzialnych za wydawanie decyzji administracyjnych w obszarze technologii wodorowych, np. kursy i szkolenia.
Ograniczenia w rozwoju rynku biogazu.	Lobbing, poprzez przedstawicieli regionu na poziomie centralnym, w parlamencie, za liberalizacją prawa – wprowadzenie możliwości zatlaczania biometanu do istniejących sieci gazowych.

Bariery sfery społecznej



Niski poziom wiedzy społeczeństwa, przedsiębiorstw na temat wodoru, technologii wodorowych, możliwości jego zastosowań.	Lobbing, poprzez przedstawicieli regionu na poziomie centralnym, w parlamencie, mający na celu wprowadzenie do podstawy programowej szkół podstawowych oraz średnich tematyki wodorowej. Utworzenie kierunku nauczania o tematyce wodorowej – uczelnianego bądź międzyuczelnianego, studia podyplomowe Organizacja wydarzeń o tematyce wodorowej (np. noc naukowców, Roadshow, H2Poland), popularyzujących wiedzę o wodorze jako nośniku energii, możliwości jego zastosowania.
Nieuzasadnione obawy o bezpieczeństwo stosowania technologii wodorowych.	Organizacja prezentacji, pokazów instalacji wodorowych, zastosowań wodoru. Edukacja na temat nowych technologii – np. webinaria, otwarte wykłady, szkolenia. Wywiady ze specjalistami od technologii wodorowych.

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.

13. CELE ROZWOJOWE WIELKOPOLSKI WODOROWEJ

Cele strategiczne Wielkopolski wodorowej wynikają z oczekiwań związanych z miejscem regionu na mapie gospodarki Europy, poddanej procesom dekarbonizacji, oraz z rolą, jaką region ma odegrać w kształtowaniu tej gospodarki. Cele odnoszą się do przewidywanego stanu gospodarki wodorowej w okresie do roku 2040 i dotyczą całego regionalnego ekosystemu.

Cele strategiczne mają swój praktyczny wymiar w postaci celów szczegółowych – rozwojowych oraz zadań do podjęcia. Cele te, odnosząc się do zdefiniowanych przez Unię Europejską wyzwań, uwzględniają istniejący potencjał regionu w obszarze zasobów surowcowych, energetycznych oraz możliwe kierunki zastosowań i skali wykorzystania wodoru. Zaproponowane cele rozwojowe dotyczą poszczególnych ogniw łańcucha gospodarki wodorowej, to jest sferę produkcji, transportu, magazynowania, dystrybucji i wykorzystania. Rozwój tej gospodarki nie będzie możliwy bez zmian w jej otoczeniu regulacyjno-administracyjno-społecznym. Zmianom w tym otoczeniu również dedykowano szereg celów szczegółowych oraz zadań. Istotnym wsparciem będzie również włączenie się nauki, której efekty prac badawczo-rozwojowych znajdą zastosowanie w komercyjnej ofercie przedsiębiorców.

Patrząc przez pryzmat postawionych celów w ramach strategii wodorowej regionu, krąg interesariuszy jest szeroki i obejmuje: przedsiębiorców, instytucje, urzędy, jednostki samorządu terytorialnego, organizacje branżowe, społeczności, szkolnictwo wyższe, system edukacji szkolnej. Skuteczna realizacja strategii wiąże się z zaangażowaniem wszystkich interesariuszy, każdego z osobna w swoim obszarze kompetencji i możliwości. Stąd też odpowiedzialnymi za stan rozwoju gospodarki wodorowej regionu w perspektywie do 2040 r., określony poprzez stopień realizacji postawionych celów, są zarówno przedstawiciele władz samorządowych regionu, władz lokalnych, biznesu, jednostek otoczenia biznesu, przedstawiciele nauki jak również, w obszarze rozwiązań legislacyjnych, edukacyjnych, finansowych – przedstawiciele władz centralnych.

Rozwój gospodarki wodorowej wymaga środków finansowych. Kierunki oraz tempo tego rozwoju w istotnym stopniu, szczególnie w początkowej fazie rozwoju, zależą od zewnętrznych źródeł finansowania, dysponentów funduszy europejskich i krajowych.

Poniżej w celach szczegółowych SRWH₂ 2030 wskazano na zgodność z poszczególnymi celami operacyjnymi SRWW 2030, którymi są:

- ☐ Cel operacyjny 1.1. Zwiększenie innowacyjności i konkurencyjności gospodarki regionu
- ☐ Cel operacyjny 1.3. Wzrost i poprawa wykorzystania kapitału ludzkiego na rynku pracy
- ☐ Cel operacyjny 3.1. Poprawa dostępności i spójności komunikacyjnej województwa
- ☐ Cel operacyjny 3.2. Poprawa stanu oraz ochrona środowiska przyrodniczego Wielkopolski
- ☐ Cel operacyjny 3.3 Zwiększenie bezpieczeństwa i efektywności energetycznej
- ☐ Cel operacyjny 4.1. Rozwój zdolności zarządczych i świadczenia usług
- ☐ Cel operacyjny 4.2. Wzmocnienie mechanizmów koordynacji i rozwoju

TABELA 26

Cele szczegółowe i zadania do realizacji w ramach poszczególnych celów strategicznych

Cel strategiczny #1

Wdrożenie nisko i zeroemisyjnych metod produkcji wodoru oraz - adekwatny do skali rozwoju rynku produkcji wodoru – rozwój systemów magazynowania i dystrybucji

CELE SZCZEGÓŁOWE	ZADANIA
1.1 Rozwój potencjału wytwórczego nisko- i zeroemisyjnego wodoru, w oparciu o proces elektrolizy, bazującego na biogazie oraz technologiach Waste-to-hydrogen Cel SRWW 2030: 1.1, 3.3	1.1.1 Wsparcie procesu inwestycyjnego poprzez finansowanie studiów wykonalności dla nowych instalacji wytwórczych wodoru w technologiach najbardziej perspektywicznych i pożądanych. 1.1.2 Realizacja projektów pilotażowych i demonstracyjnych, które pozwolą na zbieranie doświadczeń, dystrybucję wiedzy, testowanie nowych rozwiązań i zastosowań. 1.1.3 Współpraca na rzecz aliansów i konsorcjów, które pozwolą na udział przedsiębiorstw w projektach pilotażowych i demonstracyjnych. 1.1.4 Współpraca na rzecz tworzenia lokalnych klastrów energetycznych, w oparciu o projektowane przepisy w tym zakresie. 1.1.5 Wsparcie innowacyjności, działalności B+R – zapewnienie wsparcia dla projektów B+R+I, w szczególności dużych, interdyscyplinarnych projektów, kończących się wysokimi (powyżej 6) poziomami TRL. 1.1.6 Wsparcie lokalnych przedsiębiorstw w międzynarodowych projektach badawczo-rozwojowych, które pozwolą na rozwój nowych technologii oraz wymianę doświadczeń z innymi regionami. 1.1.7 Identyfikacja dostawców technologii wytwarzania wodoru oraz promocja potencjalnych możliwości współpracy z podmiotami Wielkopolskiej Platformy Wodorowej. 1.1.8 Wspieranie wykorzystania wody retencjonowanej oraz pochodzącej z oczyszczalni ścieków w inwestycjach obejmujących produkcję wodoru w procesie elektrolizy.
1.2 Dekarbonizacja wiodących emitentów CO₂ w Wielkopolsce z wykorzystaniem technologii wodorowych Cel CRWW 2030: 3.3, 4.1, 4.2	1.2.1 Realizacja projektów ukierunkowanych na wykorzystanie synergii wynikającej z potrzeb dekarbonizacji przemysłu rolno-spożywczego oraz z możliwości zagospodarowania bioodpadów do produkcji wodoru niskoemisyjnego. Wsparcie tworzenia biogazowni z potencjałem wytwórczym biometanu, wodoru niskoemisyjnego przy zakładach przetwórstwa rolno-spożywczego. 1.2.2 Wspieranie wykorzystania technologii wodorowych w działaniach na rzecz transformacji sektora energetycznego w szczególności w Wielkopolsce Wschodniej. 1.2.3 Podjęcie współpracy z lokalnymi samorządami w celu rozwijania lokalnych ekosystemów zbudowanych wokół potencjalnych wytwórców i konsumentów wodoru w budowie dolin wodorowych. 1.2.4 Uwzględnienie w kryteriach zamówień realizowanych na poziomie regionalnym i lokalnym wielkości emisji CO₂.
1.3 Rozwój infrastruktury przesyłowej i dystrybucyjnej, pozwalającej na integrację z: krajowym i europejskim rynkiem wodoru Cel SRWW 2030: 1.1, 3.3	1.3.1 Prace badawczo-rozwojowe w obszarze materiałów wykorzystywanych w systemach dystrybucji i magazynowania wodoru. 1.3.2 Prace badawczo-rozwojowe mające na celu określenie potencjału magazynowania wodoru w kavernach solnych na terenie województwa wielkopolskiego. 1.3.3 Podjęcie dialogu z kluczowymi interesariuszami polskiego systemu magazynowania paliw w formie gazowej (m.in. PGNiG SA, Gas

CELE SZCZEGÓŁOWE

ZADANIA

		Storage Poland Sp. z o.o., Gaz-System S.A.) oraz interesariuszami systemu przesyłu i dystrybucji paliw gazowych (m.in. PSG sp. z o.o., DUON sp. o.o. G.EN. Gaz-Energia S.A., Avrio Media sp. z o.o.); ukierunkowanego na integrację lokalnego rynku wodoru z krajowym systemem magazynowania, przesyłu i dystrybucji wodoru.
	1.3.4	Podjęcie dialogu z kluczowymi interesariuszami tworzącymi powstający rynek wytwarzania wodoru oraz rynku ciepłowniczego (m.in. Veolia Energia Poznań S.A., Veolia Term S.A. i inne PEC i MPEC) ukierunkowanego na identyfikację możliwości wykorzystania wodoru jako domieszki w turbinach nowego typu („hydrogen ready”) oraz ciepła odpadowego z produkcji wodoru w elektrolizerach w sieciach ciepłowniczych. Potencjalne wykorzystanie dedykowanej infrastruktury dystrybucji wodoru.
	1.3.5	Prace badawczo-rozwojowe ukierunkowane na identyfikację możliwości budowy lub dostosowania infrastruktury gazowej na terenie regionu do transportu wodoru.
	1.3.6	Projekty badawczo-rozwojowe związane z konwersją wodoru do postaci amoniaku, co umożliwia ograniczenie kosztów dystrybucji oraz zastosowanie zeroemisyjnego amoniaku w procesach produkcji nawozów azotowych.
1.4 Wsparcie rozwoju lokalnego rynku wodoru, w tym wytwórców urządzeń i komponentów wykorzystywanych w gospodarce wodorowej	1.4.1	Rozwój lokalnych hubów technologicznych. Budowa lub dostosowanie linii do produkcji pojazdów wodorowych.
	1.4.2	Niwelowanie barier wejścia w segment producentów elektrolizerów i ogniw paliwowych poprzez wsparcie w nawiązywaniu partnerstw międzynarodowych i zakupie licencji.
Cel CRWW 2030: 1.1, 3.1, 4.1, 4.2	1.4.3	Rozwój infrastruktury do testowania materiałów wykorzystywanych w kluczowych urządzeniach gospodarki wodorowej. Poszukiwanie nowych materiałów dla elektrolizerów, stanowiących potencjalny substytut dla wykorzystywanych obecnie metali szlachetnych (m.in. cer, iryd, nikiel, platyna, tytan).
	1.4.4	Działania na rzecz ulokowania w regionie oddziałów globalnych koncernów lub przedsiębiorstw zagranicznych, które wytwarzają komponenty do gospodarki wodorowej.
	1.4.5	Prace badawczo-rozwojowe w obszarze recyklingu materiałów z utylizowanych urządzeń wykorzystywanych w gospodarce wodorowej, w celu odzysku surowców krytycznych.
	1.4.6	Prace badawczo-rozwojowe w zakresie oczyszczania wody dla procesu elektrolizy.
	1.4.7	Uwzględnianie w opracowywanych dokumentach planistycznych województwa wielkopolskiego uwarunkowań dla rozwoju gospodarki wodorowej
	1.4.8	Wsparcie lokalnych samorządów w opracowywaniu lub zmianie dokumentów planistycznych uwzględniających rozwój gospodarki wodorowej.
	1.4.9	Lobbowanie (na szczeblu krajowym) za wprowadzeniem „szybkiej ścieżki decyzyjnej” dla inwestycji wodorowych – dotyczy decyzji administracyjnych oraz za stworzeniem systemu zachęt dla podmiotów chcących realizować inwestycje wodorowe.
	1.4.10	Wsparcie gmin w działaniach edukacyjnych nt. infrastruktury wodorowej.
1.5 Ograniczenie barier administracyjnych dotyczących inwestycji w technologie wodorowe	1.5.1	Podnoszenie kwalifikacji urzędników odpowiedzialnych za wydawanie decyzji administracyjnych w obszarze technologii wodorowych, np. kursy i szkolenia.

CELE SZCZEGÓŁOWE	ZADANIA
Cel SRWW 2030: 4.1	1.5.2 Podnoszenie kwalifikacji urzędników odpowiedzialnych za kształtowanie polityki regionalnej lub lokalnej w zakresie rynku wodoru, np. kursy i szkolenia.
	1.5.3 Promocja i lobbying na rzecz rozwiązań legislacyjnych ukierunkowanych na decentralizację potencjału wytwórczego, magazynowania i dystrybucji wodoru.

Cel strategiczny #2

Wprowadzenie wodoru do powszechnych, dostępnych zastosowań, w tym w szczególności w transporcie zbiorowym

CELE SZCZEGÓŁOWE	ZADANIA
2.1 Rozwój floty autobusów zasilanych wodorem Cel SRWW 2030: 3.1, 3.2, 4.1	2.1.1 Wsparcie wymiany doświadczeń w zakresie wdrożeń wodorowych pomiędzy samorządami, również w ramach Wielkopolskiej Platformy Wodorowej. 2.1.2 Zakupy taboru autobusów wodorowych w oparciu o efektywny model biznesowy, pozwalający na minimalizację kosztów operacyjnych pojazdów.
2.2 Efektywne wykorzystanie technologii wodorowych w transporcie publicznym poprzez wsparcie samorządów w rozwoju infrastruktury towarzyszącej, w tym stacji tankowania wodoru oraz zaplecza technicznego Cel SRWW 2030: 3.1, 3.2	2.2.1 Zwiększenie możliwości finansowania inwestycji w elementy infrastruktury towarzyszącej, w tym w szczególności stacji tankowania wodoru oraz zaplecza technicznego dla pojazdów zasilanych wodorem. 2.2.2 Działania na rzecz efektywnego funkcjonowania systemu testowania jakości paliwa wodorowego.
2.3 Budowa instalacji wodorowych w sektorze MŚP w celu podnoszenia konkurencyjności przedsiębiorstw oraz wzrostu niezależności energetycznej regionu Cel SRWW 2030: 1.1, 3.3, 4.2	2.3.1 Sformułowanie mapy drogowej dla realizacji inwestycji wodorowych w sektorze MŚP. 2.3.2 Wsparcie realizacji modelowej instalacji wytwarzania wodoru oraz sformułowanie na jej podstawie rekomendacji dla jednostek wydających pozwolenia administracyjne oraz przyszłych inwestorów – zestaw dobrych praktyk. 2.3.3 Lobbowanie (na szczeblu krajowym) za wprowadzeniem uproszczonych zasad administracyjnych dla małoskalowych instalacji wodorowych (uproszczony tryb wydawania pozwoleń środowiskowych, budowlanych, przyłączy do sieci energetycznych). 2.3.4 Promowanie działań na rzecz wdrożenia preferencyjnych zasad finansowania i/lub zwolnień podatkowych dla małoskalowych instalacji wodorowych. 2.3.5 Monitorowanie decyzji administracyjnych dla zainicjowanych inwestycji wodorowych w regionie. 2.3.6 Świadczenie usług szkoleniowych, mentoringowych, audytów, doradztwa dla przedsiębiorców ukierunkowanych na rozwój biznesu.
2.4 Wdrożenie kolejowego transportu pasażerskiego z wykorzystaniem pociągów zasilanych wodorem Cel SRWW 2030: 3.1, 3.2	2.4.1 Podjęcie dialogu z właścicielem infrastruktury kolejowej ukierunkowanego na ocenę możliwości wdrożenia taboru zasilanego wodorem na liniach niezelektryfikowanych, ze znaczącym ruchem pasażerskim. 2.4.2 Podjęcie dialogu z przewoźnikami kolejowymi w zakresie możliwości uruchomienia linii wykorzystującej tabor wodorowy – potencjalnymi świadczeniodawcami usług przewozowych.

CELE SZCZEGÓŁOWE	ZADANIA
	2.4.3 Podjęcie dialogu technicznego (konsultacji rynkowych) z producentami taboru kolejowego – potencjalnymi dostawcami kolejowych pojazdów pasażerskich zasilanych wodorem. 2.4.4 Zakup kolejowego taboru wodorowego wraz z infrastrukturą do tankowania wodoru.
2.5 Wzrost możliwości wytwórczych pojazdów wykorzystujących H₂: pojazdów transportu zbiorowego, pojazdów użytkowych Cel SRWW 2030: 3.1, 3.2	2.5.1 Wsparcie procesów inwestycyjnych w zakresie potencjału produkcyjnego pojazdów zasilanych wodorem – autobusów, pojazdów gospodarki komunalnej (np. śmieciarek) i innych pojazdów wykonujących zadania publiczne w gminach.
2.6 Rozwój technologii wodorowych w segmencie samochodów osobowych oraz samochodów użytkowych poprzez rozwój publicznie dostępnej sieci stacji tankowania wodoru Cel SRWW 2030: 1.1, 3.1, 3.2	2.6.1 Opracowanie projektu bazowego dla wzorcowej stacji tankowania wodorem jako benchmarku – określenie m.in. minimalnych wymiarów terenu, zapotrzebowania na media. 2.6.2 Zainicjowanie współpracy pomiędzy operatorami transportu publicznego, przedstawicielami przedsiębiorstw transportowych i jednostkami samorządu terytorialnego w celu rozwoju infrastruktury tankowania. Przy rozwoju sieci stacji tankowania należy uwzględnić potencjalną lokalizację stref niskoemisyjnego transportu.
2.7 Stymulowanie popytu na paliwo wodorowe poprzez wprowadzenie stref niskoemisyjnego transportu w miastach pow. 100 tys. mieszkańców Cel SRWW 2030: 3.1, 3.2, 3.3, 4.2	2.7.1 Uwzględnienie potencjału i potrzeb rynku wodorowego w projektowanych strefach niskoemisyjnego transportu. 2.7.2 Zapewnienie publicznie dostępnej infrastruktury do tankowania pojazdów wodorowych w obrębie projektowanych stref niskoemisyjnego transportu. 2.7.3 Wsparcie działań na rzecz zmian legislacyjnych służących tworzeniu obszarów niskoemisyjnych w miastach.
2.8 Promocja technologii wodorowych w innych zastosowaniach konsumenckich Cel SRWW 2030: 3.3	2.8.1 Wsparcie działań wdrożeniowych w obszarze aplikacji konsumenckich, pozwalających na popularyzację technologii wodorowych, p.. wypożyczalnia rowerów wodorowych, skuterów i inne komercyjne zastosowania ogniów paliwowych.
2.9 Wykorzystanie wodoru w budownictwie mieszkaniowym Cel SRWW 2030: 3.3	2.9.1 Wsparcie w rozwoju wzorcowych osiedli samowystarczalnych energetycznie, wykorzystujących technologie wodorowe.
2.10 Dekarbonizacja branży logistycznej Cel SRWW 2030: 3.1	2.10.1 Badanie rynku w zakresie wielkości i rodzaju taboru wykorzystywanego w centrach logistycznych Wielkopolski w zakresie gotowości oraz warunków brzegowych wymiany istniejącego taboru na pojazdy zasilane wodorem (w szczególności wózki widłowe). 2.10.2 Zapewnienie infrastruktury tankowania wodoru w lokalizacjach kluczowych centrów logistycznych w Wielkopolsce.

Cel strategiczny #3

Podniesienie poziomu wiedzy o wodorze i jego znaczeniu w transformacji energetycznej gospodarki w celu zapobiegania negatywnym skutkom zmian klimatycznych, poprawy poziomu i jakości życia w regionie

CELE SZCZEGÓŁOWE	ZADANIA
3.1 Wsparcie przedsięwzięć o charakterze badawczo-	3.1.1 Wsparcie transferu wiedzy z sektora nauki do gospodarki i komercjalizacji wyników badań. Wspieranie współpracy jednostek

CELE SZCZEGÓŁOWE	ZADANIA
rozwojowym, szerzenie wiedzy w obszarze gospodarki wodorowej Cel SRWW 2030: 1.1, 4.2	naukowych i przedsiębiorców na rzecz tworzenia zestawu komplementarnych obszarów badawczych na rzecz technologii wodorowych. 3.1.2 Promowanie i kształtowanie postaw sprzyjających przedsiębiorczości oraz rozpowszechnianie wiedzy z zakresu możliwości związanych z gospodarką wodorową. 3.1.3 Promowanie korzystania z usług typu Project Development Assistance (PDA), których celem jest wsparcie przedsiębiorstw, samorządów w przygotowaniu i realizacji projektów inwestycyjnych. 3.1.4 Współpraca z krajowymi i zagranicznymi podmiotami działającymi w obszarze gospodarki wodorowej w celu wymiany informacji, dobrych praktyk i doświadczenia. 3.1.5 Integracja rozwoju gospodarki wodorowej w Wielkopolsce z Inteligentnymi Specjalizacjami wskazanymi w RIS 2030. 3.1.6 Upowszechnianie wiedzy na temat ekosystemu gospodarki wodorowej.
3.2 Wykorzystanie potencjału Wielkopolskiej Platformy Wodorowej do rozwoju lokalnego ekosystemu wodorowego Cel SRWW 2030: 1.1, 4.1, 4.2	3.2.1 Działalność doradcza i opiniotwórcza na rzecz SWW w kwestiach prowadzenia polityki w obrębie technologii nisko i zeroemisyjnych, w tym wodorowych w Wielkopolsce. 3.2.2 Tworzenie wysokiej jakości płaszczyzn współpracy między regionalnymi interesariuszami zaangażowanymi w rozwój gospodarki wodorowej w Wielkopolsce. 3.2.3 Promocja działań i kompetencji uczestników wielkopolskiego ekosystemu wodorowego. Zachęcanie do uczestnictwa w prowodorowych inicjatywach SWW oraz do współpracy członków WPW na rzecz realizacji ich własnych projektów.
3.3 Zbudowanie społeczeństwa świadomego roli wodoru jako nośnika energii w nowoczesnej gospodarce Cel SRWW 2030: 1.3, 4.1, 4.2	3.3.1 Wsparcie działań zmierzających do wprowadzenia do podstawy programowej szkół podstawowych, średnich oraz branżowych treści związanych z gospodarką wodorową. 3.3.2 Kształcenie nauczycieli szkół każdego szczebla nt. znaczenia technologii wodorowych dla ochrony klimatu, podnoszenia konkurencyjności przedsiębiorstw. 3.3.3 Podjęcie działań zmierzających do uruchomienia kierunku studiów o tematyce wodorowej na jednej z uczelni wyższych, bądź kierunku międzyuczelnianego, studiów podyplomowych. 3.3.4 Uwzględnienie przekazywania wiedzy z obszaru gospodarki wodorowej w ogólnodostępnych punktach informacyjnych lokalnych interesariuszy. 3.3.5 Monitorowanie postępów w zakresie budowania świadomości poprzez m.in. badania ankietowe i tworzenie na ich podstawie odpowiednich rekomendacji. Kształtowanie świadomości nt. gospodarki wodorowej poprzez wydarzenia, prezentacje, i inne aktywności.

Cel strategiczny #4

Wielkopolska jako ważny animator rozwoju gospodarki wodorowej poprzez stworzenie wiarygodnego wizerunku Wielkopolski w Europie i na świecie jako regionu dysponującego wysokimi kompetencjami w wybranych ogniwach łańcucha wartości gospodarki wodorowej

CELE SZCZEGÓŁOWE	ZADANIA
4.1 Wdrożenie działań promujących wielkopolski ekosystem wodorowy Cel SRWW 2030: 4.2	4.1.1 Udział interesariuszy regionalnej gospodarki wodorowej, w tym WPW, pod marką H2Wielkopolska w wydarzeniach poświęconych tematyce wodorowej, m.in. konferencje, targi, wystawy.

- 4.1.2 Organizacja wyjazdów m.in. na instalacje demonstracyjne, obiekty infrastruktury - dla interesariuszy regionalnej gospodarki wodorowej, w tym członków WPW.
- 4.1.3 Współpraca z innymi regionami poprzez uczestnictwo województwa oraz miast regionu w międzynarodowych organizacjach ukierunkowanych na tematykę dekarbonizacji miast, wdrożenia innowacyjnego, zeroemisyjnego transportu (np. Energy Cities, Eurocities, POLIS). Przystąpienie i aktywne zaangażowanie się w działania międzynarodowych instytucji związanych z gospodarką wodorową takich jak Hydrogen Europe, Sustainable Buses.
- 4.1.4 Organizacja wizyt studyjnych m.in. dla przedstawicieli zagranicznych firm i instytucji, umożliwiających zapoznanie się z potencjałem gospodarczym regionu oraz nawiązanie kontaktów biznesowych.
- 4.1.5 Organizacja konferencji i wydarzeń służących promocji technologii wodorowych.
- 4.1.6 Nawiązanie współpracy partnerskiej miast z miastami ulokowanymi w dolinach wodorowych Europy.
- 4.1.7 Promocja Strategii rozwoju Wielkopolski wodorowej do 2030, z perspektywą do 2040.

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.

Priorytetyzacja zadań związanych z celami strategicznymi

W tabeli 27 zestawiono priorytetowe zadania w powiązaniu z celami strategicznymi i szczegółowymi wskazanymi w 13 rozdziale Strategii. Istotność rekomendacji zadań wynika ze stanu rozwoju gospodarki wodorowej w Wielkopolsce, obecnych uwarunkowań regulacyjnych w dniu publikacji niniejszego dokumentu, a także analizy postulatów i uwag zgłaszanych podczas konsultacji społecznych. Należy zaznaczyć, że ze względu na dynamicznie zmieniające się otoczenie w aspektach technologicznych i prawnych, część priorytetów może ulegać zmianie w dalszym horyzoncie czasowym.

Dla poszczególnych zadań określono grupy interesariuszy, których dotyczy zadanie oraz prognozowany horyzont czasowy realizacji.

TABELA 27

Priorytetyzacja zadań związanych z celami strategicznymi

Nr	Cel strategiczny	Priorytetowe zadania	Grupy interesariuszy	Horyzont czasowy
1.	Wdrożenie nisko i zeroemisyjnych metod produkcji wodoru oraz - adekwatny do skali rozwoju rynku produkcji wodoru – rozwój systemów magazynowania i dystrybucji	1. Realizacja projektów pilotażowych i demonstracyjnych, które pozwolą na zbieranie doświadczeń, dystrybucję wiedzy, testowanie nowych rozwiązań i zastosowań.	Beneficjent: Podmioty gospodarcze, sektor nauki Adresat: Podmioty gospodarcze, sektor nauki, administracja publiczna, IOB	2023-2026
		2. Wsparcie procesu inwestycyjnego dla nowych instalacji wytwórczych/magazynowania i dystrybucji wodoru w technologiach najbardziej perspektywicznych w Wielkopolsce	Beneficjent: Podmioty gospodarcze Adresat: Podmioty gospodarcze, sektor nauki, administracja publiczna, IOB	2023-2030
		3. Wsparcie innowacyjności, działalności B+R+I – zapewnienie wsparcia dla projektów B+R+I, w szczególności dużych, interdyscyplinarnych projektów, kończących się wysokimi (powyżej 6) poziomami TRL.	Beneficjent: Podmioty gospodarcze, sektor nauki Adresat: Podmioty gospodarcze, sektor nauki, administracja publiczna, IOB	2023-2030
		4. Działania na rzecz ulokowania w regionie oddziałów globalnych koncernów lub przedsiębiorstw zagranicznych, które wytwarzają komponenty do gospodarki wodorowej.	Beneficjent: Podmioty gospodarcze Adresat: Podmioty gospodarcze, administracja publiczna	2023-2030
		5. Promocja i lobbying na rzecz rozwiązań legislacyjnych ukierunkowanych na decentralizację potencjału wytwórczego, magazynowania i dystrybucji wodoru.	Beneficjent: Podmioty gospodarcze Adresat: Podmioty gospodarcze, administracja publiczna	2023-2025
2.	Wprowadzenie wodoru do powszechnych, dostępnych zastosowań, w tym w szczególności w transporcie zbiorowym	1. Rozwój floty autobusów zasilanych wodorem poprzez m.in. zakup taboru w oparciu o efektywny model biznesowy, pozwalający na minimalizację kosztów operacyjnych pojazdów.	Beneficjent: Podmioty gospodarcze, Administracja publiczna, Adresat: Administracja publiczna,	2023-2025

Nr	Cel strategiczny	Priorytetowe zadania	Grupy interesariuszy	Horyzont czasowy
		2. Zwiększenie możliwości finansowania inwestycji w elementy infrastruktury towarzyszącej, w tym w szczególności stacji tankowania wodoru oraz zaplecza technicznego dla pojazdów zasilanych wodorem.	Beneficjent: Podmioty gospodarcze, Adresat: Podmioty gospodarcze, Administracja publiczna	2023-2025
		3. Wdrożenie pojazdów szynowych zasilanych wodorem do kolejowego transportu pasażerskiego	Beneficjent: Podmioty gospodarcze, Administracja Adresat: Podmioty gospodarcze, Administracja	2023-2027
		4. Wsparcie wykorzystania wodoru w celach generowania energii/ciepła w budownictwie mieszkaniowym	Beneficjent: Podmioty gospodarcze Adresat: Podmioty gospodarcze, administracja publiczna	2023-2027
3.	Podniesienie poziomu wiedzy o wodorze i jego znaczeniu w transformacji energetycznej gospodarki w celu zapobiegania negatywnym skutkom zmian klimatycznych, poprawy poziomu i jakości życia w regionie	1. Wsparcie transferu wiedzy z sektora nauki do gospodarki i komercjalizacji wyników badań. Wspieranie współpracy jednostek naukowych i przedsiębiorców w celu tworzenia zestawu komplementarnych obszarów badawczych na rzecz technologii wodorowych.	Beneficjent: Podmioty gospodarcze, sektor nauki Adresat: Podmioty gospodarcze, sektor nauki	2023-2030
		2. Tworzenie wysokiej jakości płaszczyzn współpracy między regionalnymi interesariuszami zaangażowanymi w rozwój gospodarki wodorowej w Wielkopolsce.	Beneficjent: Administracja publiczna, podmioty gospodarcze, sektor nauki Adresat: Administracja publiczna, podmioty gospodarcze, sektor nauki	2023-2030
		3. Współpraca z krajowymi i zagranicznymi podmiotami działającymi w obszarze gospodarki wodorowej w celu wymiany informacji, dobrych praktyk i doświadczenia.	Beneficjent: Administracja publiczna, podmioty gospodarcze, sektor nauki Adresat: Administracja publiczna, podmioty gospodarcze, sektor nauki	2023-2030
4.	Wielkopolska jako ważny animator rozwoju gospodarki wodorowej poprzez stworzenie wiarygodnego wizerunku Wielkopolski w Europie i na świecie jako regionu dysponującego wysokimi kompetencjami w wybranych ogniwach łańcucha wartości gospodarki wodorowej	1. Organizacja konferencji i wydarzeń służących promocji technologii wodorowych.	Beneficjent: Administracja publiczna, podmioty gospodarcze, sektor nauki Adresat: Administracja publiczna, podmioty gospodarcze, sektor nauki	2023-2030
		2. Nawiązanie współpracy partnerskiej z regionami oraz miastami wdrażającymi rozwiązania gospodarki wodorowej	Beneficjent: Administracja publiczna, Podmioty gospodarcze Adresat: Administracja publiczna	2023-2030

Źródło: opracowanie NEXUS Consultants.

Rola samorządów lokalnych we wdrażaniu SRWH₂ 2030

Samorządy lokalne odgrywają kluczową rolę we wdrażaniu polityki dekarbonizacji. Podejmują działania wynikające bezpośrednio z przepisów (np. w zakresie podnoszenia efektywności energetycznej budynków publicznych), jak i też zmagają się z rosnącymi cenami nośników energii. Samorządy są też zobligowane do uwzględnienia zapisów Ustawy o elektromobilności w zakresie wykorzystania pojazdów zeroemisyjnych w transporcie publicznym.

Technologie wodorowe pozwalają na pełniejsze wykorzystanie odnawialnych źródeł energii oraz usprawniają procesy związane z dekarbonizacją transportu. Będą one też jednym z wiodących kierunków finansowania z funduszy UE w kolejnych latach.

Wdrażanie polityki dekarbonizacji bazującej na wodrze wymaga zmian w podejściu do wielu kwestii, takich jak planowanie przestrzenne, podejmowanie inwestycji infrastrukturalnych, w tym w odnawialne źródła energii. W praktyce, działania samorządów lokalnych będą się koncentrowały wokół następujących zagadnień:

- usprawnienie realizacji inwestycji w obszarach łańcucha wartości gospodarki wodorowej:
 - uwzględnienie rozwoju gospodarki wodorowej w opracowywaniu dokumentów planistycznych,
 - wypracowanie procedur umożliwiających sprawne wydawanie decyzji administracyjnych,
 - współpraca z operatorami systemów dystrybucyjnych (elektroenergetycznych, gazowych, ciepłych) ukierunkowana na zwiększenie możliwości przyłączania nowych, odnawialnych źródeł,
 - podnoszenie wiedzy w obszarze technologii wodorowych przez pracowników JST;
- podnoszenie samowystarczalności energetycznej:
 - uwzględnienie magazynów energii bazujących na wodrze w zintegrowanych systemach energetycznych oraz budowanie wokół nich klastrów energetycznych i/lub spółdzielni energetycznych,
 - inwestycje w źródła odnawialne podnoszące potencjał produkcji zielonego wodoru i/lub zintegrowane z technologiami wodorowymi;
- sprostanie zmianom prawnym ukierunkowanym na dekarbonizację oraz podnoszenie efektywności energetycznej:
 - normy emisji CO₂ dla źródeł wytwórczych,
 - wymagania w zakresie udziału pojazdów zeroemisyjnych,
 - podnoszenie efektywności energetycznej budynków publicznych,
 - uwzględnianie kryteriów środowiskowych w zamówieniach publicznych.

Podjęcie tak szerokich działań w obszarze innowacyjnych technologii wymaga odpowiedniego przygotowania kadry (podnoszenia kompetencji), jak i też uwzględnienia zagadnień związanych z technologiami wodorowymi w wielu aspektach pracy samorządu. Wymaga także prowadzenia działań ukierunkowanych na podnoszenie świadomości lokalnych społeczności dla zwiększenia poziomu akceptowalności dla wykorzystania technologii wodorowych.

14. WSKAŹNIKI STOPNIA ROZWOJU RYNKU WODORU

W celu oceny stopnia rozwoju rynku wodoru zaproponowano wskaźniki, których monitorowanie pozwoli ocenić stopień rozwoju ekosystemu wodorowego w Wielkopolsce. Wyniki monitorowania mogą być przesłanką do dokonania aktualizacji zapisów Strategii, w szczególności w zakresie doprecyzowania, modyfikacji celów strategicznych oraz sposobu ich realizacji.

Należy zaznaczyć, że większość unijnych regulacji wskazujących na potrzebę wykorzystania wodoru nisko- lub zeroemisyjnego odnosi się do 2030 roku, jako okresu przełomowego, inicjującego wykorzystanie „zielonego” wodoru na szeroką przemysłową skalę. Z tego powodu będzie to rok, który można określić początkową fazą rozwoju rynku. Dlatego wskaźniki w Strategii, jak i analizy potencjału Wielkopolski, zostały sformułowane z perspektywą roku 2040.

Ponadto, z uwagi na charakter dobranych wskaźników, ocena stopnia osiągnięcia poszczególnych wartości dokonywana będzie w wybranych latach - 2025, 2030, 2040. Wiąże się to zarówno z trudnością pozyskiwania danych w wybranych obszarach, w których nie funkcjonuje jeszcze statystyka publiczna, jak i z faktem, że gospodarka wodorowa w Polsce jest na początkowym etapie rozwoju. Dopuszcza się realizację pomiaru poziomu wskaźników poprzez zlecone badania zewnętrzne w określonych latach. Wypracowanie kompleksowego pakietu legislacyjno-ekonomicznego na poziomie krajowym umożliwi rozpoczęcie wdrażania różnych rozwiązań technologicznych, w szczególności na styku z technologiami konwencjonalnymi.

Cel strategiczny	Wskaźnik stopnia rozwoju rynku	Jednostka miary	2023	2025	2030	2040
#1 Wdrożenie nisko i zeroemisyjnych metod produkcji wodoru oraz - adekwatny do skali rozwoju rynku produkcji wodoru – rozwój systemów magazynowania i dystrybucji	Moce produkcyjne wodoru nisko- i zeroemisyjnego w województwie wielkopolskim	t/rok	0	700	40 000	150 000
	Moc elektrolizerów dedykowanych produkcji wodoru w Wielkopolsce	MW na koniec roku, narastająco	0	5	250	1 000
	Liczba instalacji wytwarzania wodoru w technologii Waste-to-hydrogen	szt. na koniec roku, narastająco	0	1	2	5
	Liczba instalacji wytwarzania wodoru w systemach zintegrowanych z biogazowniami w Wielkopolsce	szt. na koniec roku, narastająco	0	1	5	20
	Liczba sporządzonych studiów wykonalności dotyczących inwestycji w nowe źródła wytwórcze wodoru	szt./rok	0	2	2	2
	Liczba dolin wodorowych ⁶⁰	szt. na koniec roku, narastająco	0	1	2	3
	Liczba zainicjowanych projektów B+R+I w obszarze technologii produkcji, przesyłu i magazynowania wodoru	szt. / rok	5	10	20	20

⁶⁰ Doliny wodorowe definiowane jako lokalne inicjatywy obejmujące szerokie spektrum łańcucha wartości gospodarki wodorowej (wytwarzanie, dystrybucja, wykorzystania) oraz posiadające wykonane studium wykonalności.

Cel strategiczny	Wskaźnik stopnia rozwoju rynku	Jednostka miary	2023	2025	2030	2040
#2 Wprowadzenie wodoru do powszechnych, dostępnych zastosowań, w tym w szczególności w transporcie zbiorowym	Liczba autobusów zasilanych wodorem w miastach woj. wielkopolskiego	szt. na koniec roku, narastająco	1	30	100	300
	Udział pociągów bezemisyjnych, w tym wodorowych we flocie Samorządu Województwa Wielkopolskiego	%	67	75	75	95-100
Cel strategiczny	Wskaźnik stopnia rozwoju rynku	Jednostka miary	2023	2025	2030	2040
#3 Podniesienie poziomu wiedzy o wodorze i jego znaczeniu w transformacji energetycznej gospodarki w celu zapobiegania negatywnym skutkom zmian klimatycznych, poprawy poziomu i jakości życia w regionie	Liczba inicjatyw wodorowych podjętych przez SWW	szt. na koniec roku, narastająco	2	5	10	20
	Liczba studiów podyplomowych i specjalności związanych z tematyką wodorową	szt. na koniec roku, narastająco	0	2	4	5
Cel strategiczny	Wskaźnik stopnia rozwoju rynku	Jednostka miary	2023	2025	2030	2040
#4 Wielkopolska jako ważny animator rozwoju gospodarki wodorowej poprzez stworzenie wiarygodnego wizerunku Wielkopolski w Europie i na świecie jako regionu dysponującego wysokimi kompetencjami w wybranych ogniwach łańcucha wartości gospodarki wodorowej	Liczba wydarzeń dedykowanych technologiom wodorowym, w których biorą udział interesariusze regionalnej gospodarki wodorowej, w tym członkowie WPW	szt. / rok	2	5	5	5

SPIS RYSUNKÓW

RYSUNEK 1 Ilustracja graficzna odchyłań od średnich wartości temperatur w latach 1850-2022	11
RYSUNEK 2 Wodór jako integrator sieci energetycznych.....	14
RYSUNEK 3 Wybrane strumienie surowców i energii w funkcjonowaniu biogazowni.....	19
RYSUNEK 4 Lokalizacja członków (z paneli biznesu, nauki i samorządów) Wielkopolskiej Platformy Wodorowej.....	21
RYSUNEK 5 Farma fotowoltaiczna ZE PAK SA w gminie Brudzew	24
RYSUNEK 6 Lokalizacja najważniejszych centrów logistycznych w województwie wielkopolskim	45
RYSUNEK 7 Schemat instalacji elektrolizera PEM firmy NEL Hydrogen	46
RYSUNEK 8 Budowa ogniwa paliwowego	47
RYSUNEK 9 Mapa wybranych linii kolejowych na obszarze woj. wielkopolskiego.....	59
RYSUNEK 10 Struktura ruchu kolejowego w 2019 roku w województwie wielkopolskim.....	61
RYSUNEK 11 Segmentacja transportu ze względu na technologię napędu	66
RYSUNEK 12 Gęstość i prędkość wiatru w Polsce i w Wielkopolsce	78
RYSUNEK 13 Warunki nasłonecznienia w kWh/kWp w Polsce	79
RYSUNEK 14 Lokalizacja biogazowni rolniczych w Wielkopolsce (wraz z wydajnością w m ³ na powiat).....	88
RYSUNEK 15 Dopuszczalny udział wodoru w sieciach przesyłowych według projektu HYREADY	99
RYSUNEK 16 Proponowane inwestycje w infrastrukturę przesyłową i magazynową w Polsce w perspektywie 2030 roku	101
RYSUNEK 17 Infrastruktura przesyłowa i magazynowa wodoru w perspektywie 2040 roku	101
RYSUNEK 18 Rekomendowane kanały transportowe wodoru w Europie w perspektywie 2030 roku	102
RYSUNEK 19 Przebieg trasy drogi wodnej E70	103
RYSUNEK 20 Techniczny potencjał kawern solnych w Europie.....	104
RYSUNEK 21 Lokalizacja struktur geologicznych w Polsce pozwalających na magazynowanie wodoru	105
RYSUNEK 22 Projektowany układ gazociągów wodorowych na tle istniejącego systemu przesyłowego	106

SPIS TABEL

TABELA 1 Wybrane aktywności samorządu w obszarze gospodarki wodorowej	21
TABELA 2 Mocne strony Wielkopolski wodorowej	26
TABELA 3 Słabe strony Wielkopolski wodorowej.....	28
TABELA 4 Szanse i zagrożenia dla Wielkopolski wodorowej.....	30
TABELA 5 Wybrane wymagania regulacyjne UE w odniesieniu do wodoru.....	33
TABELA 6 Zestawienie dostępnych prognoz zapotrzebowania na zielony wodór w przemyśle	36
TABELA 7 Źródła i wielkość emisji CO ₂ w Wielkopolsce w 2018 roku	40
TABELA 8 Charakterystyka najważniejszych korelacji sektorów gospodarczych, wynikających z wdrożenia technologii wodorowych.....	52
TABELA 9 Szacowana liczba pojazdów zeroemisyjnych w gminach woj. wielkopolskiego	57
TABELA 10 Szacowane zapotrzebowanie na wodór ze strony komunikacji autobusowej w woj. wielkopolskim ..	58
TABELA 11 Prognozowane zapotrzebowanie na wodór dla wybranych linii kolejowych w woj. wielkopolskim ..	62
TABELA 12 Zapotrzebowanie na wodór związane z magazynami energii.....	69
TABELA 13 Prognozowane zapotrzebowanie na wodór w systemach ciepłowniczych w Wielkopolsce	72
TABELA 14 Potencjalne zastosowanie e-paliw w transporcie bazujących na wodorze	74
TABELA 15 Prognoza produkcji wodoru z niebilansowanej energii OZE (województwo wielkopolskie).....	81
TABELA 16 Szacunki produkcji wodoru bazujące na dedykowanych instalacjach OZE	83
TABELA 17 Potencjał poszczególnych technologii elektrolizerów do świadczenia określonych usług systemowych	84
TABELA 18 Struktura mocy zainstalowanej w biogazowniach (31.12.2021) według województw	87
TABELA 19 Potencjał produkcji wodoru z biogazu bazującego na oborniku i gnojowicy w woj. wielkopolskim ..	90
TABELA 20 Poziom odpadów zbieranych selektywnie w woj. wielkopolskim.....	94
TABELA 21 Potencjał produkcji wodoru z nierecyklingowanych tworzyw sztucznych.....	96
TABELA 22 Podaż osadów ściekowych w woj. wielkopolskim	97
TABELA 23 Potencjał produkcji wodoru z osadów ściekowych w woj. wielkopolskim	98
TABELA 24 Przegląd wybranych programów finansujących projekty z obszaru gospodarki wodorowej	121
TABELA 25 Kluczowe bariery rozwojowe i sposoby ich mitygacji	123
TABELA 26 Cele szczegółowe i zadania do realizacji w ramach poszczególnych celów strategicznych	126
TABELA 27 Priorytetyzacja zadań związanych z celami strategicznymi	132

SPIS WYKRESÓW

WYKRES 1 Produkcja sprzedana przemysłu w woj. wielkopolskim (w mln zł) oraz jej udział w przemyśle krajowym	39
WYKRES 2 Struktura źródeł emisji CO ₂ w Polsce	40
WYKRES 3 Rozkład terytorialny emisji CO ₂ w woj. wielkopolskim w 2021 roku	41
WYKRES 4 Zestawienie branż - największych emitentów CO ₂ w Wielkopolsce w 2021 roku	41
WYKRES 5 Struktura zużycia energii elektrycznej w województwie wielkopolskim w 2021 roku	42
WYKRES 6 Rozkład wartości produkcji sprzedanej przemysłu w mln zł w 2021 roku	43
WYKRES 7 Liczba i rozmieszczenie przedsiębiorstw prowadzących działalność rolniczą oraz związaną z produkcją spożywczą (2022 r.)	44
WYKRES 8 Liczba oraz rozmieszczenie przedsiębiorstw transportowych (2022 r.)	44
WYKRES 9 Liczba i rozmieszczenie przedsiębiorstw prowadzących działalność związaną z produkcją motoryzacyjną (2022 r.)	51
WYKRES 10 Liczba autobusów zarejestrowanych w powiatach według stanu na koniec 2021 roku	56
WYKRES 11 Prognoza struktury i poziomu mocy wytwórczych w KSE (w GW)	80
WYKRES 12 Prognozowane ilości energii niezbilansowanej dla scenariusza rozwoju KSE w GWh	81
WYKRES 13 Emisyjność wodoru z SMR z wykorzystaniem biomasy	89
WYKRES 14 Zmiany poziomu odpadów na 1 mieszkańca w UE oraz w Polsce w latach 2012 – 2021	95
WYKRES 15 Prognoza zmiany poziomu odpadów w Polsce do 2040 roku [tys. Mg]	95
WYKRES 16 Liczba uczelni wyższych oraz nauczycieli akademickich w roku 2020/2021	108



Wielkopolska
Kierunek wodór