

Ekonomiczne i technologiczne aspekty realizacji projektów wodorowych



REGIONALNA
IZBA GOSPODARCZA
W KATOWICACH



**Silesia
Business
Hub**

Aspekty Ekonomiczne



30.10.2023

Zdjęcie <https://www.rybnik.eu/dla-mieszkanow/aktualnosc/aktualnosc/w-rybniku-zatankujesz-wodor>

Aspekty Ekonomiczne

Konkurencyjność cenowa

Cena wodoru jest kluczowym czynnikiem wpływającym na sukces projektów wodorowych. **Konieczne jest obniżenie kosztów produkcji wodoru**, zwłaszcza poprzez wykorzystanie tańszych źródeł energii, takich jak energia odnawialna.

Konkurencyjność cenowa wodoru zależy również od kosztów elektrolizerów i technologii przechowywania wodoru.



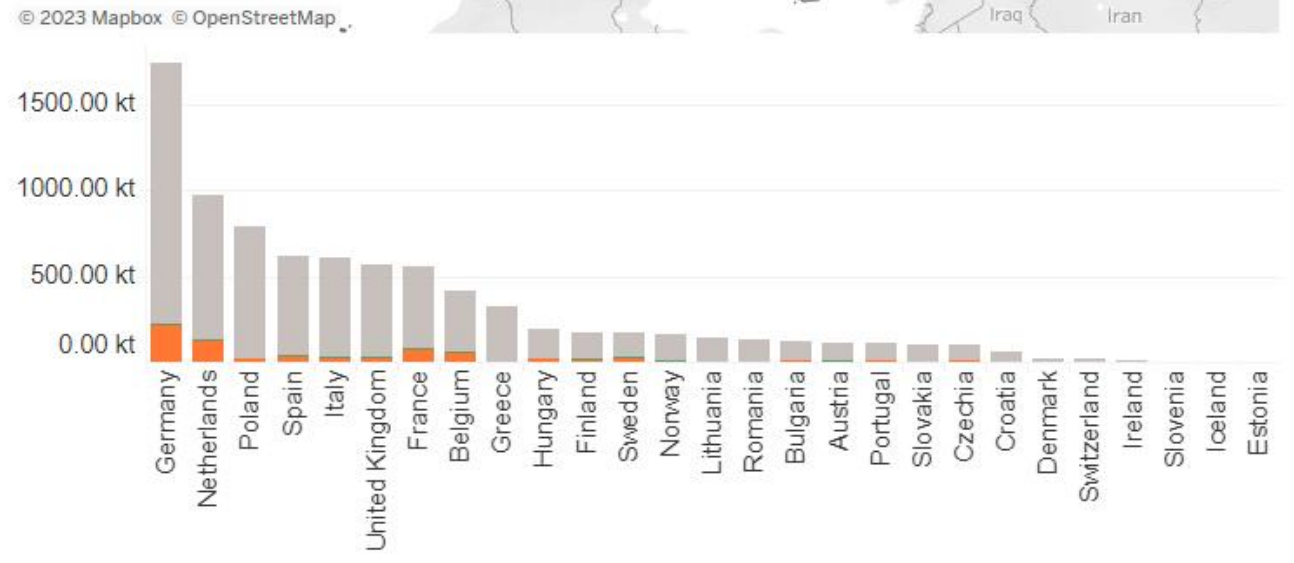
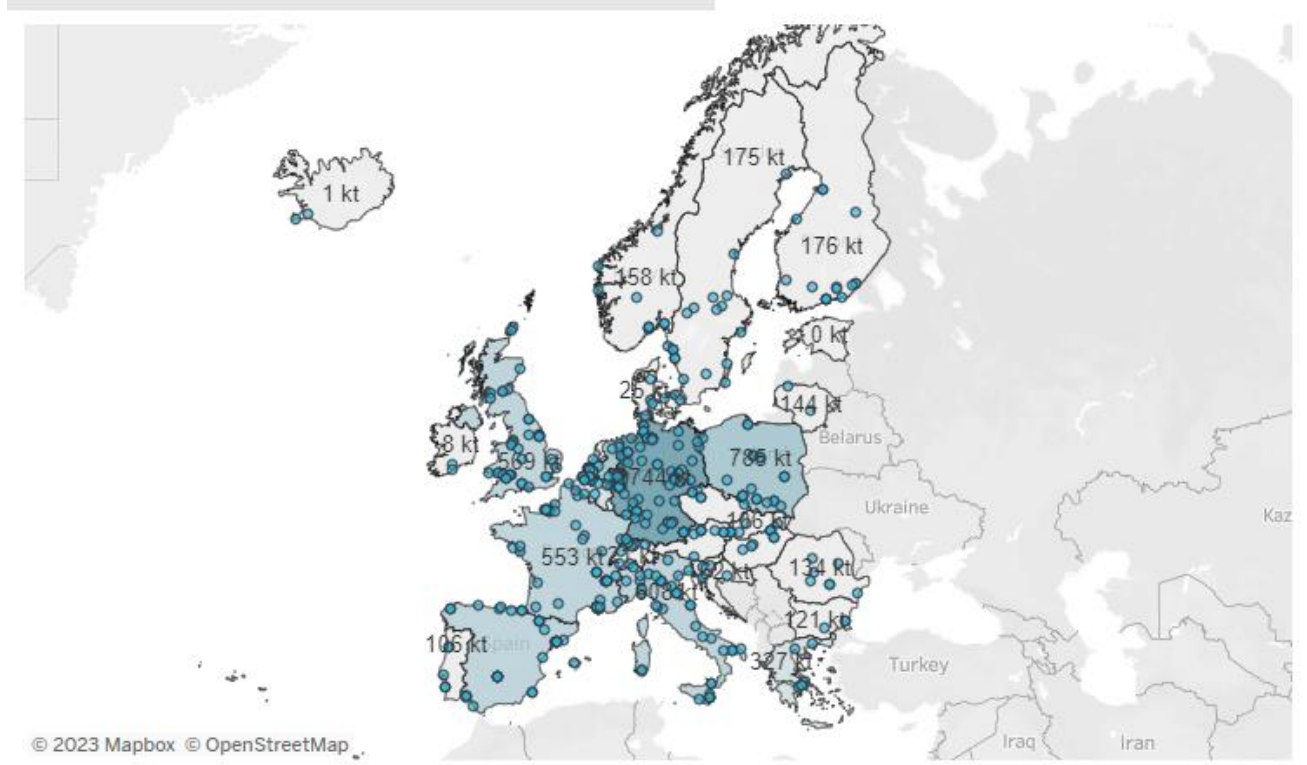
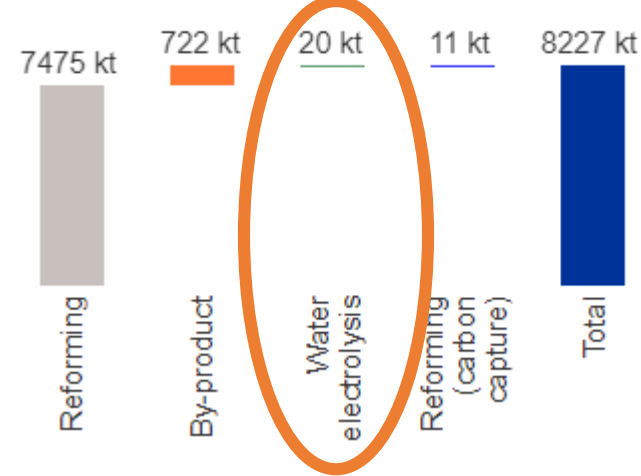
30.10.2023

Zdjęcie <https://www.rybnik.eu/dla-mieszkanow/aktualnosc/aktualnosc/w-rybniku-zatankujesz-wodor>

Aspekty Ekonomiczne

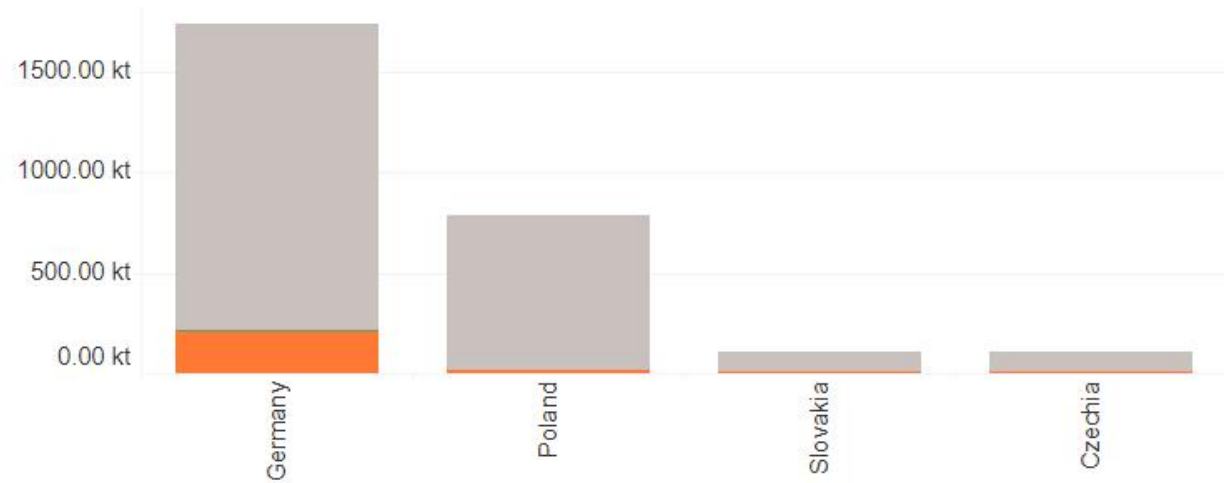
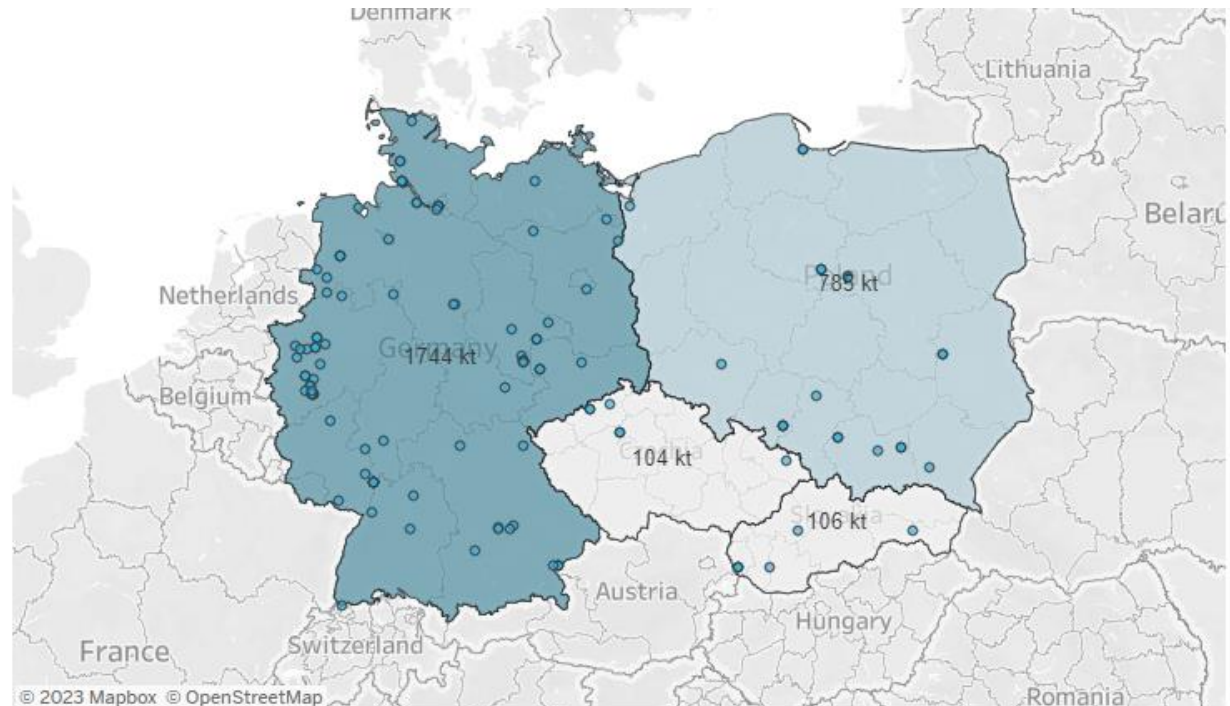
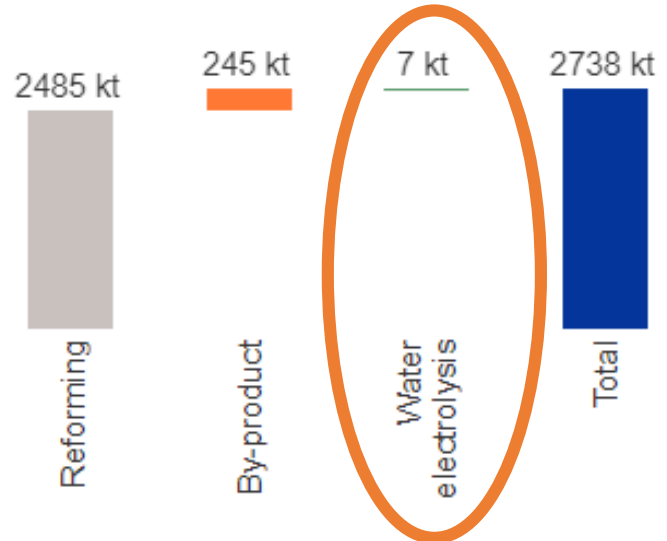
Produkcja wodoru (2022)

Total hydrogen production (output) in Europe



Aspekty Ekonomiczne

Produkcja wodoru (2022):
Polska, Niemcy, Słowacja, Czechy



Aspekty Ekonomiczne

- Wodór może stać się jednym z fundamentów transformacji energetycznej – konieczne są nakłady inwestycyjne, które umożliwią popularyzację wodoru jako paliwa.
- **Cel UE redukcji emisji gazów cieplarnianych o 55 proc. do 2030 r.** i osiągnięcie pełnej neutralności klimatycznej przez kraje Unii Europejskiej do 2050 r. oznacza konieczność dynamicznego rozwoju rynku alternatywnych źródeł energii.
- Szerokie możliwości wykorzystania w wielu gałęziach gospodarki (energetyka, ciepłownictwo, przemysł i transport), co oznacza **konieczność większej integracji i koordynacji kierunków działań Państwa i przedsiębiorców.**

Aspekty Ekonomiczne

Rentowność inwestycji

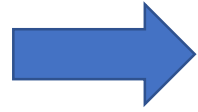
W miarę jak technologie wodorowe ewoluują, **inwestycje w projekty wodorowe muszą być opłacalne dla prywatnych firm i inwestorów.**

Kluczowe jest opracowanie modeli biznesowych, które umożliwią inwestorom osiągnięcie zwrotu z inwestycji w rozsądnym czasie.



Aspekty Ekonomiczne

•Aktualnie największy problemem w zakresie gospodarki wodorowej



KOSZTY
wprowadzenia nowej technologii na szeroką skalę

➤ **Wodór ma ogromny potencjał**

➤ **Skala projektów** wodorowych jest na razie nieduża ale **rośnie w bardzo dużym tempie**

- Wprowadzenie nowej technologii zawsze jest kosztowne ale w miarę jej popularyzacji koszty maleją
- Realna efektywność inwestycji jest mała ale w miarę rozwoju będzie rosła w tempie wykładniczym
- Konieczne jest dopracowanie technologii wodorowych pod względem wydajności i sprawności
- Większość narodowych strategii/programów wodorowych ma na celu znaczne obniżenie ceny końcowej wodoru m.in. poprzez dopracowanie oraz optymalizację technologii
 - **Efekt skali** przyniesie znaczny wzrost efektywności technologii
- Motywację do wykorzystania wodoru, dalszego rozwoju technologii oraz gospodarki wodorowej daje **aktualna polityka klimatyczna państw rozwiniętych** zachęcając swoimi przepisami oraz dotacjami do odejścia od paliw kopalnych i wspierając inwestycje związane z zielonym wodorem

➤ **konieczne wsparcie finansowe**



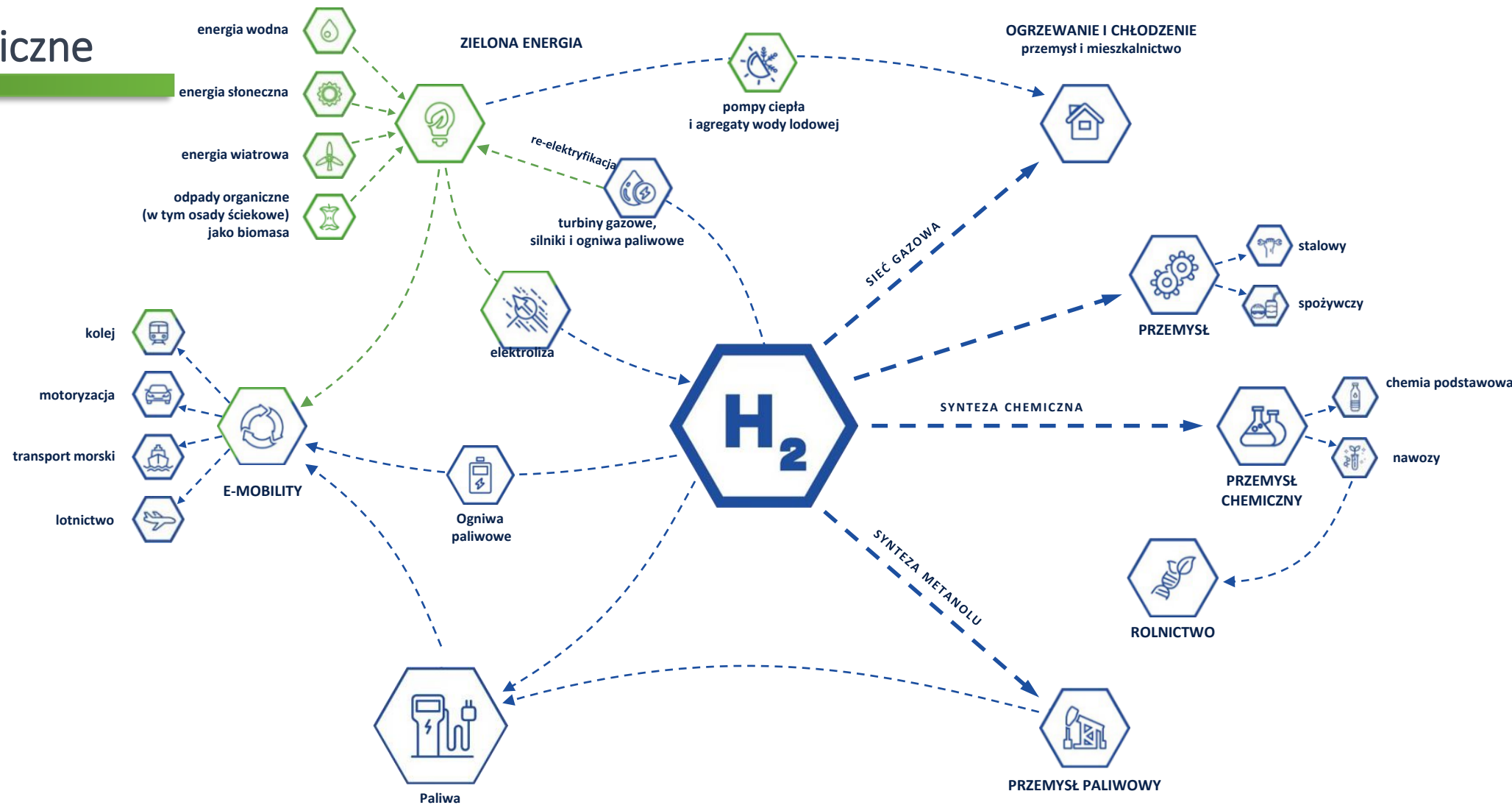
Pieniądze → **Rozwój**





Aspekty Technologiczne

Aspekty Technologiczne



WODÓR NOŚNIKIEM ENERGII

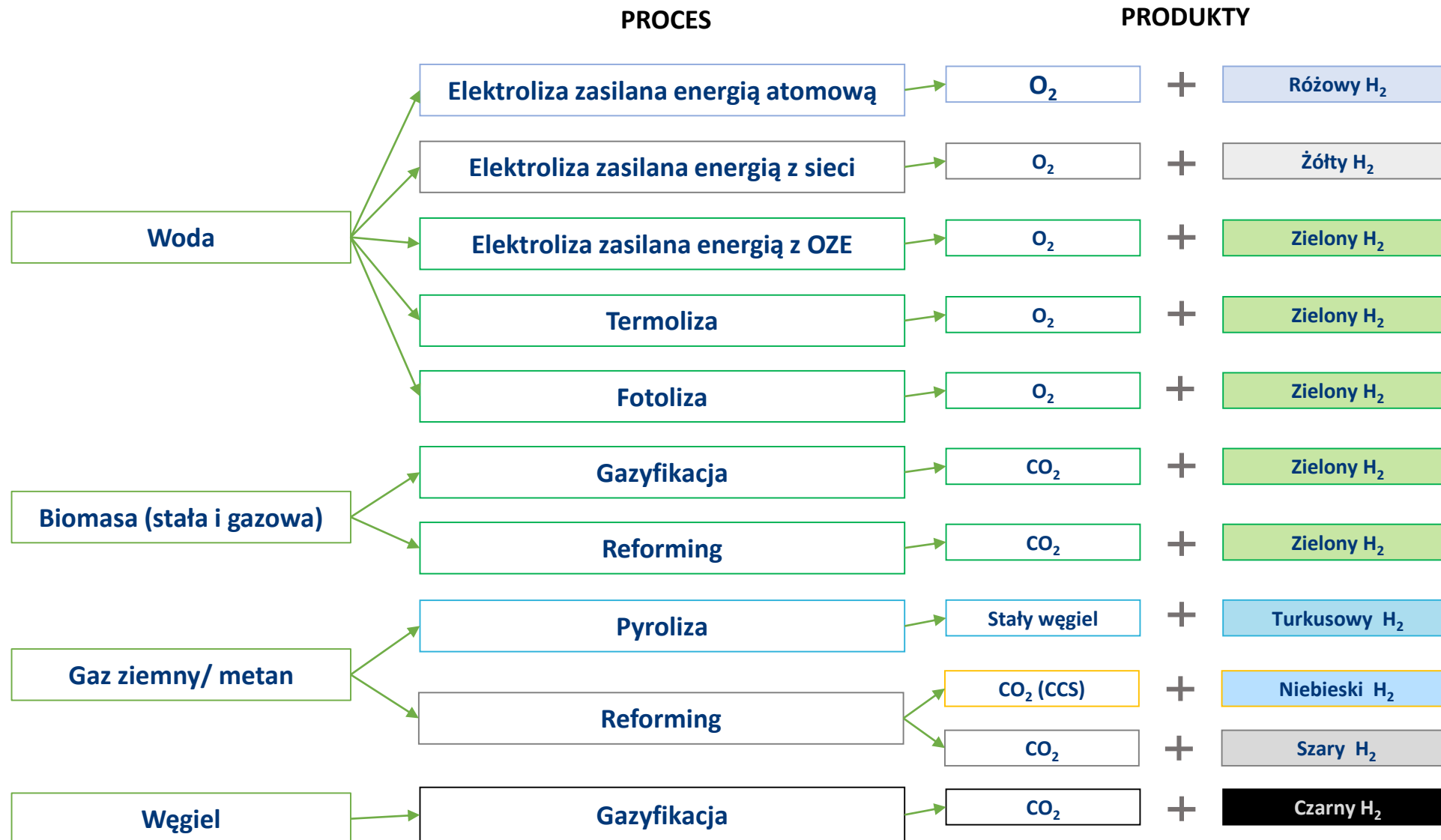
Parametr	Wodór	Gaz ziemny	Węgiel kamienny	Węgiel brunatny
Wartość opałowa [GJ/kg]	0.120	0.040	0.021	0.009
Emisji CO ₂ (spalanie) [kg/GJ]	0	55.54	93.63	107.15

Zródło: KOBiZE - Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2017 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2020

Aspekty Technologiczne

Technologia	Metoda produkcji	Wsad	Temperatura pracy (°C)	Sprawność układu (%)	Dojrzałość technologiczna
Na bazie paliw kopalnych	SMR (Reforming parowy gazu)	Węglowodory	700-1000	74-85	Komercyjna
	POX (Częściowe utleniania)	Węglowodory	800-1000	60-75	Komercyjna
	ATR (Reforming autotermiczny)	Węglowodory	700-1000	60-75	Krótkoterminowy
	Piroliza	Węglowodory	1000-1400	51	Krótkoterminowy
	Reforming plazmowy	Węglowodory	900-1300	9-85	Długoterminowy
	Reforming w fazie wodnej	Węglowodany	220-270	35-55	Średnioterminowy
	Reforming amoniaku	Amoniak	800-900	28.3	Krótkoterminowe
	Zgazowanie biomasy	Biomasa	800-1000	35-50	Komercyjna
	Fotoliza	Woda+światło słoneczne	Otoczenia	0.5	Długoterminowy
	Fermentacja ciemna	Biomasa	Otoczenia	60-80	Długoterminowy
Fotofermentacja	Biomasa + światło słoneczne	Otoczenia	1.9	Długoterminowy	
Na bazie OZE	MEC (Mikrobiologiczne Ogniwa Paliwowe)	Biomasa + energia elektryczna	Otoczenia	78	Długoterminowy
	Elektroliza alkaliczna	Woda + energia elektryczna	40-90	62-82	Komercyjna
	Elektroliza PEM	Woda + energia elektryczna	20-100	67-82	Komercyjna
	SOEC (wysokotemperaturowej Elektroliza stałotlenkowa)	Woda+energia elektryczna+ogrzewanie	700-1000	<110*	Średnioterminowy
	Termochemiczne rozdzielanie wody	Woda+ciepło	500-1000+	20-45	Długoterminowy
	PEC/Fotoelektroliza	Woda+światło słoneczne	Otoczenia	12.4	Długoterminowy

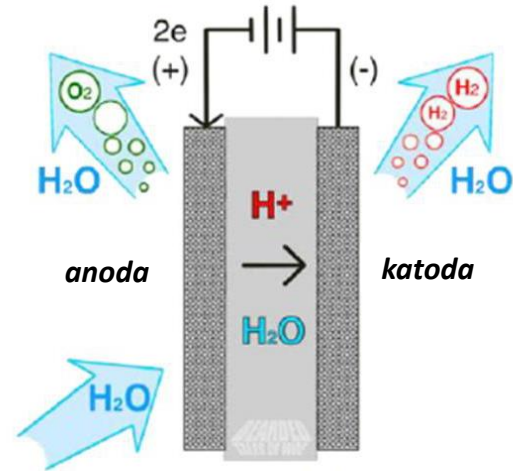
Aspekty Technologiczne



Aspekty Technologiczne

Polimerowa membrana elektrolityczna

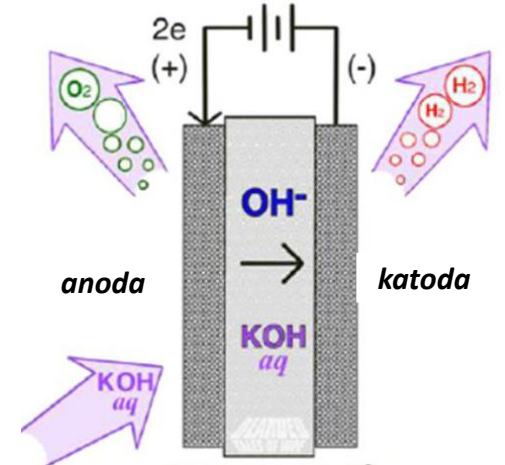
- Skala przemysłowa (MW)
- Komercyjnie stosowane >50 lat
- Membrana równocześnie pełni rolę elektrolitu
- Protony stale transportowane na membranie łączą się z elektronami
- Wysoka selektywność
- >30 barów (wyższe dla H₂)
- 40 – 90 °C



Stąły elektrolit w postaci membrany (PEM)

Elektrolizery alkaliczne

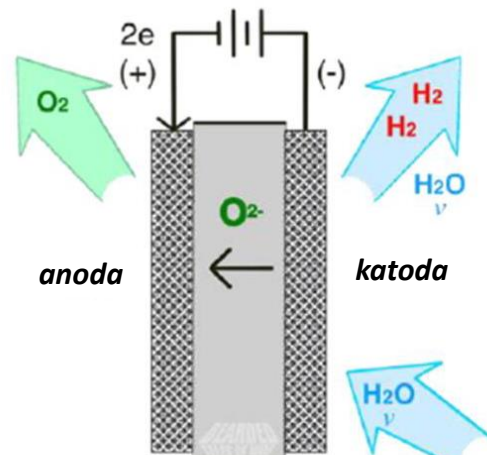
- Skala przemysłowa (MW)
- Komercyjnie stosowane >130 lat
- Ciekły elektrolit w komórkach materiału porowatego – roztwory:
 - 16-18% (wag.) NaOH
 - 25-29% (wag.) KOH
- Równe ciśnienie dla O₂ i H₂ ~ 1-30 barów
- 40 – 220 °C



Porowaty separator z elektrolitem

Elektroliza stałotlenkowa

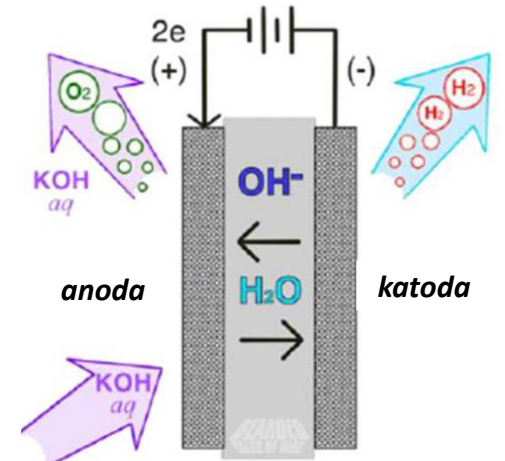
- Skala przemysłowa (MW)
- Technologia rozwojowa
- Niewielkie straty energii w porównaniu do innych (deklarowana wydajność - Topsoe - do 90%)
- Ciśnienia do 8 bar
- 600-1000 °C



Stąły elektrolit tlenkowy

Membrany wymiany anionów

- Mała skala (kW)
- Technologia rozwojowa
- Wykorzystuje elementy z AE i PEM
- Separator membranowy przewodzący jony hydroksylowe
- Wysoka selektywność
- 40 – 80 °C



Stąły elektrolit (AEM)

Aspekty Technologiczne

- Polska posiada **niewielki potencjał technologiczny** w obszarze gospodarki wodorowej. Zauważalny jest jednak potencjał do rozwoju firm technologicznych na rynku lokalnym
- Realizowanie projekty (energetyka, transport) wciąż w bardzo **początkowej fazie** (wysoki CAPEX I OPEX)
- **Brak rozwiniętych łańcuchów dostaw technologii**, niewiele dostawców kluczowych elementów instalacji, długie oczekiwanie na dostawy
- **Brak regulacji prawnych** na szczeblu krajowym i międzynarodowym – niejasna sytuacja prawna
 - brak jednolitych definicji prawnych
 - brak procedur bezpieczeństwa
 - brak regulacji dotyczących cen wodoru
- **Brak infrastruktury** zagospodarowania H₂ zarówno do celów energetycznych jak i transportu

Największym problemem rozwoju innowacji w obszarze wodoru jest obecnie niska dojrzałość rynku, brak wystarczających przepisów prawnych i instrumentów wsparcia oraz niedostateczne ukierunkowanie (niejasne cele i procedury ich ustalania)

Aspekty Technologiczne



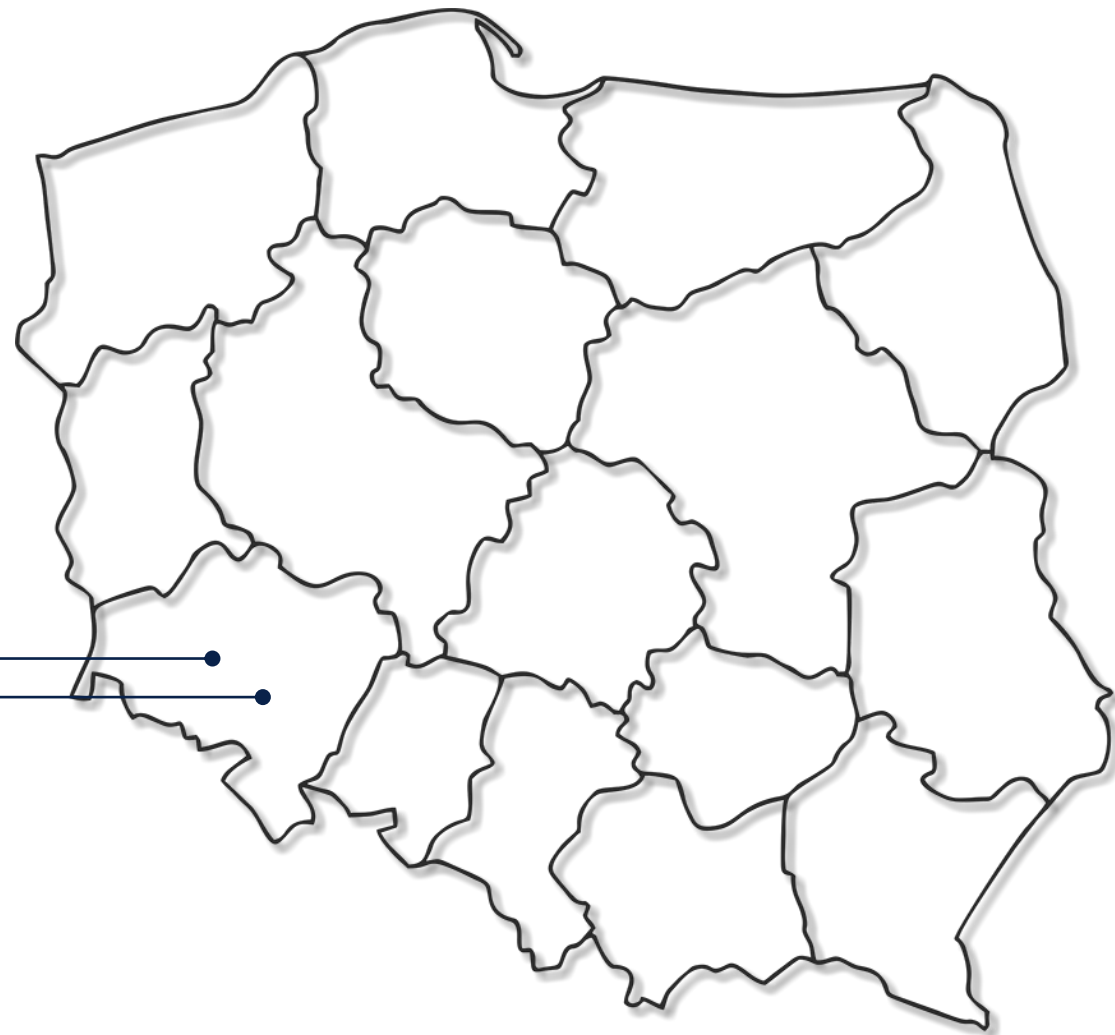
GARBCE

Magazyn Energii w H₂
Elektroliza + ogniwa
paliwowe

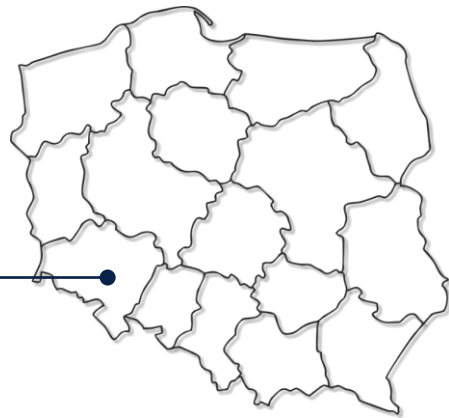


OŁAWA

5MW H₂
tri-generacja



Aspekty Technologiczne

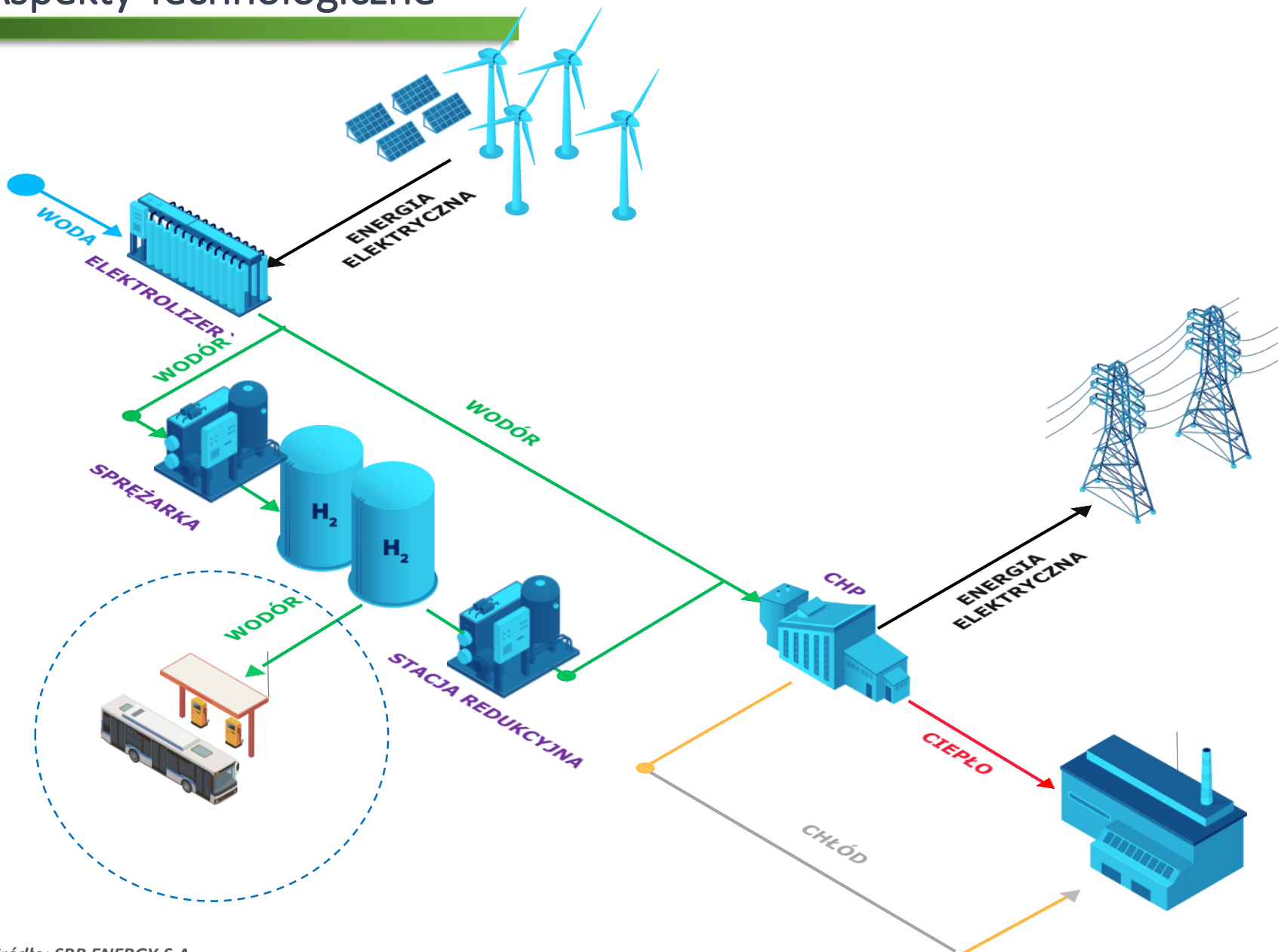


OŁAWA
5MW H2
tri-generacja



Źródło: SBB ENERGY S.A.

Aspekty Technologiczne



PROMET-PLAST PARAMETRY PODSTAWOWE

- **Elektrolizer 5 MW**
- **Układ sprężania wodoru 500 bar**
- **Magazyn wodoru**
- **II stopniowa stacja redukcyjna z układem buforowym**
- **Silnik kogeneracyjny**
- **Układu produkcji chłodu z agregatem absorpcyjnym i wieżą chłodniczą**
- **Instalacja ciepła i chłodu**
- **Stacji uzdatniania wody**
- **Instalacji detekcji wodoru**

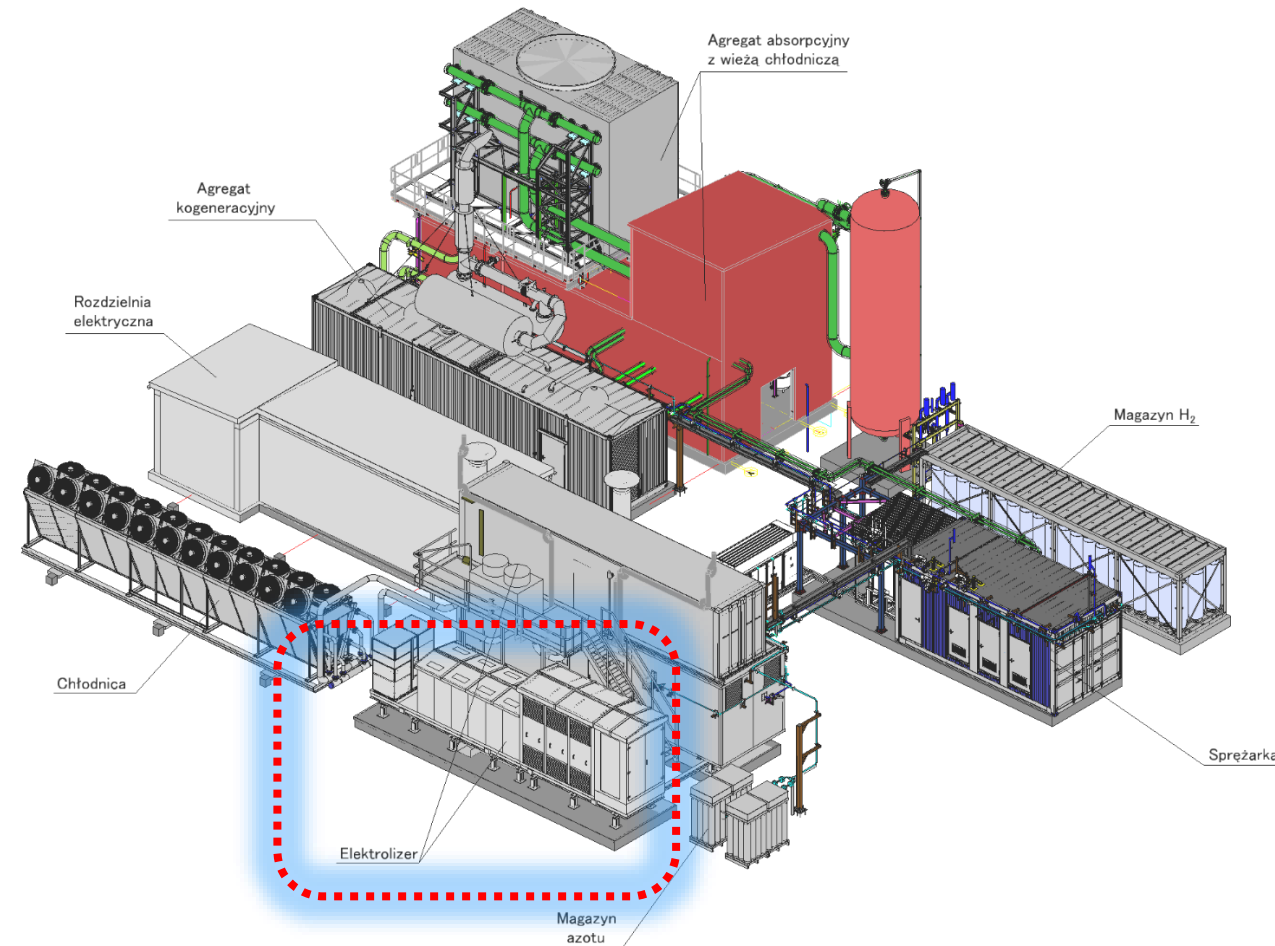
Stacja tankowania – poza zakresem kontraktu – potencjał rozbudowy instalacji

Aspekty Technologiczne

PROMET-PLAST PARAMETRY PODSTAWOWE

ELEKTROLIZER

Parametr	Wartość
Typ	PEM
Nominalna wydajność elektrolizera	1000 Nm ³ /h ≈ 90 kg/h
Nominalna moc elektrolizera	5 MW
Nominalne ciśnienie wodoru	40 bar
Czystość produkowanego wodoru	Min. 99.998%

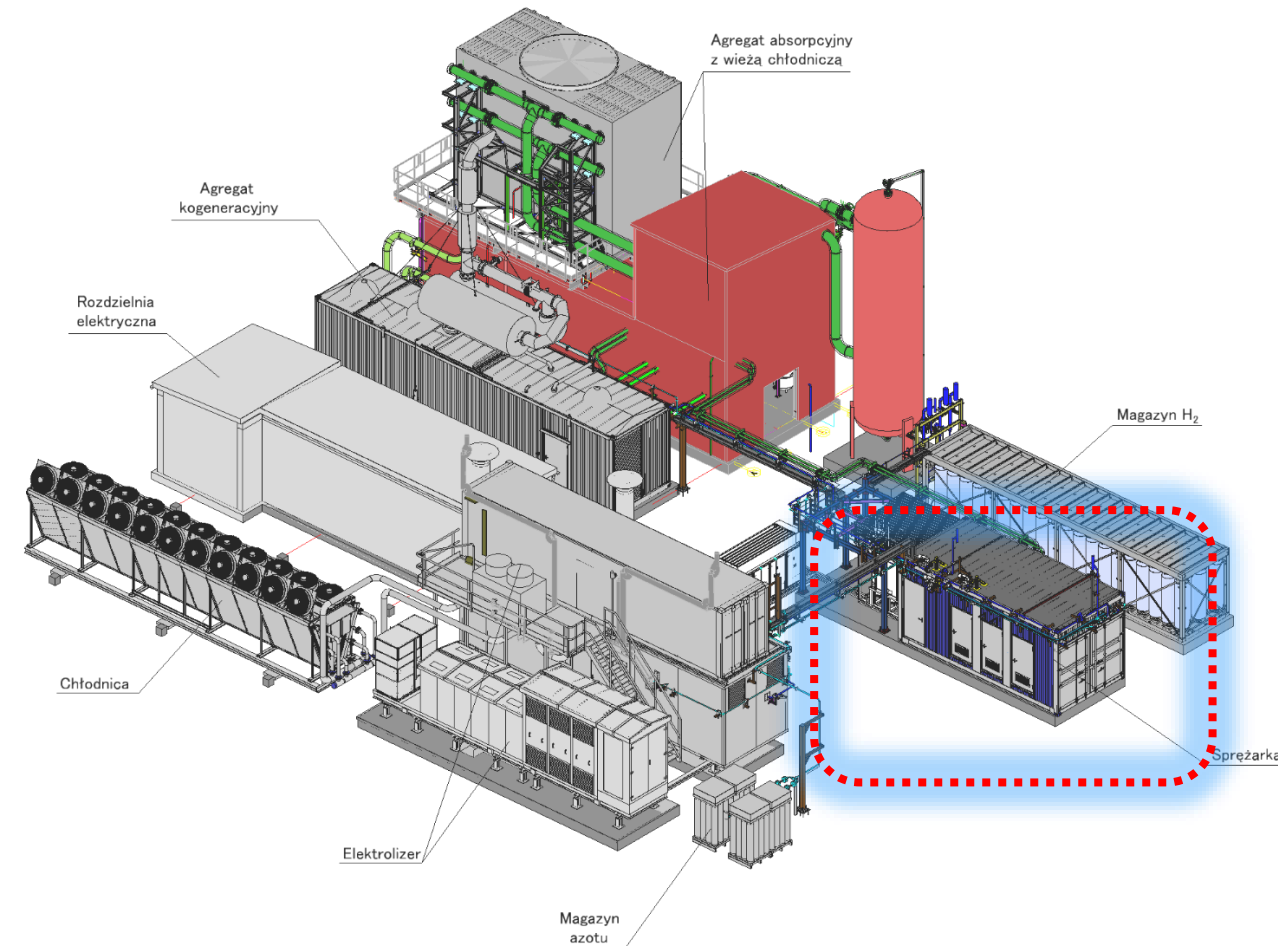
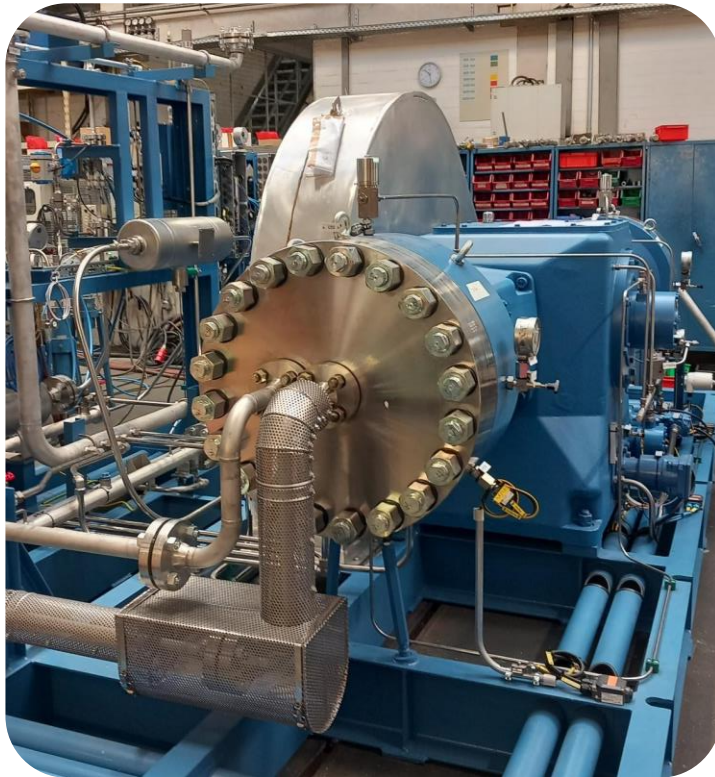


Aspekty Technologiczne

PROMET-PLAST PARAMETRY PODSTAWOWE

SPRĘŻARKA

Parametr	Wartość
Nominalna wydajność	0-50 kg H ₂ /h
Ciśnienie na ssaniu/wylocie	40 barq / 500 barq
Temperatura na wylocie	< 40°C

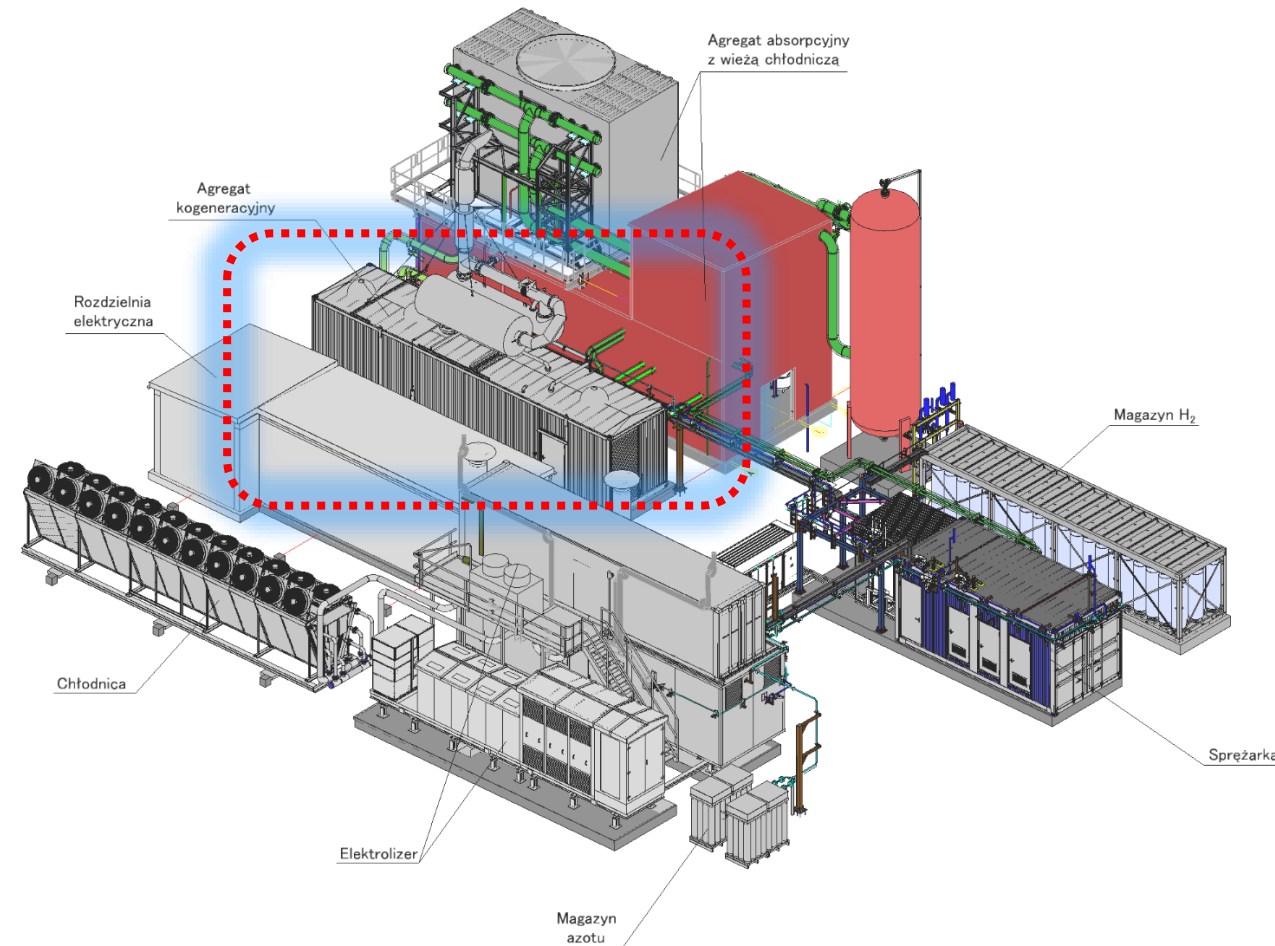


Aspekty Technologiczne

PROMET-PLAST PARAMETRY PODSTAWOWE

AGREGAT KOGENERACYJNY

Parametr	Wartość
Nominalna moc elektryczna	999 kW _e
Energia cieplna	1.2 MW _t
Całkowita sprawność kogeneracji	powyżej 81 %

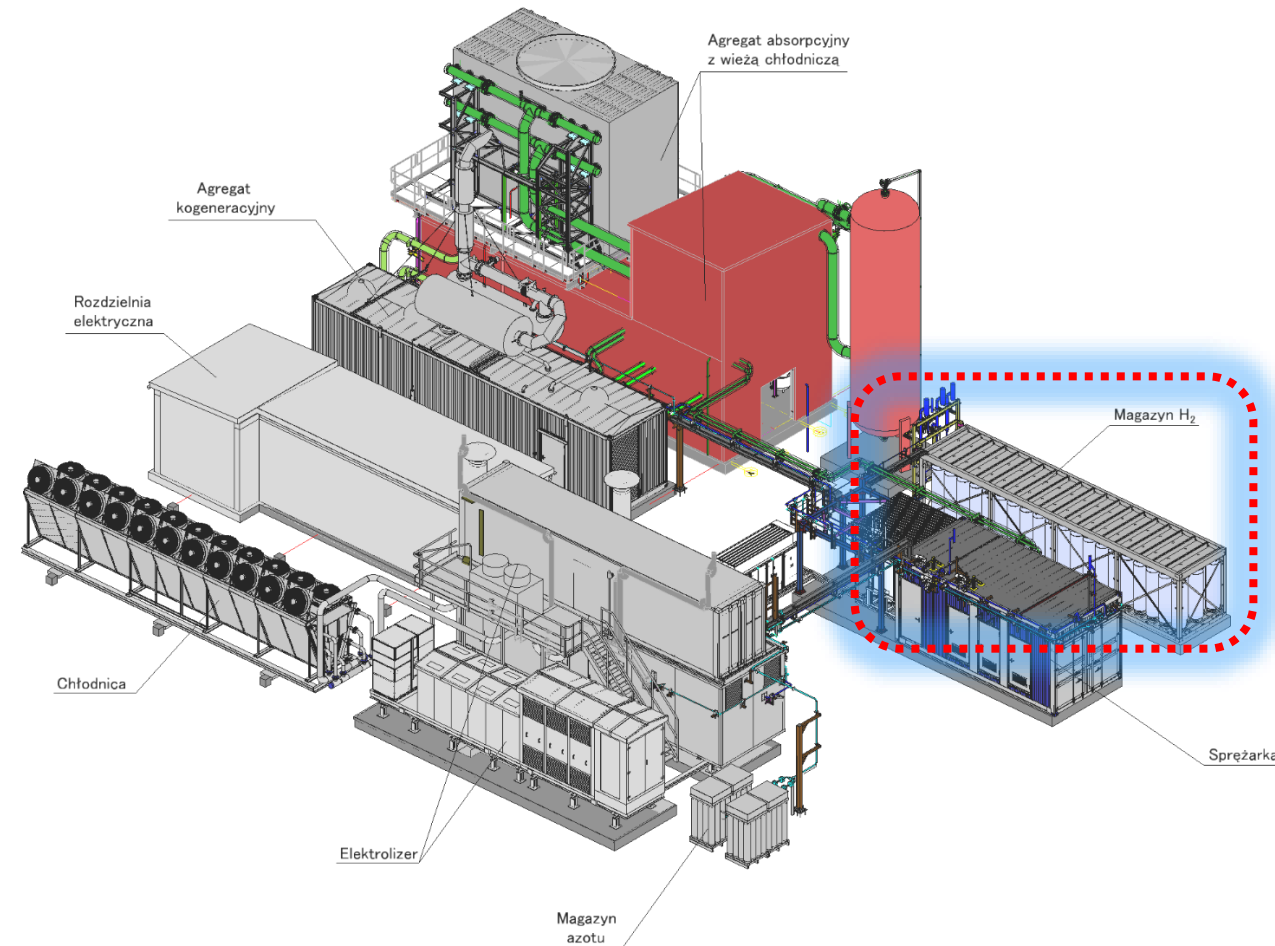


Aspekty Technologiczne

PROMET-PLAST PARAMETRY PODSTAWOWE

MAGAZYN WODORU

Parametr	Wartość
500 bar	
Całkowita pojemność magazynowa (3 sekcje, w sumie 100 butli)	35 m ³ ≈ 1050 kg
Max. ciśnienie wodoru	500 bar

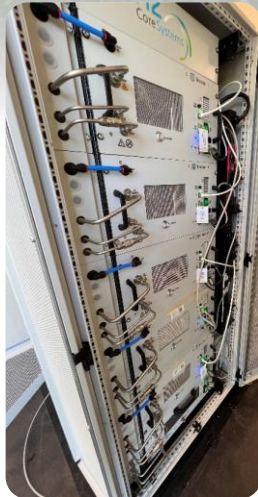


Aspekty Technologiczne

PKP ENERGETYKA PARAMETRY PODSTAWOWE

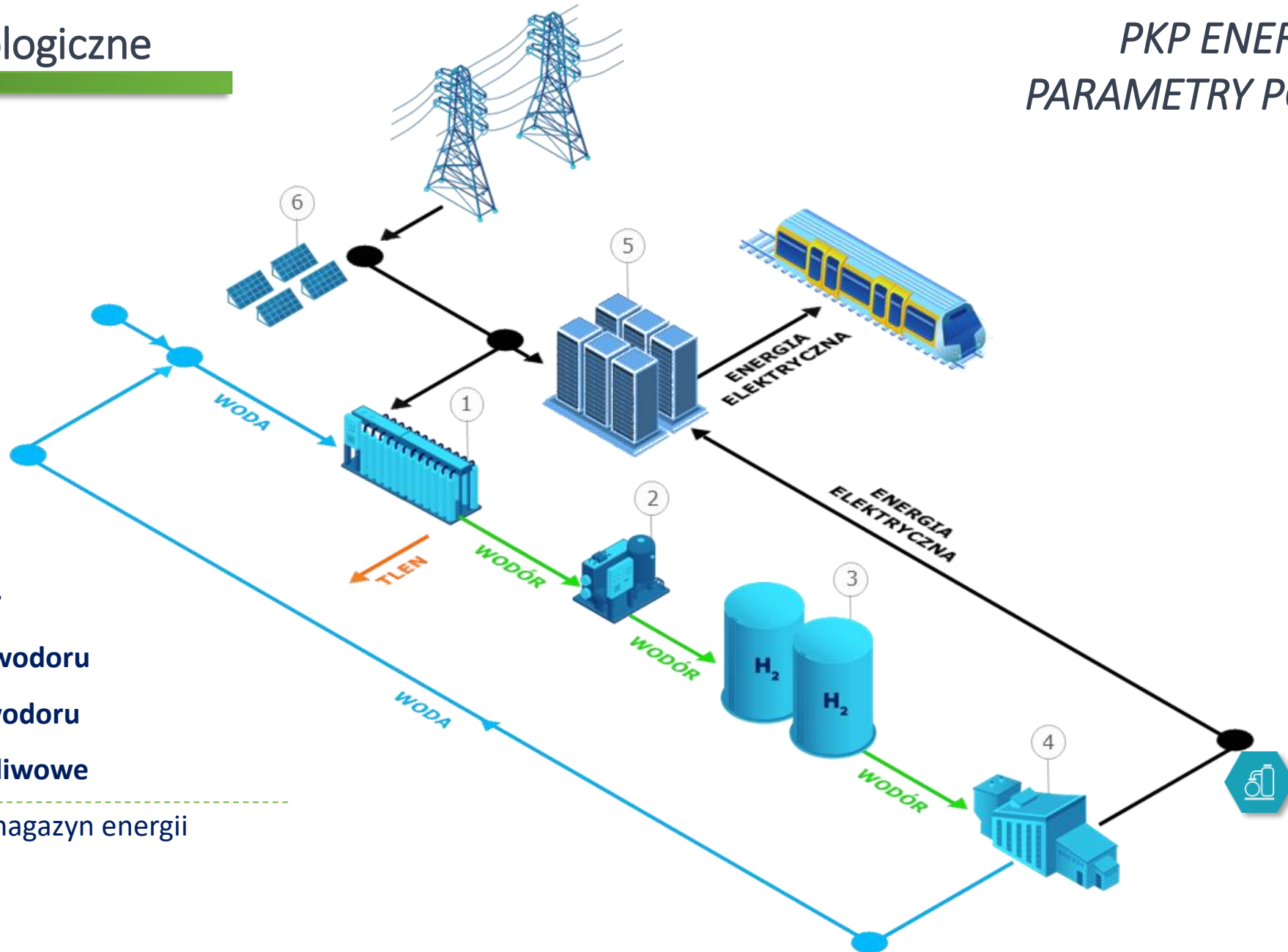


Garbce
Elektrolizer
+ Ogniwa Paliwowe



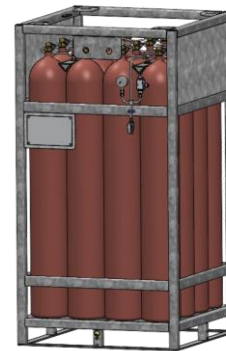
Źródło: SBB ENERGY S.A.

1. Elektrolizer
2. Sprężarka wodoru
3. Magazyn wodoru
4. Ogniwo paliwowe
5. Bateryjny magazyn energii
6. Farma PV



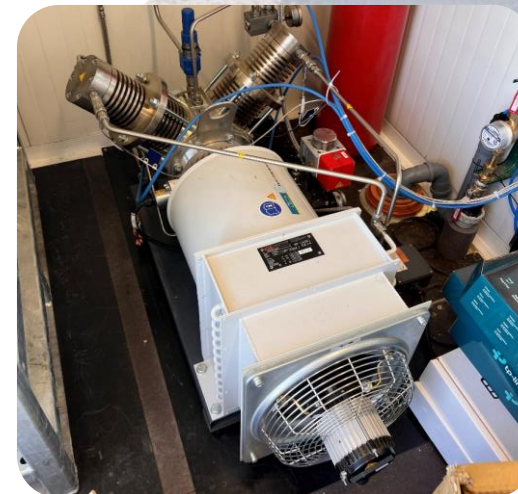
MAGAZYN WODORU

Parametr	Wartość
200 bar	
Całkowita pojemność magazynowa	23 kg
Max. ciśnienie wodoru	200 bar
Liczba butli w zestawie	16 x 0.05 m ³



SPRĘŻARKA

Parametr	Wartość
Max. Strumień wodoru	7 Nm ³ /h ≈ 0.63kg/h
Ciśnienie ssania	30 bar
Max. Ciśnienie na wylocie	200 barg



ELEKTROLIZER

Parametr	Wartość
Typ	AEM
Nominalna wydajność elektrolizera	7.5 Nm ³ /h ≈ 0.63kg/h
Nominalna moc elektrolizera	36 kW
Liczba i moc modułów	15 x 2.4 kW
Nominalne ciśnienie wodoru	30-35 bar
Zapotrzebowanie na wodę	~ 6 L/h

OGNIWA PALIWOWE

Parametr	Wartość
Nominalna moc elektryczna	20 kW _e
Liczba i moc stosów	5 x 4kW
Sprawność przy mocy nominalnej	> 45%



PIERWSZE WNIOSKI I DOŚWIADCZENIA

Z REALIZACJI PIERWSZYCH PROJEKTÓW WODOROWYCH

- Polska posiada **niewielki potencjał technologiczny** w obszarze gospodarki wodorowej. Zauważalny jest jednak potencjał do rozwoju firm technologicznych na rynku lokalnym
- Realizowanie projekty (energetyka, transport) wciąż w bardzo **początkowej fazie** (wysoki CAPEX I OPEX)
- **Brak rozwiniętych łańcuchów dostaw technologii**, niewiele dostawców kluczowych elementów instalacji, długie oczekiwanie na dostawy
- **Brak regulacji prawnych** na szczeblu krajowym i międzynarodowym – niejasna sytuacja prawna
 - brak jednolitych definicji prawnych
 - brak procedur bezpieczeństwa
 - brak regulacji dotyczących cen wodoru
- **Brak infrastruktury** zagospodarowania H₂ zarówno do celów energetycznych jak i transportu

Największym problemem rozwoju innowacji w obszarze wodoru jest obecnie niska dojrzałość rynku, brak wystarczających przepisów prawnych i instrumentów wsparcia oraz niedostateczne ukierunkowanie (niejasne cele i procedury ich ustalania)

PRZYŚPIESZENIE POLITYKI KLIMATYCZNEJ EU PO WYBUCHU WOJNY NA UKRAINIE

- UE postanowiła przyspieszyć transformację energetyczną i wzmocnić politykę klimatyczną w 2 celach:
 - **Wzmocnienia bezpieczeństwa energetycznego**
 - **Pokazania światu, że jest liderem działań na rzecz ochrony klimatu**

- **Trzy porozumienia w zakresie zmian polityki klimatycznej UE spowodowane wojną na Ukrainie**
 - A. Wyższy cel dla UE i Polski**

W sektorach ogrzewania budynków, rolnictwa, drobnego przemysłu i gospodarki odpadami Polska zobowiązała się obniżyć emisje nie o zakładane do tej pory 7%, a o 17,7% (cała UE nie o zakładane 29%, a o 40%)

 - B. Zakaz dla samochodów spalinowych**

Od 2035 r. wprowadzony zostanie całkowity zakaz sprzedaży nowych aut na gaz, benzynę oraz z silnikiem Diesla. Dodatkowo od 2030 r. łączne emisje CO₂ z wprowadzanych na rynek nowych samochodów osobowych i dostawczych mają być odpowiednio o 55% i 50% mniejsze niż w 2021 r.

 - C. Użytkowanie gleb, drzew, roślin, biomasy i drewna**

Zwiększenie wymogu pochłaniania CO₂ przez naturę w roku 2030 z 225 mln do 310 mln ton CO₂ – a więc o blisko 40%. Oznacza to większy nacisk na ochronę cennych lasów, torfowisk, zmiany w rolnictwie itd.. Dodatkowo z rozliczeniu uwzględnione zostaną również emisje z biomasy wykorzystywanej do produkcji energii, co do tej pory nie miało miejsca

TRANSFORMACJA ENERGETYCZNA W OBLICZU WOJNY WNIOSKI

➤ Należy przyspieszyć działania mające na celu **uniezależnienie się od paliw kopalnych**

➤ Konieczna jest zmiana filozofii

↳ Celem powinno być **zbilansowanie podaży i popytu na energię jak najbliżej odbiorcy końcowego**

↳ **Lokalne wytwarzanie energii**, a w przypadku gdy lokalne źródła energii będą niewystarczające powinna istnieć możliwość poboru energii z wyższego poziomu systemu dystrybucji

↳ Rozproszenie wytwarzania energii w oparciu o **źródła odnawialne i magazyny energii**

↳ Energetyka **prosumencka** przełamuje monopol dużych producentów energii

➤ Energetyka rozproszona jest najbardziej bezpiecznym sposobem wytwarzania energii, a z wykorzystaniem źródeł odnawialnych będzie zgodne z aktualnymi trendami politycznymi UE i innych państw rozwiniętych

- konieczne wsparcie finansowe

Aktualnie największy problemem w zakresie gospodarki wodorowej



KOSZTY

wprowadzenia nowej technologii na szeroką skalę

PODSUMOWANIE

- **Wodór ma ogromny potencjał**
- **Skala projektów** wodorowych jest na razie nieduża ale **rośnie w bardzo dużym tempie**
- Wprowadzenie nowej technologii zawsze jest kosztowne ale w miarę jej popularyzacji koszty maleją
- Realna efektywność inwestycji jest mała ale w miarę rozwoju będzie rosła w tempie wykładniczym
- Konieczne jest dopracowanie technologii wodorowych pod względem wydajności i sprawności
- Większość narodowych strategii/programów wodorowych ma na celu znaczne obniżenie ceny końcowej wodoru m.in. poprzez dopracowanie oraz optymalizację technologii
- **Efekt skali** przyniesie znaczny wzrost efektywności technologii
- Motywację do wykorzystania wodoru, dalszego rozwoju technologii oraz gospodarki wodorowej daje **aktualna polityka klimatyczna państw rozwiniętych** zachęcając swoimi przepisami oraz dotacjami do odejścia od paliw kopalnych i wspierając inwestycje związane z zielonym wodorem



~~Przebieg~~

