

# Scenariusz zajęć lekcyjnych nr 7

TEMAT LEKCJI:

# Infrastruktura wodorowa

POZIOM EDUKACYJNY: podstawowy

GRUPA DOCELOWA: uczniowie szkół ponadpodstawowych (15–19 lat)

CZAS ZAJĘĆ: 45 minut (jednostka lekcyjna)

PRZEDMIOT: fizyka, chemia, inne zajęcia związane z tematyką energetyki i infrastruktury



POPH2  
Wiesz więcej!



Projekt dofinansowany ze środków budżetu państwa,  
przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach  
Programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II”

MNiSW



# INFORMACJE DLA NAUCZYCIELA

Co musisz wiedzieć przed zrealizowaniem zajęć?

# PRZEBIEG LEKCJI

## CZĘŚĆ 1

OKOŁO 15 MINUT



1. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy 4-5 osobowe i przekazuje każdej grupie plansze wraz z legendą kolorów.
2. Uczniowie oznaczają odpowiednimi kolorami elementy infrastruktury.
3. Nauczyciel tłumaczy poszczególne elementy systemu energetycznego.
4. Nauczyciel rozdaje schemat stacji tankowania wodoru oraz tabelę do uzupełnienia.

## CZĘŚĆ 2

OKOŁO 15 MINUT



- Nauczyciel prowadzi dyskusję wykorzystując przykładowe pytania:
- Które elementy infrastruktury wodorowej stanowią źródło energii?
  - Które elementy infrastruktury są nośnikiem energii?
  - Czym są „kolory” wodoru i jakie mają znaczenie?
  - Gdzie może być wykorzystany wodór? Jakie gałęzie przemysłu zużywają najwięcej wodoru?
  - Z jakimi zmianami zetknie się kierowca pojazdu spalinowego na stacji tankowania pojazdu wodorowego?

## CZĘŚĆ 3

OKOŁO 15 MINUT



Nauczyciel przeprowadza krótki wykład na bazie przygotowanej prezentacji, który pokazuje elementy infrastruktury wodorowej.

### GRUPA DOCELOWA:

uczniowie szkół  
ponadpodstawowych (15-19 lat)

### CZAS ZAJĘĆ:

45 minut



### PRZEDMIOT:

fizyka, chemia, inne zajęcia  
związane z tematyką energetyki  
i infrastruktury.

### CEL LEKCJI / EFEKTY EDUKACYJNE:

- uczniowie poznają ekosystem wodorowy,
- rozumieją wielowymiarowość wykorzystywania wodoru,
- poznają podstawowe elementy infrastruktury wodorowej,
- potrafią rozróżnić „kolory” wodoru i emisyjność wodoru,
- rozumieją złożoność systemu elektroenergetycznego.

### MATERIAŁY:

- plansze z infrastrukturą do kolorowania
- kredki lub mazaki
- plansze ze stacją tankowania wodoru
- prezentacja

### METODY PRACY:

- praca w grupach
- dyskusja z nauczycielem
- wykład

# UCZEŃ

Zadania dla uczestników zajęć lekcyjnych







KARTA PRACY // Infrastruktura wodorowa

# ZADANIE 1

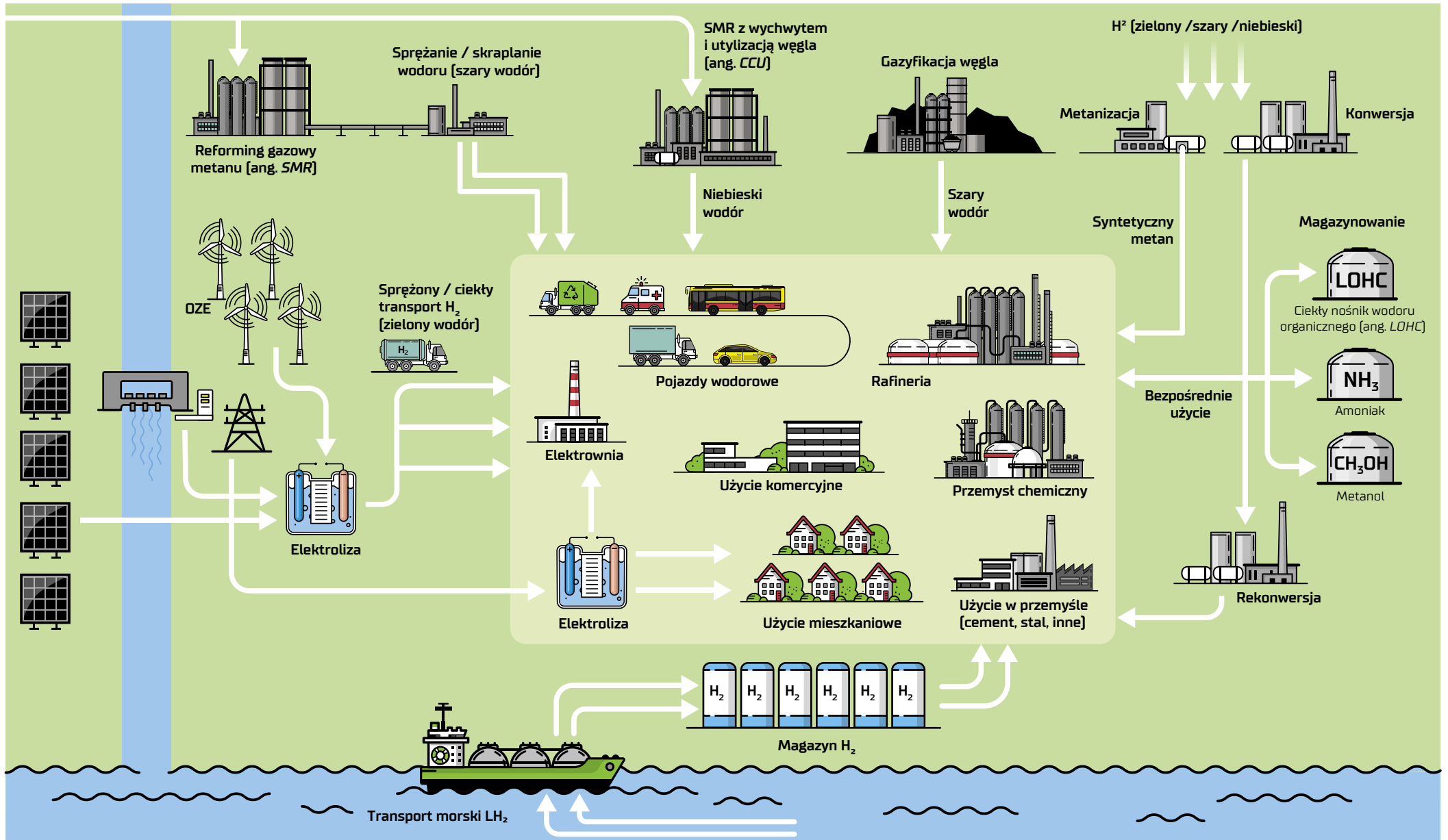
Połącz elementy infrastruktury wodorowej z rodzajem wyprodukowanego wodoru (koloru).  
Pokoloruj na mapie białe pola z nazwami elementów infrastruktury.

Odpowiedz na pytania:

- Jakimi elementami ekosystem wodorowy różni się od obecnego systemu elektroenergetycznego?
- W jakich obszarach oraz przy zastosowaniu których elementów można ograniczyć emisję gazów cieplarnianych?

-  Gaz ziemny (metan)
-  Zielony wodór
-  Szary wodór
-  Niebieski wodór
-  Prąd elektryczny
-  Ciepło

KARTA PRACY // Infrastruktura wodorowa - plansza do kolorowania



## KARTA PRACY // Stacja tankowania wodoru

## ZADANIE 2

Uzupełnij tabelę łącząc terminy z odpowiednimi opisami ich funkcji.

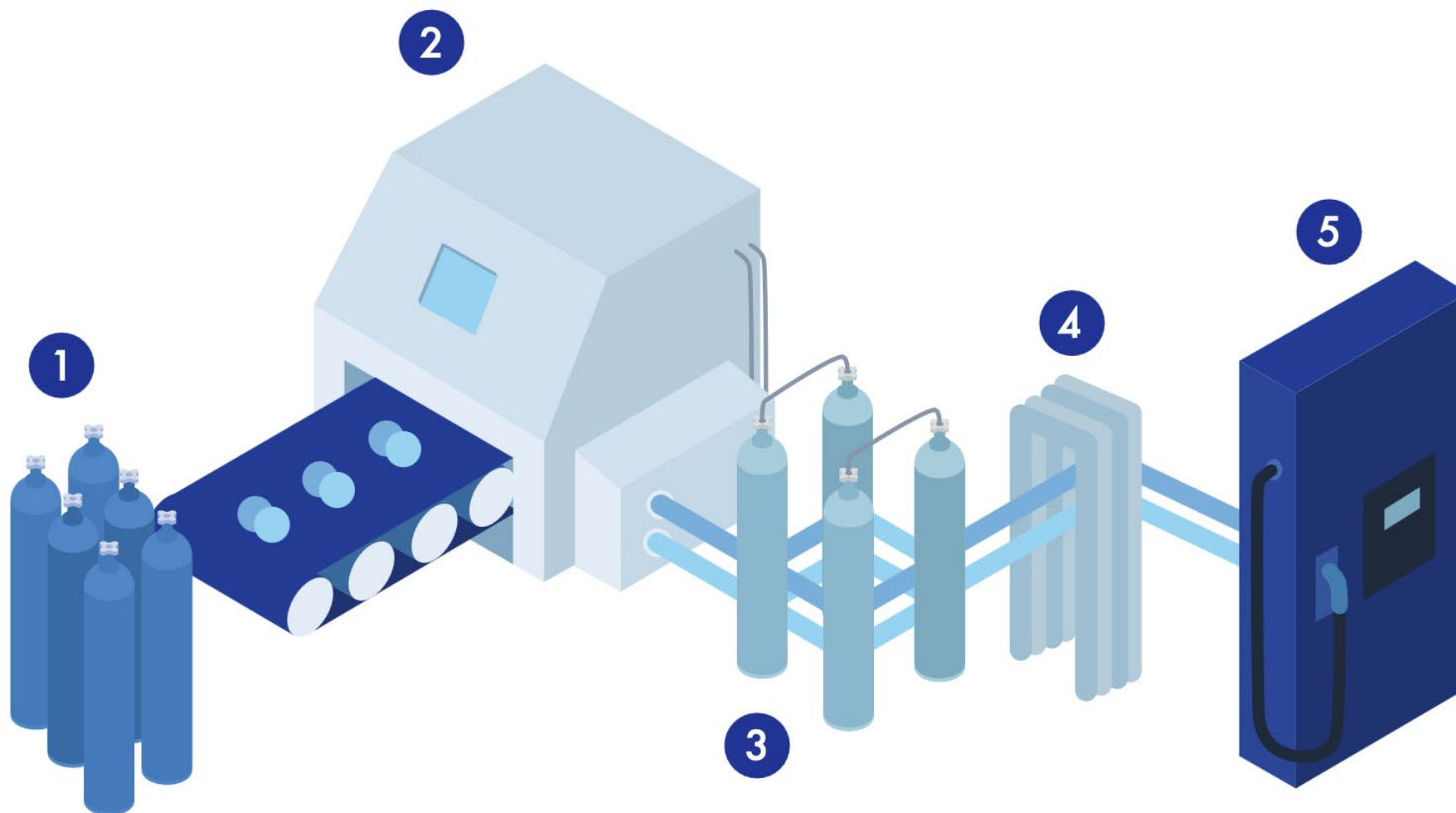
Przeanalizuj załączoną grafikę i wybierając numery 1-6, przypisz odpowiednie elementy stacji tankowania wodoru do terminów.

## DEFINICJE DO WYBORU:

DYSTRYBUTOR // PROCES KOMPRESJI // BUFORY // ŹRÓDŁO WODORU // WYMIENNIK CIEPŁA

NR	PEŁNIONA FUNKCJA	PEŁNIONA FUNKCJA
_____	_____	H <sub>2</sub> jest sprężane pod ciśnieniem 350 lub 700 barów.
_____	_____	Przechowywanie H <sub>2</sub> pod wysokim ciśnieniem.
_____	_____	H <sub>2</sub> jest przelewany do zbiornika pojazdu.
_____	_____	H <sub>2</sub> jest przechowywany w butlach gazowych w 200 barach.
_____	_____	H <sub>2</sub> jest schładzany do -40 stopni przed dostawą.

KARTA PRACY // Stacja tankowania wodoru



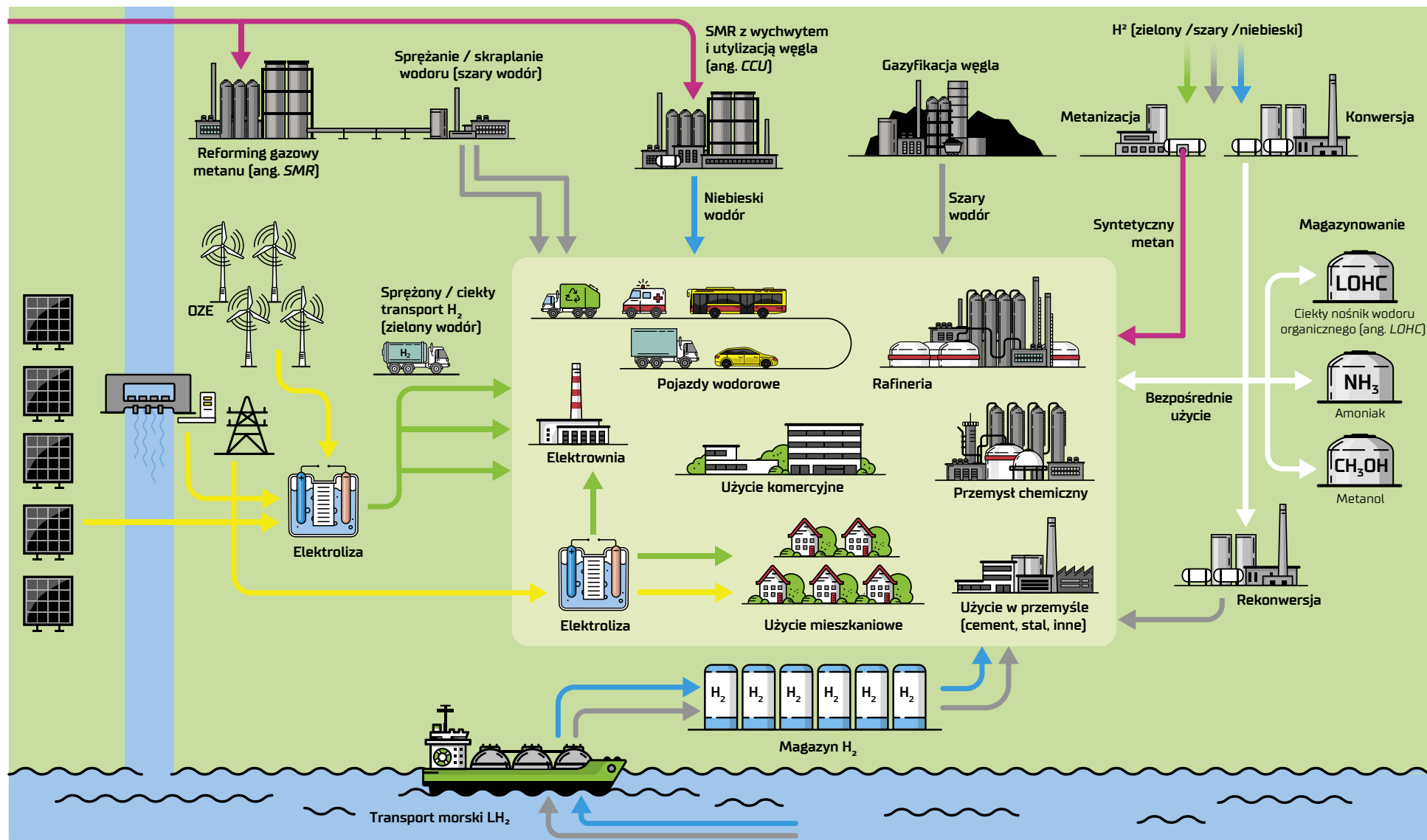


# NAUCZYCIEL

Materiały z informacjami dla nauczyciela o wodorze. *Slajdy można zaprezentować uczniom w trakcie zajęć.*

KARTA PRACY // Świat paliw kopalnych

# ZADANIE 1 – ODPOWIEDZI



## KARTA PRACY // Stacja tankowania wodoru

## ZADANIE 2 – ODPOWIEDZI

NR	PEŁNIONA FUNKCJA	PEŁNIONA FUNKCJA
2.	Proces kompresji	H <sub>2</sub> jest sprężane pod ciśnieniem 350 lub 700 barów.
3.	Bufory	Przechowywanie H <sub>2</sub> pod wysokim ciśnieniem.
5.	Dystrybutor	H <sub>2</sub> jest przelewany do zbiornika pojazdu.
1.	Źródło wodoru	H <sub>2</sub> jest przechowywany w butlach gazowych w 200 barach.
4.	Wymiennik ciepła	H <sub>2</sub> jest schładzany do -40 stopni przed dostawą.

## KARTA WIEDZY //

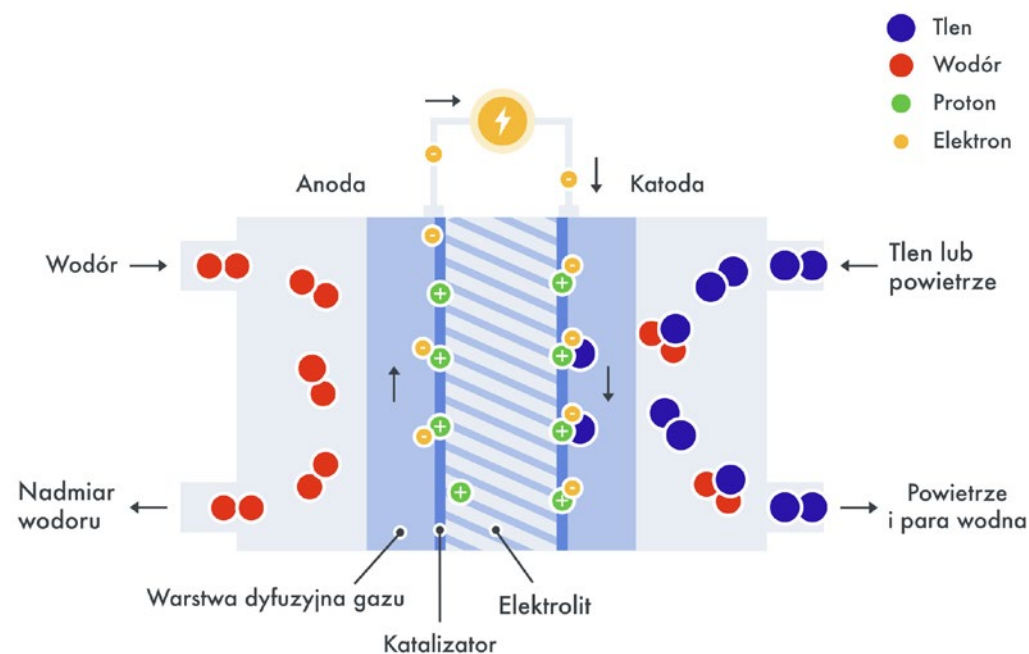
# Ogniwo paliwowe

Ogniwo paliwowe to urządzenie elektrochemiczne, które bezpośrednio przekształca energię chemiczną w energię elektryczną. Zazwyczaj jako paliwo używany jest wodór, który reaguje z tlenem, wytwarzając energię, wodę i ciepło. W trakcie tego procesu nie powstają żadne inne produkty, co sprawia, że energia elektryczna pozyskiwana w ten sposób jest neutralna dla środowiska.

Jak działa ogniwo paliwowe? Z jednej strony dostarczamy wodór, który na anodzie rozbijany jest na proton i elektron. Sercem ogniwa jest membrana/elektrolit, która/y przewodzi tylko protony, wobec czego elektrony poruszają się inną drogą. Z drugiej strony do katody dostarczany jest tlen z powietrza. Wskutek połączenia tlenu z wodorem powstaje woda i ciepło.

Na drodze elektronów znajduje się dowolny odbiornik elektryczny. Pojedynczą membranę można łączyć w stosy skalując ogniwo tak, aby zasilić urządzenie od wielkości zegarka czy telefonu, poprzez zasilenie urządzeń domowych czy samochodów osobowych, kończąc na samochodach ciężarowych, samolotach czy pociągach.

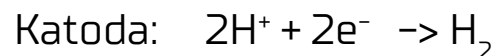
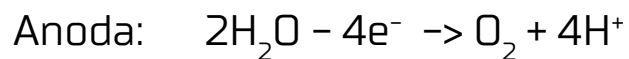
## BUDOWA OGNIWA PALIWOWEGO



## KARTA WIEDZY //

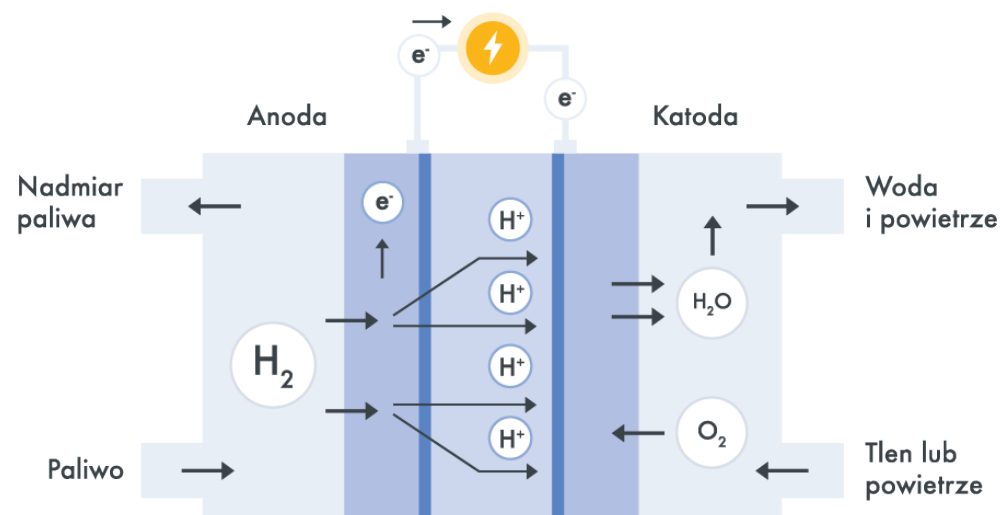
# Elektrolizer

Elektrolizer jest urządzeniem podobnym do ogniwa paliwowego, ale działa w przeciwnym kierunku – przy pomocy energii elektrycznej rozkłada wodę na wodór i tlen. Reakcja zachodząca w elektrolizerach jest tą samą reakcją, która zachodzi w ogniwach paliwowych, jednak zmienia się tylko jej „kierunek”. Z tego powodu budowa, zalety i ograniczenia elektrolizerów oraz ogniw paliwowych, będą w znacznej części się pokrywać.



Elektrolizer wymaga zasilania. W przypadku wykorzystania odnawialnych źródeł energii lub energii jądrowej, istnieje możliwość wyprodukowania wodoru bez emisji gazów cieplarnianych, co jest jednym z celów transformacji energetycznej.

## ELEKTROLIZER Z ELEKTROLITEM POLIMEROWYM (PEM)



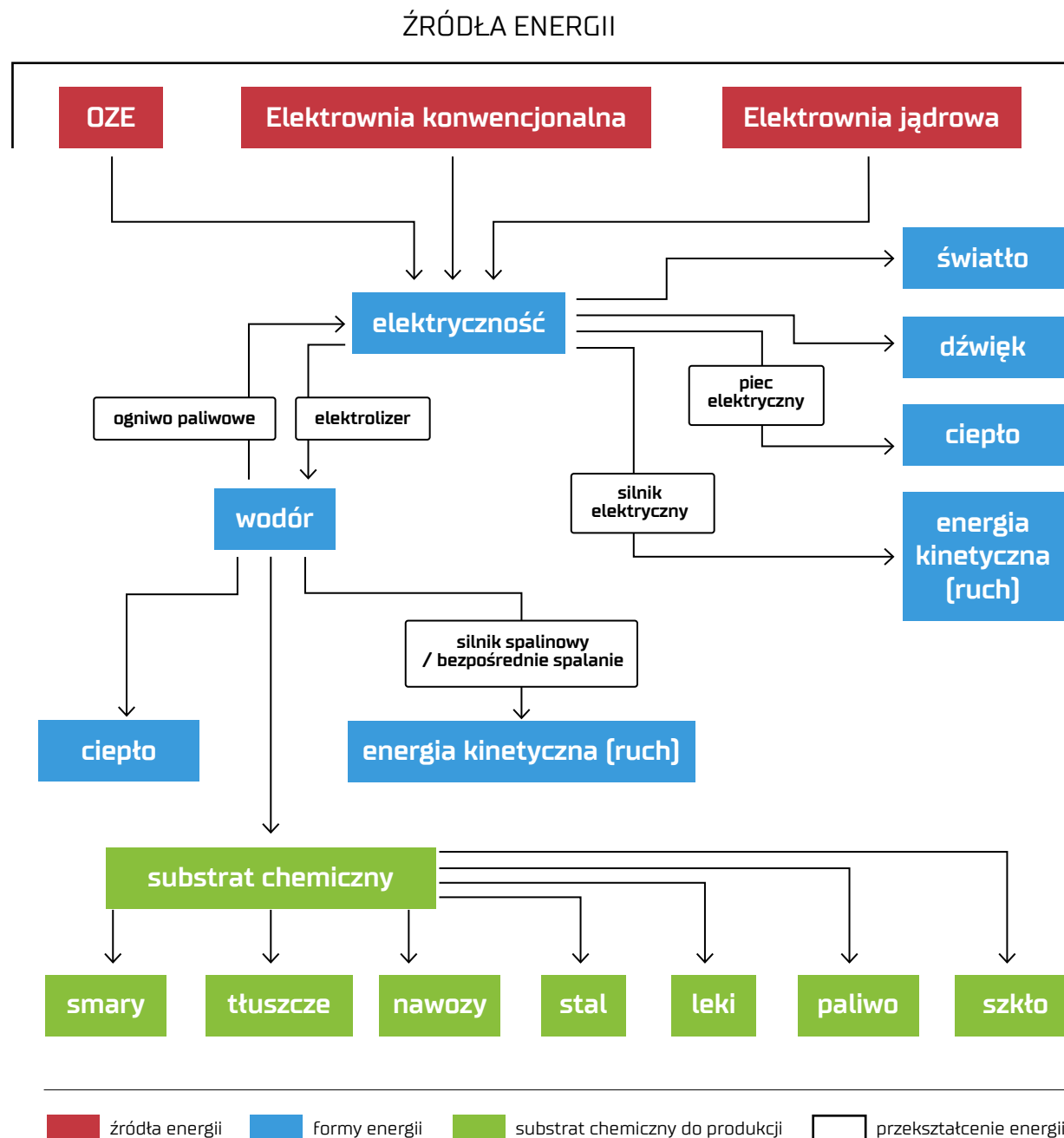
Źródło: Szkoła Wodorowa, Wydawca Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego, ISBN 978-83-60782-31-6, <https://mh.energy/szkola-wodorowa>

## KARTA WIEDZY //

# Konwersja energii

Zgodnie z zasadami fizyki, energię można przekształcić w inną formę np. ciepło, światło lub dźwięk. Każde przekształcenie związane jest jednak ze stratami. Dlatego istotne jest, aby instalacje do produkcji wodoru znajdowały się możliwie jak najbliżej źródła zużycia. Energia elektryczna oraz wodór to nośniki energii, które z łatwością możemy przekształcić w użyteczną formę energii. Wodór być może traktowany jako magazyn.

Dzięki technologiom wodorowym możemy zasilić urządzenia, których nie można bezpośrednio połączyć ze źródłami energii. Jednocześnie wykorzystując bezemisyjne źródła energii (OZE / energetykę jądrową) możemy zredukować emisyjność przemysłu wykorzystującego wodór jako substrat chemiczny.

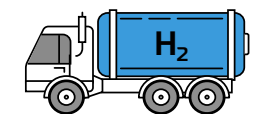


## KARTA WIEDZY //

# Transport i dystrybucja wodoru

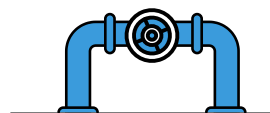
Dystrybucja i transport wodoru są kluczowymi elementami w gospodarce wodorowej. Po pierwsze, wodór musi być efektywnie dostarczany do miejsc, gdzie będzie wykorzystywany, takich jak stacje tankowania dla pojazdów napędzanych wodorem, elektrownie wodorowe (gazowe) czy zakłady przemysłowe. Po drugie, ze względu na jego niską gęstość energetyczną, wodór wymaga specjalnych metod przechowywania i transportu, takich jak wysokociśnieniowe zbiorniki, kriogeniczne chłodzenie lub konwersja do innych nośników, np. amoniaku. Po trzecie, infrastruktura do transportu wodoru, w tym rurociągi, terminale czy systemy transportu morskiego, musi być odpowiednio rozwinięta, aby umożliwić jego masowe wykorzystanie. Wodór jest łatwopalnym gazem, co wymaga zaawansowanych technologii i procedur, aby minimalizować ryzyko wycieków i wybuchów. Ponadto, rozwój efektywnej dystrybucji i transportu wodoru wpływa na koszt końcowy tego paliwa, co jest istotne dla konkurencyjności gospodarki wodorowej.

Należy pamiętać, że świat oparty na ropie i węglu powstawał przez ostatnie 150 lat. Transformacja energetyczna oparta o zrównoważone technologie będzie wymagać prac, które będą trwały przez najbliższe dekady. W związku z czym, należy w maksymalnym stopniu wykorzystać istniejącą już infrastrukturę (np. gazową), by oszczędzić czas i nakłady inwestycyjne.



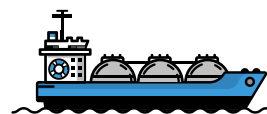
## WODOROWE TREALERY (CYSTERNY)

Transportują wodór w postaci sprężonego gazu lub formie skroplonej. Nie ma potrzeby budowy nowej infrastruktury. Są opłacalne na krótkich odcinkach – do 200 km.



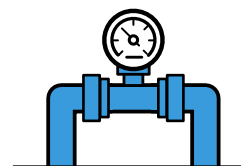
## GAZOCIĄGI

Dzięki rurociągom można przesyłać mieszankę gazu ziemnego i wodoru. Trzeba jednak zbadać wytrzymałość każdego odcinka gazociągu oraz odseparować wodór na końcu węzła.



## TANKOWCE

Istnieją już tankowce do transportu skroplonego gazu zielonego LNG. W podobny sposób może być schłodzony i transportowany wodór.



## WODOROCIĄGI

Dedykowane rurociągi do przesyłu czystego wodoru. Wodorociągi są zoptymalizowane do przesyłu wodoru, pod kątem ciśnienia, materiału i odbiorców końcowych.

## KARTA WIEDZY //

# Integracja i optymalizacja

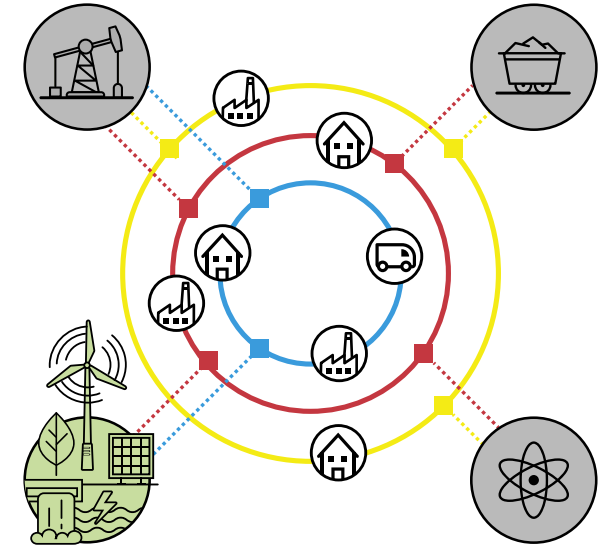
Uniwersalność wodoru umożliwia integrację i optymalizację różnych sektorów gospodarki, tj. energetyki, ciepłownictwa, transportu, przemysłu i budownictwa. W ten sposób zwiększymy efektywność energetyczną i ograniczymy emisję gazów cieplarnianych w danych branżach.

Nadwyżki energii elektrycznej, ciepłej czy organicznych odpadów, mogą być wykorzystane do produkcji wodoru i zmagazynowane w celu wykorzystania w późniejszym czasie lub w zupełnie innym przeznaczeniu. Przykładowo, fabryka pokryta modułami fotowoltaicznymi w tygodniu konsumuje energię elektryczną na własne potrzeby, a w weekend tą samą energię przeznacza do produkcji wodoru, który można wykorzystać do napędzania wózków widłowych.

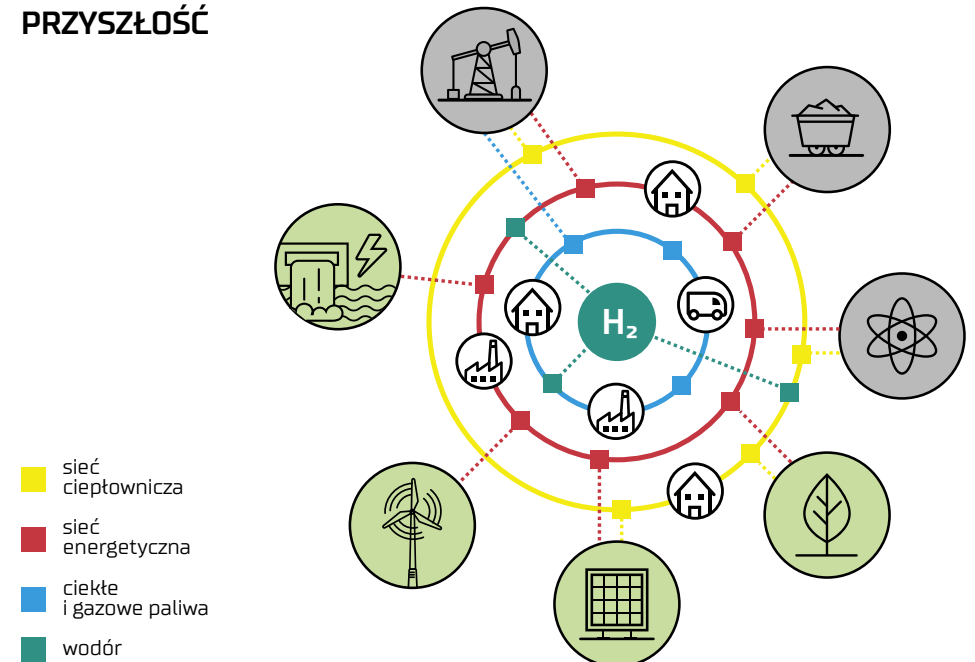
Ciepło odpadowe ze spalarni odpadów może służyć do zasilenia elektrolizerów wysokotemperaturowych. Wyprodukowany wodór może być magazynowany cały rok, by służyć do ogrzewania wody i budynków w sezonie grzewczym.

Warto pamiętać, że wprowadzenie wodoru do łączenia sektorów wymaga znaczących inwestycji w infrastrukturę, technologie, a także odpowiednich regulacji, aby stworzyć odpowiednie warunki do jego wykorzystania w skali masowej.

## TERAŻNIEJSZOŚĆ



## PRZYSZŁOŚĆ





## KARTA WIEDZY //

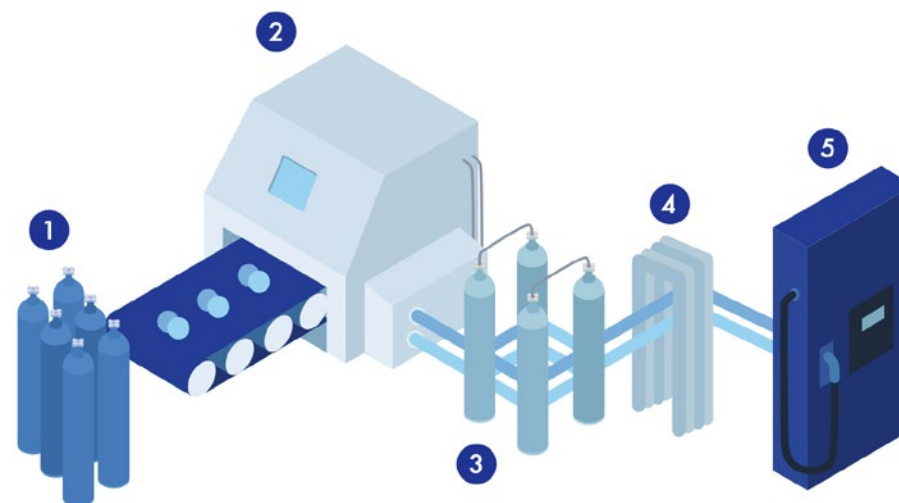
# Stacje tankowania wodoru

Stacja tankowania wodoru nie różni się znacząco od tradycyjnej stacji benzynowej. Wodór jest gazem, więc tankowanie będzie podobne jak przy tankowaniu LPG – trwa około 5 minut aż do momentu napełnienia całego zbiornika.

Przyjęte są 2 standardy ciśnienia – 700 bar (dla samochodów osobowych) oraz 350 bar (dla autobusów i pojazdów ciężarowych). Wysokie ciśnienia umożliwiają osiągnięcie podobnych zasięgów charakterystycznych dla samochodów spalinowych. Obecnie jest to ok. 650 km na pełnym zbiorniku.

Powstaje klasyczny problem „jajka i kury”. Czy powinniśmy zacząć rozwijać gospodarkę wodorową od budowy stacji tankowania, by zapewnić niezbędną infrastrukturę wodorową? Czy jednak powinniśmy zacząć od wykreowania popytu na pojazdy wodorowe? Na te pytanie próbuje odpowiedzieć obecnie branża wodorowa.

Władze miast w Polsce kupują już autobusy wodorowe i budują stacje z dofinansowaniem publicznym. W ten sposób w Polsce tworzy się sieć dystrybucji wodoru. W Europie jest już 161 otwartych stacji tankowania wodoru i 60 w trakcie budowy.

**1. ŹRÓDŁO WODORU**

H<sub>2</sub> jest przechowywany w butlach gazowych w 200 barach.

**2. PROCES KOMPRESJI**

H<sub>2</sub> jest sprężane pod ciśnieniem 350 lub 700 barów

**3. BUFORY**

Przechowywanie H<sub>2</sub> pod wysokim ciśnieniem.

**4. WYMIENNIK CIEPŁA**

H<sub>2</sub> jest schładzany do -40 stopni przed dostawą.

**5. DYSTRYBUTOR**

H<sub>2</sub> jest przelewany do zbiornika pojazdu.

---

**ŹRÓDŁA DANYCH**

1. Hydrogen – key energy carrier to reach decarbonization goals,  
<https://www.endress.com/en/industry-expertise/oil-gas-marine/hydrogen-ready>.
2. How and HRS works, Hydrogen Mobility Europe,  
<https://h2me.eu/about/how-an-hrs-works>
3. „Szkoła wodorowa”. Wydawca Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego,  
ISBN 978-83-60782-31-6.
4. Technology Roadmap – Hydrogen and Fuel Cells, International Energy Agency 2015,  
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/e669e0b6-148c-4d5c-816b-a7661301fa96/TechnologyRoadmapHydrogenandFuelCells.pdf>.
5. Filling up with H2, Hydrogen mobility starts now, H2.LIVE platform,  
<https://h2.live/en/>.

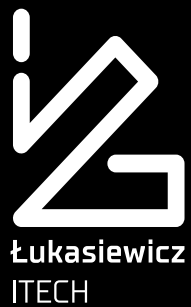
**MATERIAŁY UZUPEŁNIAJĄCE**

1. Zespół ds. Rozwoju Przemysłu OZE i Korzyści dla Polskiej Gospodarki, Raport zespołu nr 4, Gospodarka Wodorowa, Warszawa, maj 2020  
<https://klasterwodorowy.pl/images/zdjecia/Gospodarka%20Wodorowa.%20Rekomendacje%20grupy%204.pdf>
2. J. Jaworski, E. Kukulska-Zajęc, P. Kućaga, Wybrane zagadnienia dotyczące wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na elementy systemu gazowniczego, Nafta-Gaz 2019, nr 10, s. 625–632.
3. The Economic Impacts of Desert Power, Socio-economic aspects of an EUMENA renewable energy transition, Dii GmbH, 2013  
[https://dii-desertenergy.org/wp-content/uploads/2023/09/2013-07-30\\_Dii\\_EIDP\\_EN\\_Digital.pdf](https://dii-desertenergy.org/wp-content/uploads/2023/09/2013-07-30_Dii_EIDP_EN_Digital.pdf)
4. Hydrogen, IRENA, <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Hydrogen>

---

**WIEDZA O WODORZE**

1. Strategia Bezpieczeństwa Technologii Wodorowych w Polsce na lata 2023–2030  
<https://itech.lukasiewicz.gov.pl/wp-content/uploads/2024/03/Strategia-bezpieczenstwa-technologiei-wodorowych-w-polsce-na-lata-2023-2030.pdf>
  2. Bezpieczeństwo w technologiach wodorowych  
<https://itech.lukasiewicz.gov.pl/2023/10/11/bezpieczenstwo-w-technologiach-wodorowych-w-8-raportach/>
  3. H<sub>2</sub>: Opinie i preferencje Polek i Polaków  
<https://itech.lukasiewicz.gov.pl/2023/05/10/h2-opinie-i-preferencje-polek-i-polakow/>
  4. Wodór w Polsce w perspektywie 2030+ <https://itech.lukasiewicz.gov.pl/2023/06/09/wodor-polsce-w-perspektywie-2030/>
-



**POPH2**  
**Wiesz więcej!**



Projekt dofinansowany ze środków  
budżetu państwa, przyznanych przez  
Ministra Edukacji i Nauki w ramach  
Programu „Społeczna odpowiedzialność  
nauki II”

**MNiSW**

---

---