

TEMAT LEKCJI:

Wprowadzenie do Świata Technologii Wodorowych

POZIOM EDUKACYJNY: podstawowy

GRUPA DOCELOWA: uczniowie szkół podstawowych (10–14 lat)

i ponadpodstawowych (15–19 lat)

CZAS ZAJĘĆ: 45 minut (jednostka lekcyjna)

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



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 10 MINUT



1. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy 4–5 osobowe oraz rozdaje każdej grupie planszę „Świat paliw kopalnych” (lub wyświetla planszę na projektorze).
2. Uczniowie dopasowują opisy do elementów infrastruktury wodorowej – praca z mapkami.
3. Nauczyciel wyjaśnia znaczenie poszczególnych elementów oraz opisuje największe wyzwania związane z danym obszarem.

CZĘŚĆ 2

OKOŁO 10 MINUT



1. Nauczyciel rozdaje każdej grupie planszę „Świat technologii wodorowych” (lub wyświetla planszę na projektorze).
2. Uczniowie dopasowują opisy do elementów infrastruktury wodorowej – praca z mapkami.
3. Nauczyciel wyjaśnia znaczenie poszczególnych elementów oraz opisuje możliwości związane z danym obszarem.

CZĘŚĆ 3

OKOŁO 10 MINUT



- Nauczyciel prowadzi dyskusję, porównując oba modele energetyki oraz wykorzystując przykładowe pytania:
- Jaki jest najważniejszy cel transformacji energetycznej?
 - Jakie dodatkowe korzyści przyniesie gospodarka wodorowa?
 - W których obszarach gospodarki będą widoczne największe zmiany?
 - Jak długo Polska będzie rozwijała obecną infrastrukturę?
 - Jak długo będzie trwała transformacja energetyczna?

CZĘŚĆ 4

OKOŁO 15 MINUT



- Nauczyciel przeprowadza krótki wykład na bazie przygotowanej prezentacji. Nauczyciel wyjaśnia skutki rozwoju gospodarki wodorowej.

GRUPA DOCELOWA:

uczniowie szkół podstawowych (10–14 lat)
ponadpodstawowych (15–19 lat)

CZAS ZAJĘĆ:

45 minut



PRZEDMIOT:

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

CEL LEKCJI / EFEKTY

EDUKACYJNE:

- uczniowie zapoznają się z podstawowymi elementami infrastruktury energetycznej i wodorowej,
- poznają powiązania między poszczególnymi obszarami energetyki,
- dostrzegają wyzwania związane ze współczesnym modelem energetyki,
- poznają możliwości poprawy funkcjonowania ekosystemu energetycznego dzięki technologiom wodorowym,
- poznają możliwości stosowania wodoru,
- rozumieją, że transformacja jest ważna, pilna i niekoniecznie prosta.

MATERIAŁY:

- plansza „Świat paliw kopalnych”
- plansza „Świat technologii wodorowych”
- karty do pracy z elementami mapy
- prezentacja

METODY PRACY:

- praca w grupach
- dyskusja z nauczycielem
- wykład

UCZEŃ

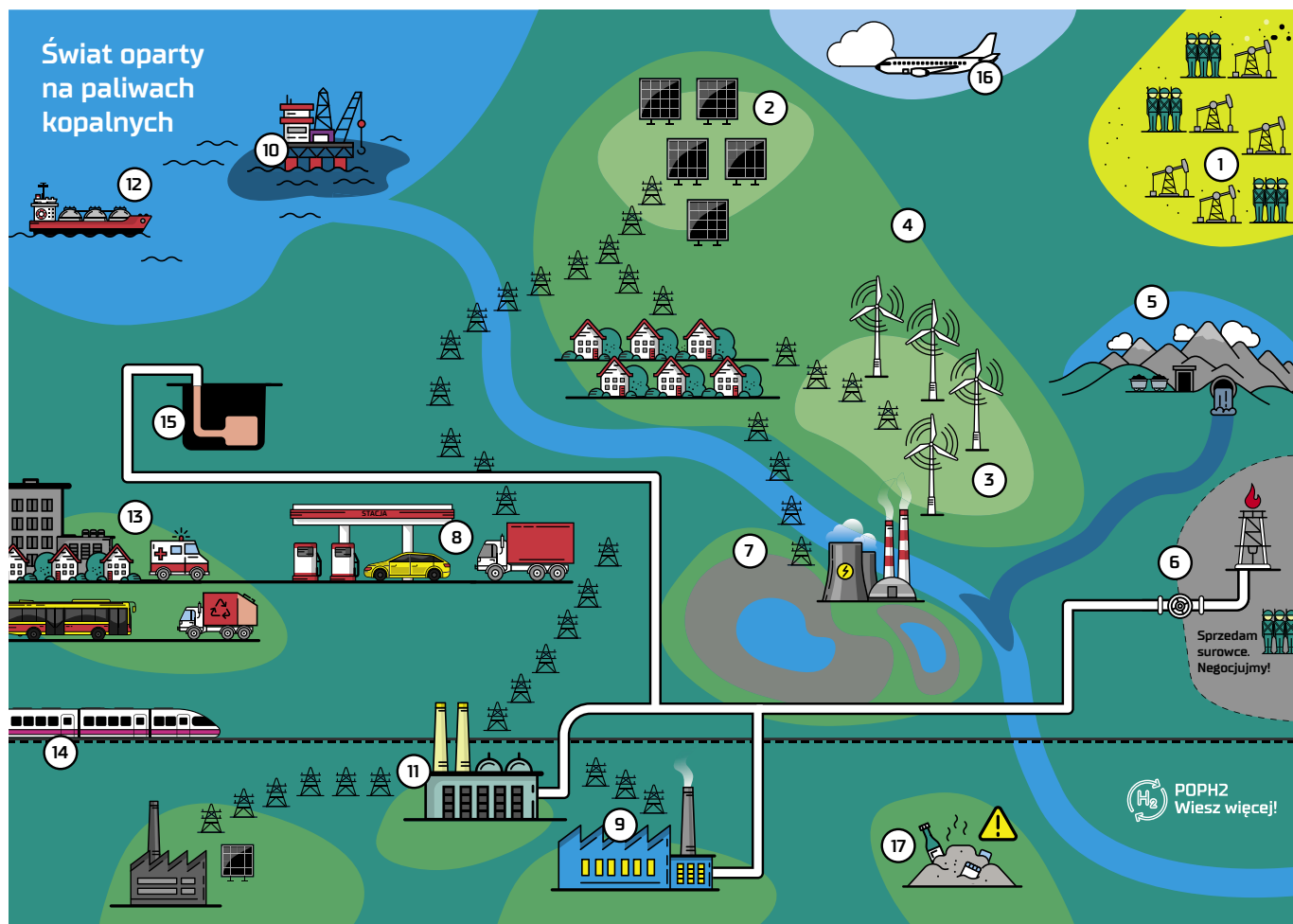
Zadania dla uczestników zajęć lekcyjnych

MAPA: ŚWIAT PALIW KOPALNYCH

Ściągnij mapę ze strony „POPH2. Wiesz więcej”. Wydrukuj lub zapisz w formacie do wyświetlenia podczas zajęć.

POMYSŁ!

Wydrukuj mapę w formacie A3 i umieść ją np. w gablocie szkolnej w celach edukacyjnych.

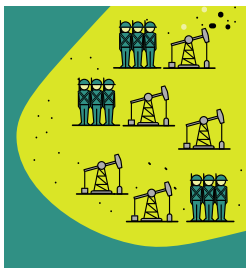


ZADANIE 1

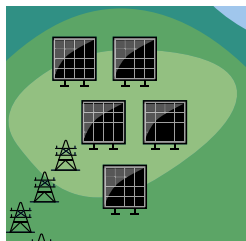
Znajdź poszczególne elementy na mapie „Świat paliw kopalnych” i dopasuj do nich poniższe informacje, wpisując liczby od 1 do 17. Odpowiedz na pytanie: **Jakie dostrzegasz wyzwania lub zagrożenia wiążące się z każdym z elementów Świata paliw kopalnych?**



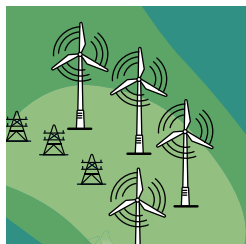
Złoża surowców energetycznych nie występują powszechnie na całym świecie, przez co stają się często źródłami konfliktów międzynarodowych. Z dwunastu krajów eksportujących ropę naftową (OPEC), jedynie dwa państwa zakwalifikowały się do kategorii „częściowych swobód obywatelskich”, pozostałe dziesięć państw znalazło się w kategorii „brak swobód”⁷. Wraz z postępem technologicznym zwiększy się popyt na surowce krytyczne dla przemysłu i technologii.



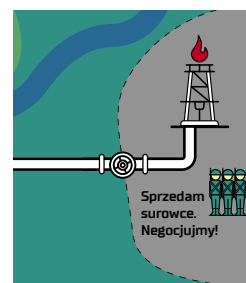
W 2022 roku Polska dodała do sektora energetycznego około 5 GW mocy z OZE. Według danych Urzędu Regulacji Energetyki, instalacje OZE o mocy 53 GW uzyskały odmowę przyłączenia do sieci elektroenergetycznych.⁴



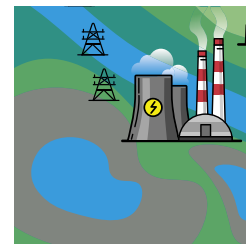
Udział bezemisyjnej energii z OZE w miksie energetycznym Polski (ogólnej produkcji energii) wynosi 21%. Z kolei udział bezemisyjnej energii w UE (OZE+atom) wynosi 61%.²



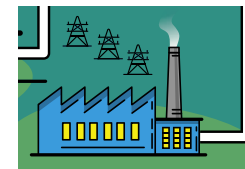
W 2022 roku Polska wydała 193 miliardy zł na zakup surowców energetycznych⁹. Suma wydatków budżetowych to 460 mld zł.



W 2021 roku zużyto w Województwie Wielkopolskim łącznie 1 235 hm³ wody, z czego przemysł energetyczny w Koninie odpowiadał za 75% konsumpcji tego cennego surowca.³



Polska zużywa 1,3 mln ton wodoru rocznie. Produkcja wodoru w Polsce bazuje niemal całkowicie na gazie ziemnym. W efekcie powstaje tzw. szary wodor.



W 2022 roku sektor lotniczy generuje 2% globalnych emisji gazów cieplarnianych.



W 2021 roku 37,1% (7170 km) linii kolejowych w Polsce było niezelektryfikowanych. Poruszały się po nich przede wszystkim pociągi spalinowe.⁵



Źródła:

1. Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040
2. Ember Research - <https://ember-climate.org/data/data-tools/european-renewables-target-tracker/>
3. Strategia rozwoju Wielkopolski wodorowej do 2030 z perspektywą do 2040
4. Sprawozdanie z działalności prezesa Urzędu Regulacji Energetyki za 2022 r.
5. Raport: Działania indywidualne i informowanie o ryzyku w związku zanieczyszczeniem powietrza – zalecenia przygotowane przez grupę ekspertów Światowej Organizacji Zdrowia z krajowymi rekomendacjami dla Polski
6. Urząd Transportu Kolejowego <https://utk.gov.pl/pl/aktualnosci/19158,Linie-kolejowe-w-Polsce-podstawowe-parametry.html>
7. Freedomhouse.org <https://freedomhouse.org/countries/freedom-world/scores>
8. Forum Energii, raport "Transformacja energetyczna w Polsce. Edycja 2023".

9. Główny Urząd Statystyczny, raport „Ochrona środowiska 2023”
10. International Tanker Owners Pollution Federation raport „Oil Tanker Spill Statistics 2022”
11. Międzynarodowa Agencja Energetyczna <https://www.iea.org/energy-system/transport/international-shipping>
12. Urząd transportu Kolejowego <https://dane.utk.gov.pl/sts/eko-kolej/emisja-dwutlenku-wegla-co2/21000,Emisja-dwutlenku-wegla-CO2.html>
13. <https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation>
14. Grzegorz CZAPOWSKI Lokalizacja kawern magazynowych w utworach solnych w Polsce – stare i nowe opcje, Przegład Solny / Salt Review, 2021/2022, 16: 5–19
15. Andrzej Harat, Arnošt Grmela, Wpływ wód kopalnianych górnośląskiego zagłębia węglowego na zmiany jakości wody w rzece Olza w latach 2000–2007

ZADANIE 1



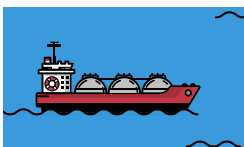
Transport drogowy w Polsce odpowiada za 20% emisji CO₂.¹²



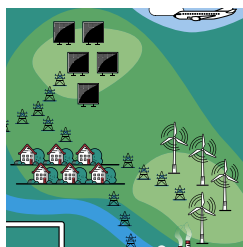
W Polsce w 2022 roku wytworzono 13 420 tys. ton odpadów komunalnych, z czego tylko 61% odpadów przeznaczono do odzysku (27% recykling; 20% termiczne odzyskanie energii; 14% do kompostowania lub fermentacji).⁹



Transport morski odpowiadał w 2022 roku za 2% globalnych emisji CO₂.



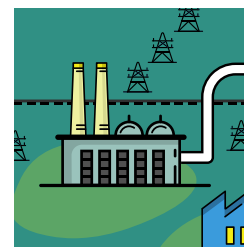
Ryzyko niestabilności dostaw energii z OZE, czyli technologii zależnej od pogody. Gospodarstwa domowe i firmy muszą być połączone z systemem elektroenergetycznym.



Zanieczyszczenie powietrza w Polsce przyczynia się corocznie do 46 tys. przedwczesnych zgonów.³



Głównym odbiorcą wodoru jest produkcja amoniaków i nawozów. Wzrost ceny gazu ziemnego i kosztów emisji CO₂ przełożył się na wyższą cenę nawozów niezbędnych dla rolnictwa.



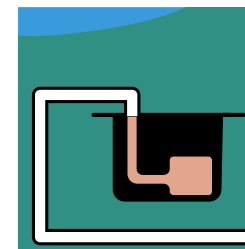
Liczba wycieków ropy systematycznie spada (o 95% w stosunku do lat 70. XX wieku), ale nadal wynosi średnio 26 000 ton rocznie od 2020 roku.¹⁰



Przemysł górniczy to znaczne obciążenie dla środowiska, nie tylko w miejscu kopalni, ale także poprzez znaczne zasolenie rzek.



Polska dysponuje wysokim potencjałem do budowy podziemnych magazynów surowców energetycznych (wodór, gaz ziemny, ropa naftowa) w kavernach solnych. Obecnie surowce gromadzone są w naziemnych zbiornikach. Ryzykiem są zanieczyszczenia, które mogą spowodować straty humanitarne i ekologiczne.¹⁴



Źródła:

1. Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040
2. Ember Research - <https://ember-climate.org/data/data-tools/european-renewables-target-tracker/>
3. Strategia rozwoju Wielkopolski wodorowej do 2030 z perspektywą do 2040
4. Sprawozdanie z działalności prezesa Urzędu Regulacji Energetyki za 2022 r.
5. Raport: Działania indywidualne i informowanie o ryzyku w związku zanieczyszczeniem powietrza – zalecenia przygotowane przez grupę ekspertów Światowej Organizacji Zdrowia z krajowymi rekomendacjami dla Polski
6. Urząd Transportu Kolejowego <https://utk.gov.pl/pl/aktualnosci/19158,Linie-kolejowe-w-Polsce-podstawowe-parametry.html>
7. Freedomhouse.org <https://freedomhouse.org/countries/freedom-world/scores>
8. Forum Energii, raport "Transformacja energetyczna w Polsce. Edycja 2023".

9. Główny Urząd Statystyczny, raport „Ochrona środowiska 2023”

10. International Tanker Owners Pollution Federation raport „Oil Tanker Spill Statistics 2022”

11. Międzynarodowa Agencja Energetyczna <https://www.iea.org/energy-system/transport/international-shipping>

12. Urząd transportu Kolejowego

<https://dane.utk.gov.pl/sts/eko-kolej/emisja-dwutlenku-wegla-co2/21000,Emisja-dwutlenku-wegla-CO2.html>

13. <https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation>

14. Grzegorz CZAPOWSKI Lokalizacja kavern magazynowych w utworach solnych w Polsce – stare i nowe opcje, *Przegląd Solny / Salt Review*, 2021/2022, 16: 5–19

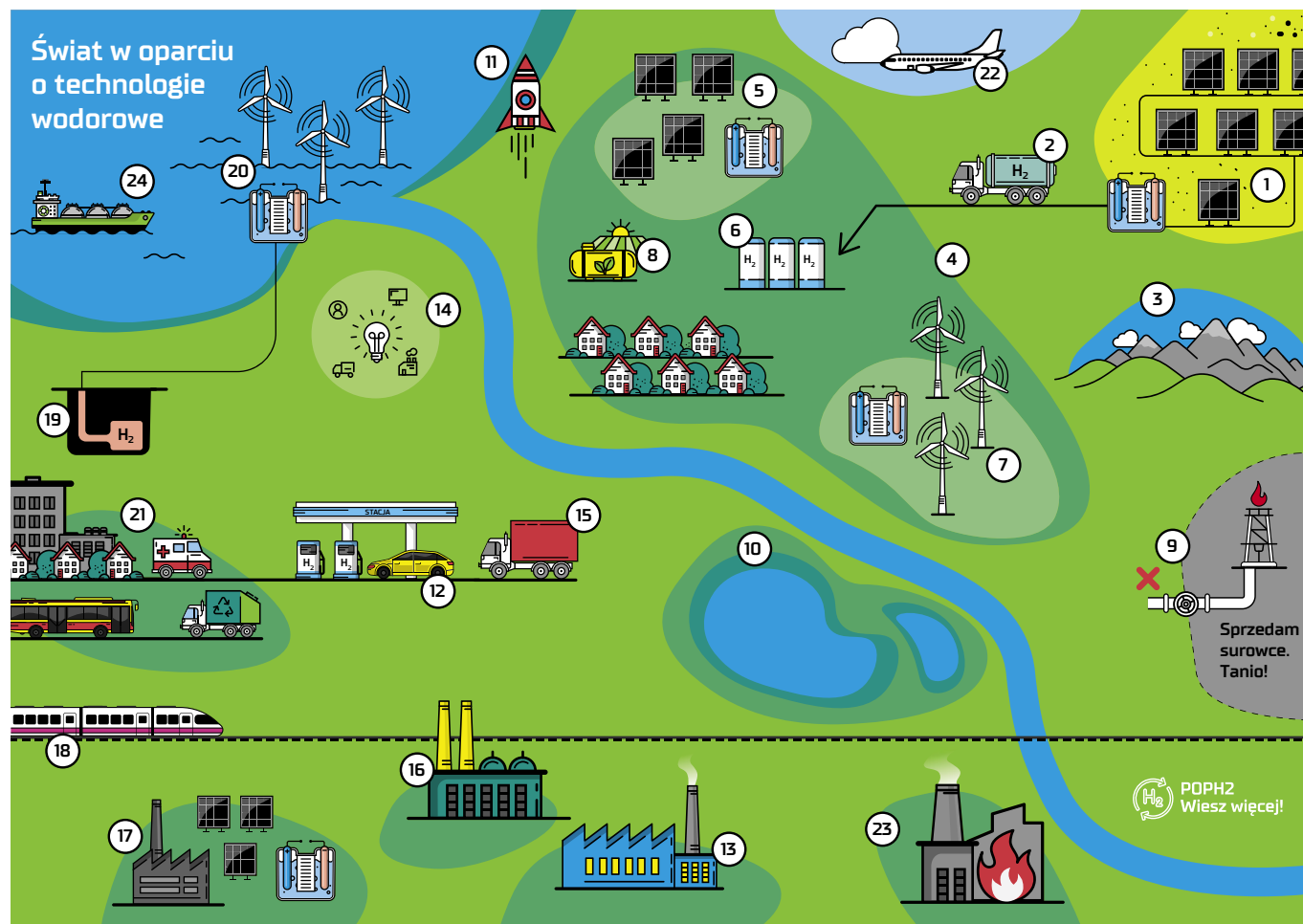
15. Andrzej Harat, Arnošt Grmela, Wpływ wód kopalnianych górnośląskiego zagłębia węglowego na zmiany jakości wody w rzece Olza w latach 2000–2007

MAPA: ŚWIAT TECHNOLOGII WODOROWYCH

Ściągnij mapę ze strony „POPH2. Wiesz więcej”. Wydrukuj lub zapisz w formacie do wyświetlenia podczas zajęć.

POMYSŁ!

Wydrukuj mapę w formacie A3 i umieść ją np. w gablocie szkolnej w celach edukacyjnych.

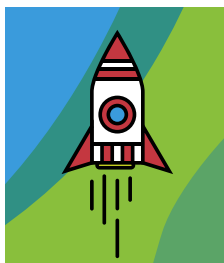


KARTA PRACY // Świat technologii wodorowych

ZADANIE 2

Znajdź poszczególne elementy na mapie „Świat technologii wodorowych” i dopasuj do nich poniższe informacje, wpisując liczby od 1 do 24. Zwróć uwagę, jak wiele gałęzi gospodarki zmieni się po wprowadzeniu gospodarki wodorowej. **Odpowiedz na pytanie: Jak rozwój wodoru wpłynie na środowisko, technologie, gospodarkę i geopolitykę?**

Przemysł kosmiczny



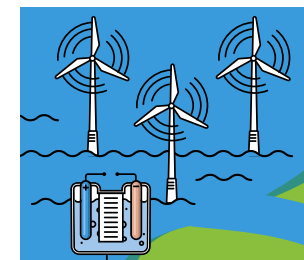
Bezemisyjny transport
Kolej wodorowa



Bezemisyjny transport
Wodorowe ciężarówki



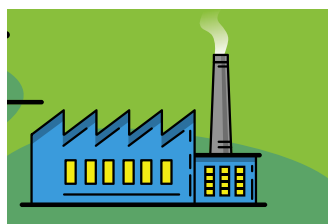
Produkcja wodoru
Morskie elektrownie wiatrowe



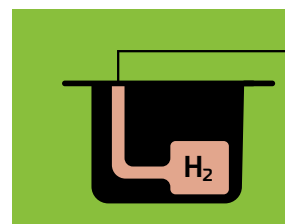
Innowacje



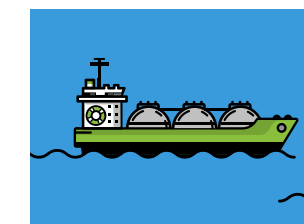
Wykorzystanie w przemyśle
Wodór w nawozach



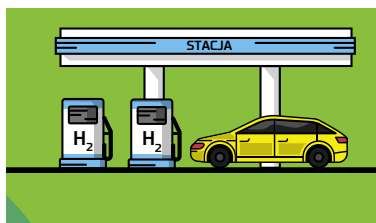
Bezpieczeństwo energetyczne
Podziemne magazyny wodoru



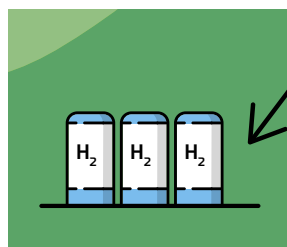
Transport wodoru
Transport morski



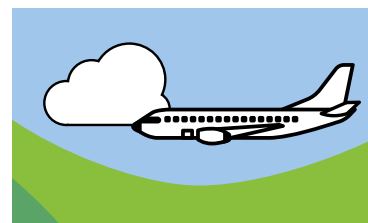
Bezemisyjny transport
Samochód elektryczny / wodorowy



Bezpieczeństwo energetyczne
Bilansowanie sieci



Bezemisyjny transport
Samoloty wodorowe



Produkcja wodoru
Wodór z odpadów

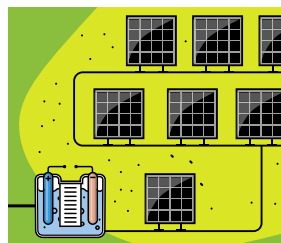


KARTA PRACY // Świat technologii wodorowych

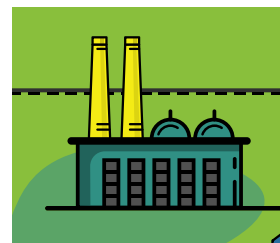
Wodór dla środowiska
Oszczędność wody



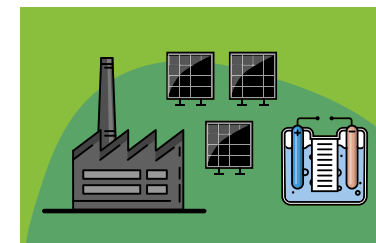
Produkcja wodoru
Nieużytki rolne / pustynie



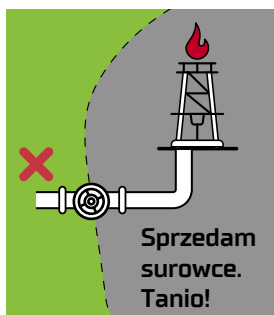
Wykorzystanie w przemyśle
Wodór do produkcji stali



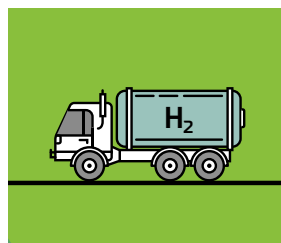
Bezpieczeństwo energetyczne
Energetyka rozproszona



Bezpieczeństwo energetyczne
Geopolityka



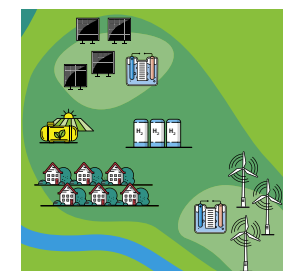
Transport wodoru
Trailery / cysterny



Bezemisynyjny transport
Czysty transport miejski



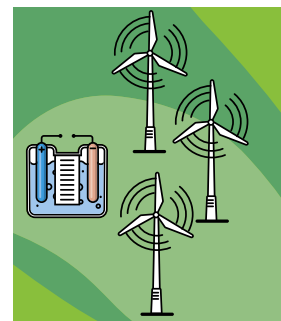
Bezpieczeństwo energetyczne
Niezależność energetyczna



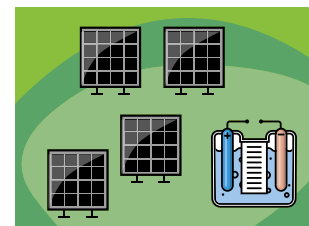
Wodór dla środowiska
Mniej zanieczyszczonego powietrza



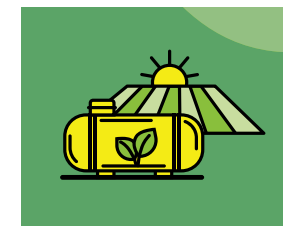
Produkcja wodoru
Elektrownie wiatrowe



Produkcja wodoru
Farmy fotowoltaiczne



Produkcja wodoru
Wodór z biomasy



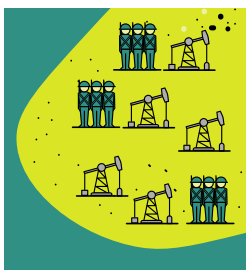
NAUCZYCIEL

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

ZADANIE 1 – ODPOWIEDZI

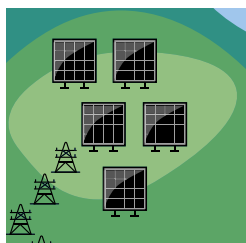
1

Złoża surowców energetycznych nie występują powszechnie na całym świecie, przez co stają się często źródłami konfliktów międzynarodowych. Z dwunastu krajów eksportujących ropę naftową (OPEC), jedynie dwa państwa zakwalifikowały się do kategorii „częściowych swobód obywatelskich”, pozostałe dziesięć państw znalazło się w kategorii „brak swobód”⁷. Wraz z postępem technologicznym zwiększy się popyt na surowce krytyczne dla przemysłu i technologii.



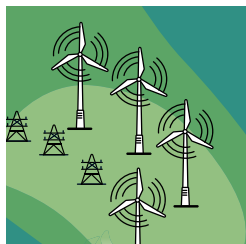
2

W 2022 roku Polska dodała do sektora energetycznego około 5 GW mocy z OZE. Według danych Urzędu Regulacji Energetyki, instalacje OZE o mocy 53 GW uzyskały odmowę przyłączenia do sieci elektroenergetycznych.⁴



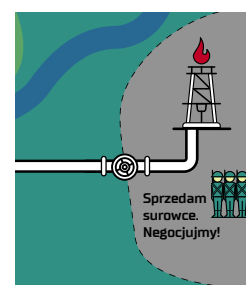
3

Udział bezemisyjnej energii z OZE w miksie energetycznym Polski (ogólnej produkcji energii) wynosi 21%. Z kolei udział bezemisyjnej energii w UE (OZE+atom) wynosi 61%.²



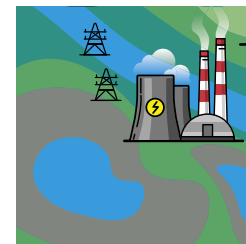
7

W 2022 roku Polska wydała 193 miliardy zł na zakup surowców energetycznych⁹. Suma wydatków budżetowych to 460 mld zł.



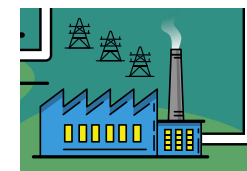
9

W 2021 roku zużyto w Województwie Wielkopolskim łącznie 1 235 hm³ wody, z czego przemysł energetyczny w Koninie odpowiadał za 75% konsumpcji tego cennego surowca.³



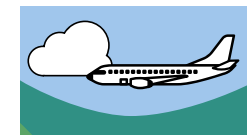
16

Polska zużywa 1,3 mln ton wodoru rocznie. Produkcja wodoru w Polsce bazuje niemal całkowicie na gazie ziemnym. W efekcie powstaje tzw. szary wodor.



16

W 2022 roku sektor lotniczy generuje 2% globalnych emisji gazów cieplarnianych.



14

W 2021 roku 37,1% (7170 km) linii kolejowych w Polsce było niezelektryfikowanych. Poruszały się po nich przede wszystkim pociągi spalinowe.⁵



Źródła:

1. Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040
2. Ember Research – <https://ember-climate.org/data/data-tools/european-renewables-target-tracker/>
3. Strategia rozwoju Wielkopolski wodorowej do 2030 z perspektywą do 2040
4. Sprawozdanie z działalności prezesa Urzędu Regulacji Energetyki za 2022 r.
5. Raport: Działania indywidualne i informowanie o ryzyku w związku zanieczyszczeniem powietrza – zalecenia przygotowane przez grupę ekspertów Światowej Organizacji Zdrowia z krajowymi rekomendacjami dla Polski
6. Urząd Transportu Kolejowego <https://utk.gov.pl/pl/aktualnosci/19158,Linie-kolejowe-w-Polsce-podstawowe-parametry.html>
7. Freedomhouse.org <https://freedomhouse.org/countries/freedom-world/scores>
8. Forum Energii, raport "Transformacja energetyczna w Polsce. Edycja 2023".

9. Główny Urząd Statystyczny, raport „Ochrona środowiska 2023”

10. International Tanker Owners Pollution Federation raport „Oil Tanker Spill Statistics 2022”

11. Międzynarodowa Agencja Energetyczna <https://www.iea.org/energy-system/transport/international-shipping>

12. Urząd transportu Kolejowego

<https://dane.utk.gov.pl/sts/eko-kolej/emisja-dwutlenku-wegla-co2/21000,Emisja-dwutlenku-wegla-CO2.html>

13. <https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation>

14. Grzegorz CZAPOWSKI Lokalizacja kawern magazynowych w utworach solnych w Polsce – stare i nowe opcje, Przegląd Solny / Salt Review, 2021/2022, 16: 5–19

15. Andrzej Harat, Arnošt Grmela, Wpływ wód kopalnianych górnośląskiego zagłębia węglowego na zmiany jakości wody w rzece Olza w latach 2000–2007

ZADANIE 1 – ODPOWIEDZI

8

Transport drogowy w Polsce odpowiada za 20% emisji CO₂.¹²



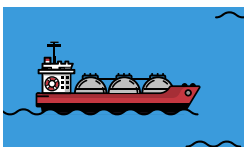
17

W Polsce w 2022 roku wytworzono 13 420 tys. ton odpadów komunalnych, z czego tylko 61% odpadów przeznaczono do odzysku (27% recykling; 20% termiczne odzyskanie energii; 14% do kompostowania lub fermentacji).⁹



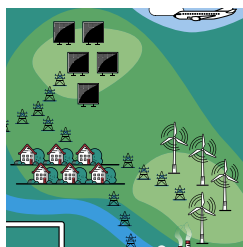
12

Transport morski odpowiadał w 2022 roku za 2% globalnych emisji CO₂.



4

Ryzyko niestabilności dostaw energii z OZE, czyli technologii zależnej od pogody. Gospodarstwa domowe i firmy muszą być połączone z systemem elektroenergetycznym.



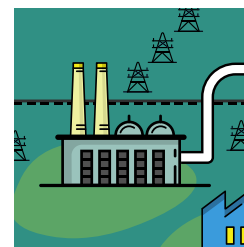
13

Zanieczyszczenie powietrza w Polsce przyczynia się corocznie do 46 tys. przedwczesnych zgonów.³



11

Głównym odbiorcą wodoru jest produkcja amoniaków i nawozów. Wzrost ceny gazu ziemnego i kosztów emisji CO₂ przełożył się na wyższą cenę nawozów niezbędnych dla rolnictwa.



10

Liczba wycieków ropy systematycznie spada (o 95% w stosunku do lat 70. XX wieku), ale nadal wynosi średnio 26 000 ton rocznie od 2020 roku.¹⁰



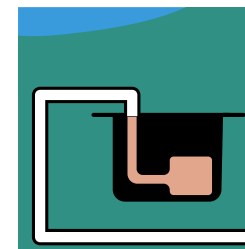
5

Przemysł górniczy to znaczne obciążenie dla środowiska, nie tylko w miejscu kopalni, ale także poprzez znaczne zasolenie rzek.¹⁵



15

Polska dysponuje wysokim potencjałem do budowy podziemnych magazynów surowców energetycznych (wodor, gaz ziemny, ropa naftowa) w kavernach solnych. Obecnie surowce gromadzone są w naziemnych zbiornikach. Ryzykiem są zanieczyszczenia, które mogą spowodować straty humanitarne i ekologiczne.¹⁴



Źródła:

1. Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040
2. Ember Research - <https://ember-climate.org/data/data-tools/european-renewables-target-tracker/>
3. Strategia rozwoju Wielkopolski wodorowej do 2030 z perspektywą do 2040
4. Sprawozdanie z działalności prezesa Urzędu Regulacji Energetyki za 2022 r.
5. Raport: Działania indywidualne i informowanie o ryzyku w związku zanieczyszczeniem powietrza – zalecenia przygotowane przez grupę ekspertów Światowej Organizacji Zdrowia z krajowymi rekomendacjami dla Polski
6. Urząd Transportu Kolejowego <https://utk.gov.pl/pl/aktualnosci/19158,Linie-kolejowe-w-Polsce-podstawowe-parametry.html>
7. Freedomhouse.org <https://freedomhouse.org/countries/freedom-world/scores>
8. Forum Energii, raport "Transformacja energetyczna w Polsce. Edycja 2023".

9. Główny Urząd Statystyczny, raport „Ochrona środowiska 2023”

10. International Tanker Owners Pollution Federation raport „Oil Tanker Spill Statistics 2022”

11. Międzynarodowa Agencja Energetyczna <https://www.iea.org/energy-system/transport/international-shipping>

12. Urząd transportu Kolejowego <https://dane.utk.gov.pl/sts/eko-kolej/emisja-dwutlenku-wegla-co2/21000,Emisja-dwutlenku-wegla-CO2.html>

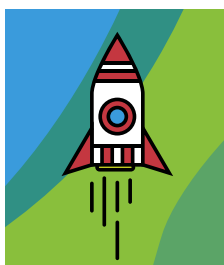
13. <https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation>

14. Grzegorz CZAPOWSKI Lokalizacja kavern magazynowych w utworach solnych w Polsce – stare i nowe opcje, *Przegląd Solny / Salt Review*, 2021/2022, 16: 5–19

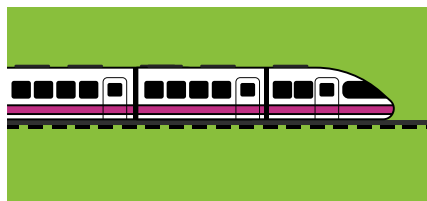
15. Andrzej Harat, Arnošt Grmela, Wpływ wód kopalnianych górnośląskiego zagłębia węglowego na zmiany jakości wody w rzece Olza w latach 2000–2007

ZADANIE 2 – ODPOWIEDZI

11 Przemysł kosmiczny



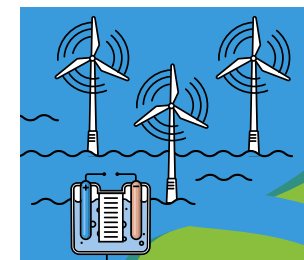
18 Bezemisyjny transport
Kolej wodorowa



15 Bezemisyjny transport
Wodorowe ciężarówki



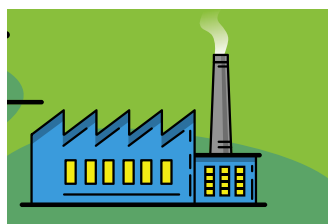
21 Produkcja wodoru
Morskie elektrownie wiatrowe



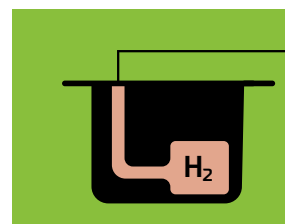
14 Innowacje



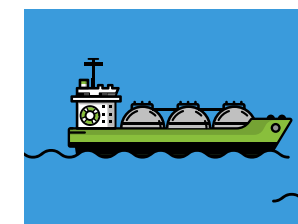
13 Wykorzystanie w przemyśle
Wodór w nawozach



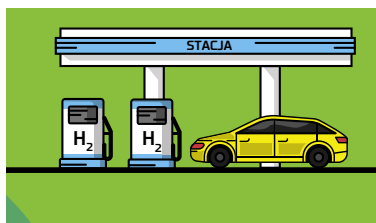
19 Bezpieczeństwo energetyczne
Podziemne magazyny wodoru



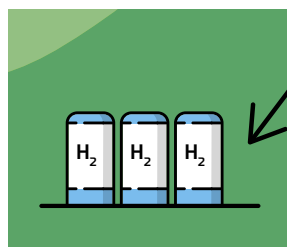
24 Transport wodoru
Transport morski



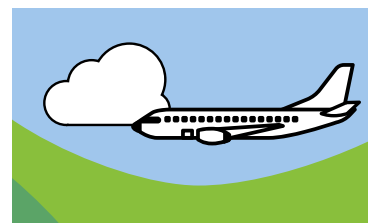
12 Bezemisyjny transport
Samochód elektryczny / wodorowy



6 Bezpieczeństwo energetyczne
Bilansowanie sieci



22 Bezemisyjny transport
Samoloty wodorowe



23 Produkcja wodoru
Wodór z odpadów



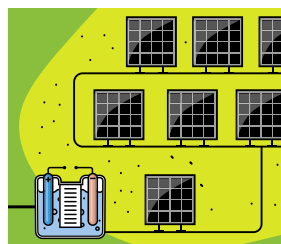
KARTA PRACY // Świat technologii wodorowych

ZADANIE 2 – ODPOWIEDZI

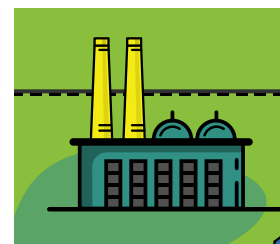
10 Wodór dla środowiska
Oszczędność wody



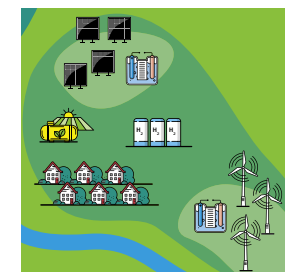
1 Produkcja wodoru
Nieużytki rolne / pustynie



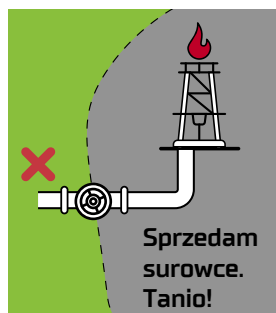
16 Wykorzystanie w przemyśle
Wodór do produkcji stali



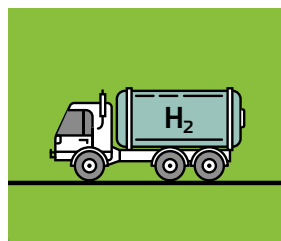
4 Bezpieczeństwo energetyczne
Energetyka rozproszona



9 Bezpieczeństwo energetyczne
Geopolityka



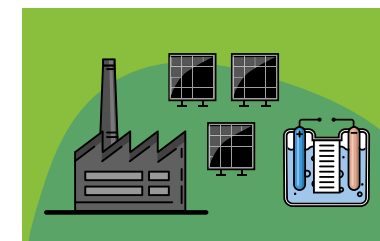
2 Transport wodoru
Trailery / cysterny



21 Bezemisyjny transport
Czysty transport miejski



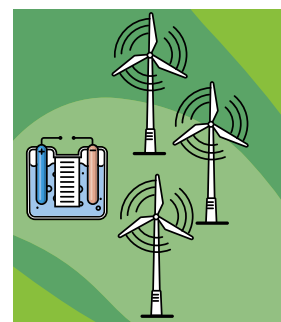
17 Bezpieczeństwo energetyczne
Niezależność energetyczna



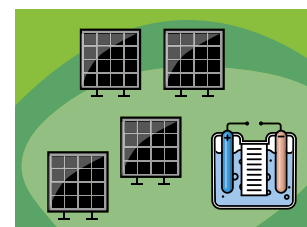
3 Wodór dla środowiska
Mniej zanieczyszczonego powietrza



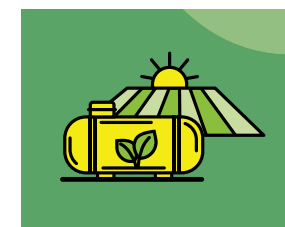
7 Produkcja wodoru
Elektrownie wiatrowe



5 Produkcja wodoru
Farmy fotowoltaiczne



8 Produkcja wodoru
Wodór z biomasy



KARTA WIEDZY //

Rola wodoru w zielonej transformacji energetycznej

Koncepcja gospodarki wodorowej zakłada ograniczenie stosowania konwencjonalnych nośników energii (np. ropa naftowa, węgiel, gaz ziemny) na rzecz bardziej zrównoważonych rozwiązań, do których zaliczany jest wodór. To najczęściej występujący pierwiastek we Wszechświecie, chociażby w postaci wody, która pokrywa 2/3 Ziemi. Sam wodór nie jest pierwotnym źródłem energii. Może być pozyskiwany w ramach różnych procesów chemicznych, w tym w sposób bezemisyjny w procesie elektrolizy wody.

Powszechnie realizowana transformacja energetyczna zakłada wdrożenie tanich, łatwo dostępnych i bezemisyjnych nośników energii – wszystkie te kryteria spełnia wodór. Wielu naukowców i inżynierów widzi szansę na wykorzystanie prostej reakcji łączenia wodoru z tlenem, w wyniku której powstanie energia oraz woda. W procesie tym nie występują żadne inne substancje, co czyni technologię wodorową odpowiedzią na wyzwania klimatyczne i środowiskowe.

Obecnie obserwowany jest dynamiczny rozwój gospodarki wodorowej. Rośnie liczba nowych inwestycji w sektorze energetyki i efektywności energetycznej, w których wodór odgrywa kluczową rolę. Już dziś wiele krajów jest w stanie produkować wodór na dużą skalę w sposób przyjazny dla środowiska, rozwijać sieć dystrybucji i magazynowania wodoru, a także adaptować wodór do istniejących gałęzi gospodarki. Wodór odegra szczególną rolę w dekarbonizacji sektora transportu, energetyki i przemysłu ciężkiego.

Wodór w transformacji energetycznej pozwoli uniezależnić gospodarkę krajów od importu paliw, poprawi bezpieczeństwo energetyczne, a jednocześnie ograniczy wpływ czynników geopolitycznych na lokalną energetykę.

KARTA WIEDZY //

Cykl życia wodoru – od produkcji po konsumpcję

Gospodarka wodorowa to cały łańcuch wartości, uwzględniający wytwarzanie, magazynowanie, transportowanie oraz zużycie wodoru. Wdrażając nowe rozwiązania, musimy mieć zaplanowany cały cykl życia produktu, by zidentyfikować potrzeby i możliwości rynku, a także zminimalizować zagrożenia. Najważniejsze elementy cyklu życia wodoru to:

1.**ELEKTROLIZA
WODY**

Proces, w którym woda jest rozkładana na wodór i tlen za pomocą energii elektrycznej. Wytwarzany wodór może być wykorzystywany jako nośnik energii.

2.**MAGAZYNOWANIE
WODORU**

Wodór może być przechowywany pod wysokim ciśnieniem w zbiornikach lub w formie związków chemicznych, takich jak amoniak lub metanol.

3.**TRANSPORT**

Wodór musi być przetransportowany do miejsc jego konsumpcji, co może wymagać odpowiedniej infrastruktury, takiej jak rurociągi lub cysterny.

4.**OGNIWA
PALIWOWE**

Wodór jest wykorzystywany jako paliwo w ogniwach paliwowych do produkcji energii elektrycznej poprzez reakcję chemiczną z tlenem z powietrza. Ten proces generuje energię elektryczną, a jedynym efektem ubocznym jest ciepło i woda.

5.**UŻYCIE WODORU**

Wodór może być wykorzystywany jako paliwo w pojazdach zasilanych ogniwami paliwowymi lub w innych instalacjach, które wymagają dostępu do bezemisyjnej energii. Wodór może być wykorzystywany do produkcji tzw. bezemisyjnych paliw alternatywnych (e-paliw).

6.**ZUŻYCIE
WODORU**

Wodór (H_2) po zużyciu wraca do środowiska w postaci wody (H_2O). W ten sposób otwiera się jego nowy cykl życia w ekosystemie.

KARTA WIEDZY //

Wodór dla klimatu i zrównoważonego rozwoju

Wodór jest najpowszechniejszym pierwiastkiem we Wszechświecie – stanowi 75% masy materii.

Do produkcji wodoru wykorzystujemy wodę. Woda pokrywa 2/3 powierzchni Ziemi.

Zastosowanie wodoru zapewnia bezemisyjną energię, a produktem ubocznym jest jedynie woda.

Wodór produkowany w procesie elektrolizy jest neutralny dla środowiska.



Technologia wodorowa napędza rozwój OZE.

Wodór stabilizuje OZE zależne od pogody.

Możliwość produkcji wodoru na trudnych do wykorzystania obszarach takich jak pustynie czy nieużytki rolne.

Poprawa warunków środowiska naturalnego poprzez zmniejszenie emisyjności gospodarki.

KARTA WIEDZY //

Wodór dla technologii

Wodór to całkowicie bezemisyjne rozwiązanie technologiczne.

Stymulowanie innowacji w wielu obszarach np. przemyśle, transporcie, sektorze kosmicznym.

Otwarcie na światowe trendy i szansa dla startupów.

Kilkanaście metod produkcji, wykorzystujących m.in. odpady.



Współpraca nauki i przemysłu.

Adaptacja wodoru do istniejących gałęzi oraz tworzenie nowych gałęzi gospodarki.

Wodór ma 3 razy większą gęstość energii niż benzyna i 100 razy większą gęstość niż baterie.

Zastąpienie tradycyjnych paliw stosowanych w samochodach, pociągach, statkach, samolotach i innych.

KARTA WIEDZY //

Wodór dla gospodarki

Światowy trend – rynek wodorowy rozwija się w skali globalnej.

Innowacje, nowe produkty i usługi związane z gospodarką wodorową.

Oszczędności poprzez poprawę efektywności energetycznej.

Nowe miejsca pracy.



Redukcja kosztów emisji CO_2 .

Niezależność surowcowa i brak kosztów importu surowców energetycznych.

Pozyskiwanie środków krajowych i europejskich na rozwój gospodarki wodorowej.

Łączenie sektorów: energetycznego, gazowniczego, elektrycznego, ciepłowniczego (sector coupling).

KARTA WIEDZY //

Wodór a geopolityka

Uniezależnienie się od paliw kopalnych importowanych z innych krajów.

Wypełnienie umów międzynarodowych i porozumień klimatycznych.

Lokalna produkcja komponentów i niezależność energetyczna.

Realizacja strategii UE w postaci Europejskiego Zielonego Ładu.



Poprawa bezpieczeństwa energetycznego.

Brak presji podażowej na kraje posiadające złoża surowców.

Możliwość magazynowania dużych wolumenów energii na długi okres, zapewniając bezpieczeństwo.

Uniezależnienie od światowych wahań na rynku energii.

KARTA WIEDZY //

Dlaczego wodór zyskuje na znaczeniu?

Technologie OZE zapewniają tanią energię elektryczną.

Wzrost kosztów emisji dwutlenku węgla [CO₂], co przekłada się na wyższe ceny energii elektrycznej.

Konieczność zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego.

Postępująca transformacja energetyczna i rozwój gospodarki niskoemisyjnej.



Ograniczenie rozwoju OZE na skutek niedoinwestowanej infrastruktury sieciowej.

Możliwość pozyskiwania wodoru z odpadów, co zapewnia rozwój gospodarki obiegu zamkniętego [GOZ].

Występowanie nadwyżek energii elektrycznej z OZE.

Wodór to bezemisyjny nośnik energii zgodny z celami zrównoważonego rozwoju.

KARTA WIEDZY //

Wodór sprzyja energetyce rozproszonej

Model energetyki obejmujący technologie wodorowe zmienia podejście do rynku energii. Obecny system bazuje na dużych, centralnych jednostkach wytwórczych. OZE i wodór to rozproszona sieć wytwórcza.

1. MAGAZYNOWANIE ENERGII

Wodór może być wykorzystany do magazynowania nadmiaru energii wytworzonej w instalacjach OZE, który może być wykorzystywany w okresach zwiększonego popytu na energię elektryczną.

2. REDUKCJA EMISJI

Wodór może zastępować tradycyjne paliwa kopalne w sektorach takich jak transport, ciepłownictwo i przemysł. To prowadzi do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza.

3. LOKALNA PRODUKCJA ENERGII

Generatory wodorowe mogą być budowane w pobliżu lokalnych odbiorców energii, co zmniejsza konieczność transportu wodoru za pomocą rurociągów. To może poprawić efektywność i elastyczność systemu energetycznego, eliminując straty związane z transportem energii.

4. WSPARCIE DLA MIKROSIECI

Wodór może być wykorzystywany w mikrosieciach, czyli autonomicznych systemach energetycznych (systemy wyspowe), które mogą być odłączone od krajowego systemu elektroenergetycznego.

5. ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

Wykorzystanie wodoru w energetyce rozproszonej może przyczynić się do zrównoważonego rozwoju nie tylko dużych aglomeracji miejskich, ale także obszarów, gdzie infrastruktura energetyczna nie jest wystarczająca rozwinięta.

KARTA WIEDZY //

Wpływ wodoru na życie codzienne

Wpływ upowszechniania się wodoru w energetyce i gospodarce można ocenić na dwa sposoby. Już teraz można zauważyć widoczne zmiany w infrastrukturze i opracowywanych technologiach, ale czynniki środowiskowe i społeczno-gospodarcze oraz ograniczenie importu ropy naftowej i emisji CO₂, mogą stać się widoczne dopiero z upływem czasu. Ostateczną wizją jest stworzenie zrównoważonego społeczeństwa napędzanego ekologicznym, odnawialnym wodorem. Wpływ tego rozwiązania na życie codzienne mógłby obejmować:

1. Upowszechnienie użytkowania bezemisyjnych pojazdów, w tym na wodór.
2. Niezawodny dostęp energii dla gospodarstw domowych i przemysłu. Zgromadzony wodór będzie można wykorzystywać w okresach szczytowego zapotrzebowania na energię elektryczną.
3. Zmianę sposobu ładowania samochodów elektrycznych oraz rozwój łączności mobilnej w świecie.
4. Wypełnienie luki pomiędzy paliwami kopalnymi a OZE.
5. Upowszechnienie energetyki rozproszonej w formie np. społeczności energetycznych (klastry i spółdzielnie energetyczne), a także energetyki prosumenckiej.

KARTA WIEDZY //

Bezemisyny transport

Wprowadzenie infrastruktury wodorowej takiej jak stacje tankowania wodoru, umożliwi rozwój i popularyzację pojazdów napędzanych wodorem, wspierając tym samym globalne wysiłki na rzecz redukcji emisji gazów cieplarnianych w sektorze transportu. Oto przykłady wykorzystania wodoru w różnego rodzaju pojazdach:

1. SAMOCHODY WODOROWE

Samochody zasilane wodorem wykorzystują ogniwa paliwowe (ang. *fuel cell*) do przekształcania wodoru i tlenu w energię elektryczną, napędzającą pojazd. Jedynym produktem ubocznym jest woda, co oznacza, że samochody wodorowe emitują jedynie parę wodną, a nie szkodliwe substancje. Dzięki temu samochody wodorowe mogą znacznie zmniejszyć negatywny wpływ transportu drogowego na jakość powietrza i środowisko.

2. AUTOBUSY WODOROWE

Wodór może być również wykorzystywany do zasilania autobusów, co pozwala na długie zasięgi i szybkie tankowanie, co jest kluczowe dla transportu publicznego. Autobusy wodorowe są cichsze i generują mniej hałasu w porównaniu z tradycyjnymi autobusami spalinowymi, co przyczynia się do poprawy jakości życia w miejskich obszarach.

3. POCIĄGI WODOROWE

Wodór może być również stosowany w transporcie kolejowym. Pociągi i tramwaje zasilane wodorem mogą być alternatywą dla tradycyjnych pociągów spalinowych, pomagając w ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych i poprawie czystości powietrza w obszarach miejskich i podmiejskich.

4. STATKI I PROMY WODOROWE

Wodór może być wykorzystywany jako źródło energii również w transporcie morskim. Wodór może zastąpić tradycyjne paliwa stosowane w statkach i promach, co prowadzi do znacznej redukcji emisji zanieczyszczeń wodnych i powietrznych oraz zmniejszenia wpływu transportu morskiego na środowisko naturalne.

5. LOTNICTWO

W lotnictwie wodór może być używany jako paliwo do napędu samolotów, oferując możliwość znacznego obniżenia emisji CO₂.

KARTA WIEDZY //

Czyste powietrze

Wodór może przyczynić się do poprawy jakości powietrza na kilka sposobów:

1. SAMOCHODY WODOROWE

Pojazdy zasilane wodorem emitują jedynie nieszkodliwą parę wodną, eliminując emisję szkodliwych substancji, takich jak dwutlenek azotu (NO_x) czy cząstki stałe, które są typowe dla pojazdów spalinowych. Przejście na samochody wodorowe mogłoby zatem znacznie zmniejszyć zanieczyszczenie powietrza w obszarach miejskich, przyczyniając się do poprawy jakości życia mieszkańców.

2. ELEKTROWNIE WODOROWE

Wdrażanie tego rodzaju elektrowni mogłoby zastąpić tradycyjne elektrownie oparte na paliwach kopalnych, przyczyniając się do redukcji zanieczyszczenia powietrza w skali regionalnej i globalnej.

3. OGRZEWANIE I CHŁODZENIE

Wodór może być również wykorzystywany do zasilania urządzeń grzewczych i chłodzących, które są często odpowiedzialne za emisję zanieczyszczeń atmosferycznych, szczególnie w sezonie grzewczym. Zastąpienie tradycyjnych źródeł ciepła wodorowymi rozwiązaniami mogłoby zmniejszyć emisję szkodliwych substancji do powietrza.

4. PRZEMYSŁ

Wodór może być używany jako surowiec, zastępując niektóre procesy przemysłowe, które mogą przyczyniać się do emisji zanieczyszczeń do powietrza. Wdrożenie technologii opartych na wodorze w przemyśle może pomóc w zmniejszeniu zanieczyszczenia powietrza w obszarach przemysłowych.

5. PRODUKCJA ENERGII ODNAWIALNEJ

Wodór może być wykorzystywany do magazynowania nadmiaru energii wytworzonej w instalacjach OZE, co pozwala na bardziej stabilne i elastyczne zarządzanie systemem energetycznym i ograniczenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery.

ŹRÓDŁA DANYCH

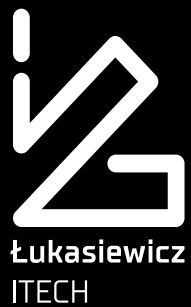
1. Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040, Ministerstwo Klimatu i Środowiska, <https://www.gov.pl/web/klimat/polska-strategia-wodorowa-do-roku-2030>
2. EU Power Sector 2030 Targets Tracker, Ember Research, <https://ember-climate.org/data/data-tools/european-renewables-target-tracker/>
3. Strategia rozwoju Wielkopolski wodorowej do 2030 z perspektywą do 2040, Zarząd Województwa Wielkopolskiego, <http://iw.org.pl/strategiawodorowa/>
4. Sprawozdanie z działalności prezesa Urzędu Regulacji Energetyki za 2022 r., Urząd Regulacji Energetyki, <https://www.ure.gov.pl/pl/urząd/informacje-ogólne/edukacja-i-komunikacja/publikacje/sprawozdania-z-działaln/2916,Sprawozdania-z-działalności-Prezesa-URE.html>
5. Działania indywidualne i informowanie o ryzyku w związku zanieczyszczeniem powietrza
– zalecenia przygotowane przez grupę ekspertów Światowej Organizacji Zdrowia z krajowymi rekomendacjami dla Polski
<https://www.duw.pl/download/3/45502/Działaniaindiiinforyzkuwzwiązkuzanieczyszczeniempowietrza1.pdf>
6. Linie kolejowe w Polsce – podstawowe parametry, Urząd Transportu Kolejowego
<https://utk.gov.pl/pl/aktualności/19158,Linie-kolejowe-w-Polsce-podstawowe-parametry.html>
7. Freedomhouse.org
<https://freedomhouse.org/countries/freedom-world/scores>
8. Transformacja energetyczna w Polsce. Edycja 2023, Forum Energii
<https://www.forum-energii.eu/transformacja-energetyczna-w-polsce-edycja-2023>
9. Ochrona środowiska 2023, Główny Urząd Statystyczny
<https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/srodowisko/ochrona-srodowiska-2023,1,24.html>
10. Oil Tanker Spill Statistics 2022, International Tanker Owners Pollution Federation,
<https://www.itopf.org/news-events/news/tanker-spill-statistics-2022/>
11. International Shipping, Międzynarodowa Agencja Energetyczna,
<https://www.iea.org/energy-system/transport/international-shipping>
12. Emisja dwutlenku węgla, Urząd Transportu Kolejowego
<https://dane.utk.gov.pl/sts/eko-kolej/emisja-dwutlenku-wegla-co2/21000,Emisja-dwutlenku-wegla-CO2.html>
13. Aviation, Międzynarodowa Agencja Energetyczna
<https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation>

MATERIAŁY UZUPEŁNIAJĄCE

1. Szkoła Wodorowa, Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego, ISBN 978-83-60782-31-6
<https://mh.energy/szkola-wodorowa>
 2. Gospodarka wodorowa w Polsce, Polski Instytut Ekonomiczny, 5/2020, ISBN 978-83-66698-04-8
https://pie.net.pl/wp-content/uploads/2024/01/PP-5-2023_wodor.pdf
 3. Polska Strategia Wodorowa do roku 2030, Ministerstwo Klimatu i Środowiska
<https://www.gov.pl/web/klimat/polska-strategia-wodorowa-do-roku-2030>
-

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-technologiech-wodorowych-w-8-raportach/>
 3. H₂: 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
