

Scenariusz zajęć lekcyjnych nr 2

TEMAT LEKCJI:

Gospodarka wodorowa

POZIOM EDUKACYJNY: Zaawansowany

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 20 MINUT



1. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy 4–5 osobowe i wręcza każdej grupie arkusz z zadaniami do rozwiązania.
2. Nauczyciel wspiera uczniów w rozwiązywaniu zadań.

CZĘŚĆ 2

OKOŁO 10 MINUT



- Nauczyciel prowadzi dyskusję wykorzystując przykładowe pytania:
- Jak zamknięcie kopalń i elektrowni węglowych wpłynie na koszty produkcji?
 - Skąd wziąć wodę na potrzeby elektrolizy?
 - Wolumen wody zużywanej na potrzeby energetyki opartej o OZE jest większy czy mniejszy w porównaniu do energetyki konwencjonalnej?
 - Czy powinniśmy rozwijać produkcję szarego wodoru?
 - Czy Polskę stać finansowo na rozwój miks energetycznego w obecnym kształcie?

CZĘŚĆ 3

OKOŁO 15 MINUT



Nauczyciel przeprowadza krótki wykład na bazie przygotowanej prezentacji. Nauczyciel wyjaśnia skutki rozwoju gospodarki 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 potrafią powiązać emisyjność gospodarki z kosztami produktów,
- poznają źródła pozyskiwania wodoru,
- rozumieją, że transformacja energetyczna jest niezbędna,
- poznają ekonomiczne podstawy transformacji energetycznej.

MATERIAŁY:

- arkusz zadań
- prezentacja

METODY PRACY:

- praca w grupach
- dyskusja z nauczycielem
- wykład

UCZEŃ

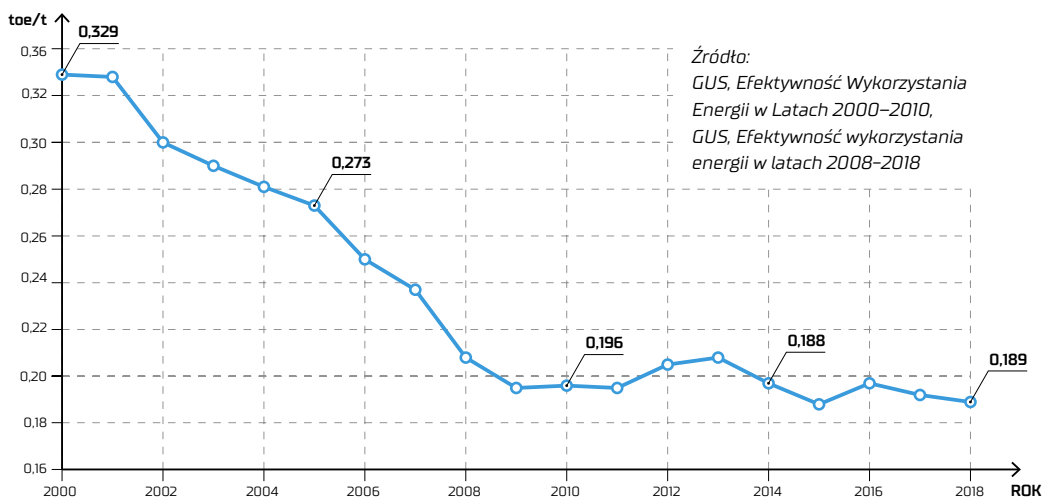
Zadania dla uczestników zajęć lekcyjnych

KARTA PRACY // Produkcja stali

ZADANIE 1

Do wyprodukowania 1 tony stali potrzebne jest ok. 1,25 tony rudy żelaza oraz 0,6 tony węgla koksowego (metalurgicznego). Tona stali w Europie kosztuje ok. 3500 zł. **Ile % więcej zarobi Portugalczyk produkując stal, przy założeniu, że koszty pracy oraz wydajność w Polsce i Portugalii są zbliżone?** Przyjmij koszt zakupu rudy żelaza na poziomie 414 zł/tonę oraz koksu 560 zł/tonę. Poniżej prezentowane są wykresy dotyczące energochłonności procesu produkcji stali oraz koszty związane z emisją CO₂, wynikające z mixu energetycznego. Do obliczeń wykorzystaj najnowsze dane.

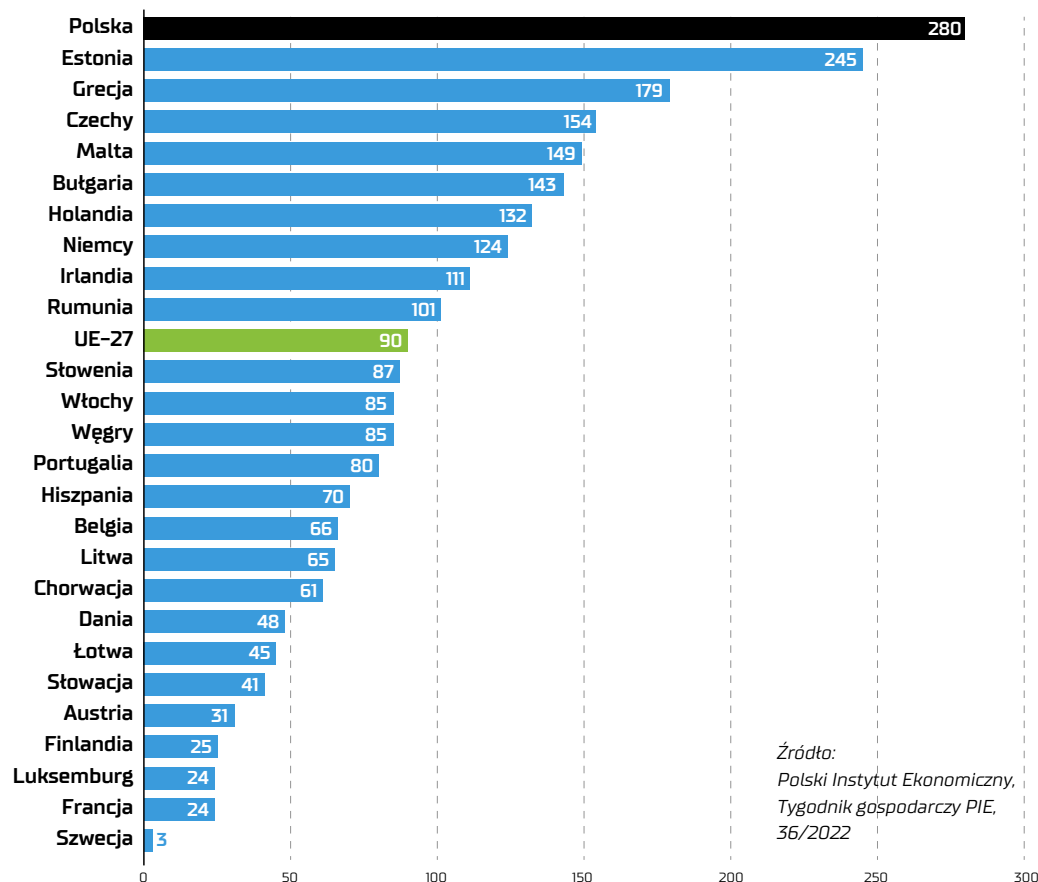
ENERGOCHŁONNOŚĆ PRODUKCJI STALI



PODPOWIEDŹ: 1 toe (tona oleju ekwiwalentnego) = 11,6 MWh

ŚREDNI KOSZT UPRAWNIENIŃ DO EMISJI CO₂

w produkcji 1 MWh w krajach UE-27 w okresie styczeń – sierpień 2022 r. (w PLN)



ZADANIE 1 – ODPOWIEDZI

KOSZT STALI:

3 500 zł

KOSZT EMISJI CO₂:

jednostkowe zużycie energii [MWh] · koszt emisji [zł/MWh]

PRZYCHÓD:

[koszt stali] – [koszt emisji] – [jednostkowy koszt surowców] · [masa surowców]

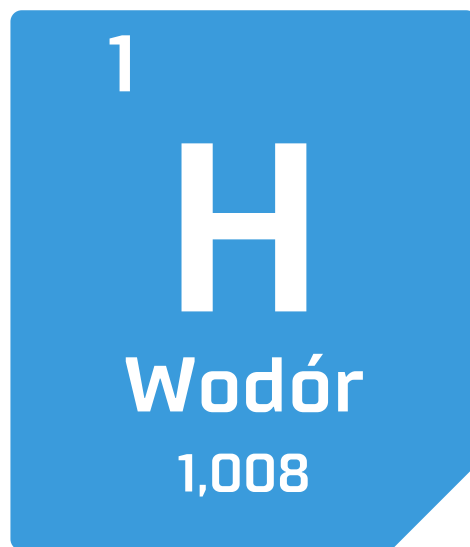
KOSZT EMISJI CO₂ W POLSCE: $11,6 \cdot 0,189 \text{ [MWh]} \cdot 280 \text{ [zł/MWh]} = 613,87 \text{ zł}$ **PRZYCHÓD W POLSCE:** $3500 \text{ zł} - 613,87 \text{ zł} - 1,25 \cdot 414 \text{ zł} - 0,6 \cdot 560 \text{ zł} = 2032,63 \text{ zł}$ **KOSZT EMISJI CO₂ W PORTUGALII:** $11,6 \cdot 0,189 \text{ [MWh]} \cdot 80 \text{ [zł/MWh]} = 175,39 \text{ zł}$ **PRZYCHÓD W PORTUGALII:** $3500 \text{ zł} - 175,39 \text{ zł} - 1,25 \cdot 414 \text{ zł} - 0,6 \cdot 560 \text{ zł} = 2471,11 \text{ zł}$ **ILE % WIĘCEJ ZAROBI PORTUGALCZYK?**
$$\frac{[\text{przychód w Portugalii}] - [\text{przychód w Polsce}]}{[\text{przychód w Polsce}]} \cdot 100\% = \frac{2471,11 - 2032,63}{2032,63} \cdot 100\% = 21,6\%$$

KARTA PRACY // Ile wody w produkcji wodoru?

ZADANIE 2

Ile wynosi masa cząsteczkowa wody?

Ile wody jest potrzebnej do wyprodukowania kilograma wodoru?



liczba atomowa

symbol chemiczny
pierwiastka

nazwa pierwiastka

masa atomowa

ZADANIE 2 – ODPOWIEDZI

WZÓR CHEMICZNY WODY:



MASA CZĄSTECZKOWA WODY:

$$2 \cdot \text{masa H}[u] = 2 \cdot 1u + 16u = 18u$$

STOSUNEK MASY WODORU DO MASY WODY:

$$\frac{\text{masa wodoru w cząsteczce wody}}{\text{masa cząsteczki wody}} = \frac{2u}{18u} = 1:9$$

ODPOWIEDŹ:

Na wyprodukowanie 1 kg wodoru potrzebne jest 9 kg [litrów] wody.

KARTA PRACY // Produkcja wodoru

ZADANIE 3

Polska produkuje 1,3 mln ton szarego wodoru rocznie. **Ile wody potrzeba do zastąpienia go wodorem zielonym?** Odpowiedź podaj w m^3 – woda ma gęstość $1000 \text{ kg}/m^3$. **Jaki % zużycia wody musimy przeznaczyć na potrzeby elektrolizy wody, by zaspokoić zapotrzebowanie na zielony wodór?**

POBÓR WODY NA POTRZEBY GOSPODARKI NARODOWEJ I LUDNOŚCI WEDŁUG ŹRÓDEŁ POBORU

WYSZCZEGÓLNIENIE	2010	2015	2019	2020	2021	2022
Ogółem	10 866,4 hm^3	10 502,6 hm^3	9 253,6 hm^3	8 666,3 hm^3	9 267,1 hm^3	9 385,4 hm^3
Wody powierzchniowe	9 172,6 hm^3	8 770,2 hm^3	7 439,9 hm^3	6 900,8 hm^3	7 484,7 hm^3	7 586,0 hm^3
Wody podziemne	1 625,2 hm^3	1 677,3 hm^3	1 772,1 hm^3	1 720,2 hm^3	1 738,3 hm^3	1 761,0 hm^3
Wody z odwadniania zakładów górniczych oraz obiektów budowlanych [użyte do produkcji]	68,6 hm^3	55,2 hm^3	44,2 hm^3	45,3 hm^3	44,1 hm^3	38,4 hm^3

PODPowiedź: 1 hm^3 (hektometr sześcienny) = 1 mln m^3

Źródło: GUS, Ochrona środowiska 2023

ZADANIE 3 – ODPOWIEDZI

ILOŚĆ PRODUKOWANEGO WODORU W POLSCE:

1,3 mln t/rok

GĘSTOŚĆ WODY:

1000 kg/m³

MASA WODY NA POTRZEBY ELEKTROLIZY:

1,3 mln ton · 9 = 11,7 mln ton

OBJĘTOŚĆ WODY NA POTRZEBY ELEKTROLIZY:

11,7 mln ton = 11,7 mln m³

PROCENT ZUŻYCIA WODY NA POTRZEBY ELEKTROLIZY:

$$\frac{\text{masa wody na potrzeby elektrolizy}}{\text{całkowita masa zużywanej wody}} \cdot 100\% = \frac{11,7 \text{ mln m}^3}{9385,4 \text{ mln m}^3} \cdot 100\% = \mathbf{0,124\%}$$

KARTA PRACY // Produkcja zielonego wodoru

ZADANIE 4

Realnie w procesie elektrolizy wymagane jest 12–15 kg wody/kg wodoru. Dodatkowo załóż, że zwiększymy produkcję wodoru 2-krotnie na potrzeby nowych zastosowań. **Jaki % zużycia wody musimy przeznaczyć na potrzeby elektrolizy wody?** Przyjmij skrajnie niekorzystne warunki.

ZADANIE 4 – ODPOWIEDZI

MASA WODY NA POTRZEBY ELEKTROLIZY

$$2 \cdot 1,3 \text{ mln ton} \cdot 15 = 41,6 \text{ mln ton}$$

OBJĘTOŚĆ WODY NA POTRZEBY ELEKTROLIZY:

$$41,6 \text{ mln ton} = 41,6 \text{ mln m}^3$$

PROCENT ZUŻYCIA WODY NA POTRZEBY ELEKTROLIZY:

$$\frac{\text{masa wody na potrzeby elektrolizy}}{\text{całkowita masa zużywanej wody}} \cdot 100\% = \frac{41,6 \text{ mln m}^3}{9385,4 \text{ mln m}^3} \cdot 100\% = 0,443\%$$

NAUCZYCIEL

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

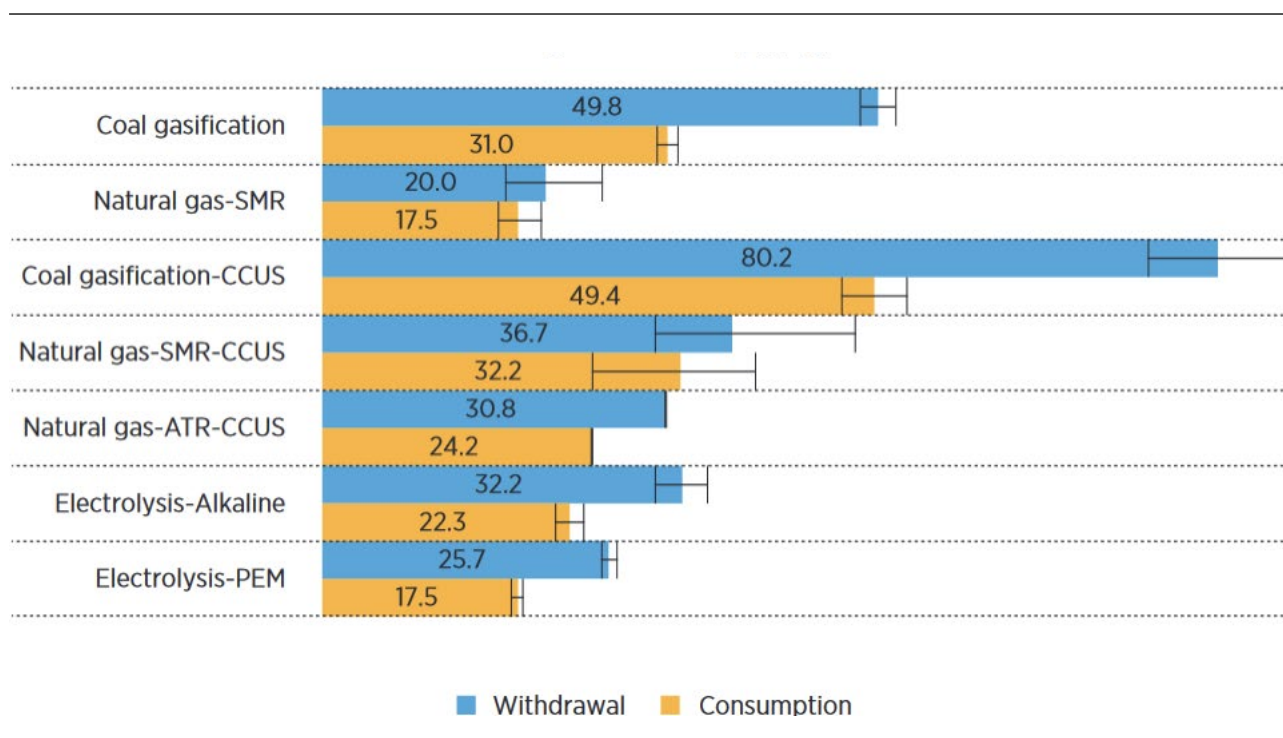
KARTA WIEDZY //

Woda a produkcja wodoru

Wodór jest czynnikiem zmieniającym zasady gry w gospodarce, zwłaszcza w przypadku sektorów trudnych do dekarbonizacji, takich jak produkcja stali, produkcja chemiczna, lotnictwo, żegluga i transport ciężarowy. Ocena skutków zużycia wody związanych z produkcją wodoru, zwłaszcza w obszarach o ograniczonym dostępie do wody, jest kluczowa w zarządzaniu potencjalnymi zakłóceniami w procesach wytwarzania. Wszystkie technologie produkcji wodoru wymagają wody jako surowca. Woda jest potrzebna nie tylko do produkcji, ale także do chłodzenia procesów technologicznych.

Wzrost sprawności elektrolizy o 1 punkt procentowy przekłada się na zmniejszenie zapotrzebowania na wodę. Zużycie wody w procesie produkcji zielonego wodoru zmniejsza się o około 2%. Im bardziej jest wydajna technologia produkcji wodoru, tym mniej generuje ciepła odpadowego. Ostatecznie potrzeba mniej wody do chłodzenia.

AVERAGE WATER INTENSITY [L/kg]



Źródło: Water for hydrogen production, IRENA 2023, ISBN: 978-92-9260-526-1

KARTA WIEDZY //

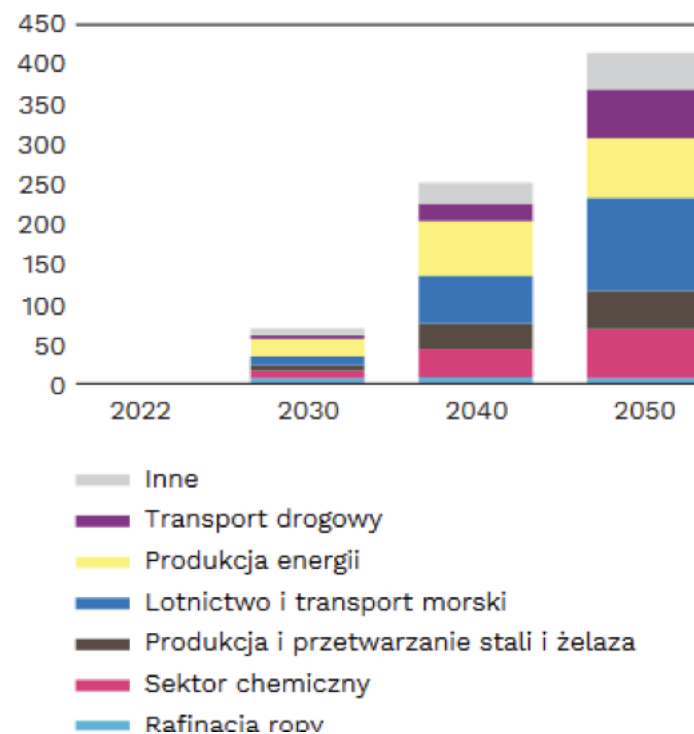
Zielony wodór

Według wyliczeń Międzynarodowej Agencji Energetycznej (MAE), zapotrzebowanie na zielony wodór w 2050 r. będzie 4-krotnie większe niż cała obecna produkcja wodoru. Zgodnie z szacunkami wyniesie ok. 400 Mt. Według raportu, aż 75% tego wodoru pochodzić będzie z elektrolizy wody. Konieczna jest inwestycja zarówno w elektrolizery, ale także w rozwój odpowiedniej infrastruktury do zasilenia elektrolizerów.

Polska Strategia Wodorowa (PSW) przewiduje uruchomienie instalacji zero- i niskoemisyjnych, w tym elektrolizerów, o mocy 50 MW do roku 2025 r. oraz 2 GW do roku 2030 r. Wodór ma pełnić w polskiej gospodarce przede wszystkim rolę magazynu energii, umożliwiając szybsze osiągnięcie neutralności klimatycznej.

ZAPOTRZEBOWANIE NA WODÓR NISKOEMISYJNY

w latach 2020–2050 w scenariuszu zerowych emisji do 2050 r. (w Mt)



Źródło: Polski Instytut Ekonomiczny, Wyścig po wodór Państwa i ich strategie wodorowe, ISBN 978-83-67575-58-4

KARTA WIEDZY //

Koszty transformacji energetycznej

Transformacja energetyczna jest przełomowym, skomplikowanym i drogim przedsięwzięciem. Z drugiej strony, jej zaniechanie jest dla gospodarki krajowej jeszcze bardziej droższe ekonomicznie, społecznie i środowiskowo. Polski Instytut Ekonomiczny (PIE) przygotował wyliczenia na podstawie trzech strategii energetycznych. Wynika z nich, że im wyższy udział niskoemisyjnych źródeł energii w miksie elektroenergetycznym, tym niższe ceny energii elektrycznej na rynku hurtowym, co przekłada się na większą atrakcyjność i konkurencyjność gospodarki w związku z potencjalnie niższymi kosztami energii dla firm i konsumentów. Realizacja tego scenariusza wymaga rozwoju technologii magazynowania energii. Jednym z kluczowych rozwiązań to magazyny wodorowe.

SCENARIUSZ 1.

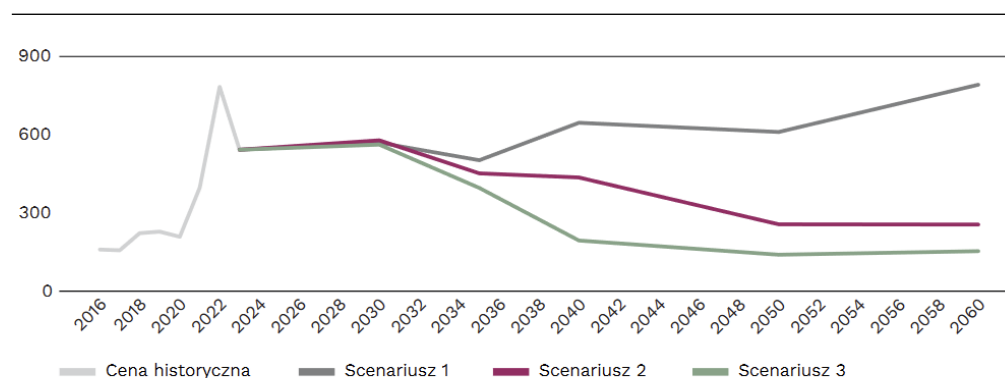
Utrzymanie energetyki węglowej

SCENARIUSZ 2.

Kontynuacja transformacji energetycznej z istotną rolą atomu

SCENARIUSZ 3.

Przyspieszone inwestycje w OZE

Porównanie cen energii elektrycznej na rynku hurtowym w podziale na scenariusze (w PLN/MWh)

Uwaga: dane historyczne za TGE (dla 2023 r. dane za okres 01.01-24.11.2023).

Źródło: opracowanie własne PIE.

Źródło: Polski Instytut Ekonomiczny, Koszty braku dekarbonizacji gospodarki, ISBN 978-83-67575-61-4

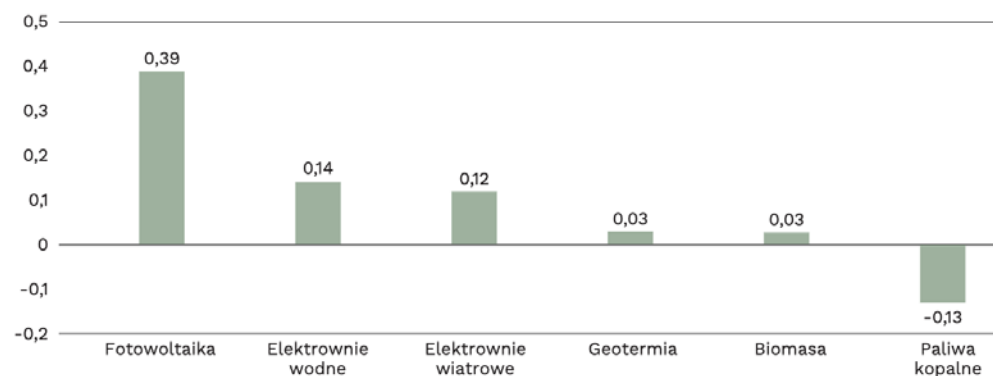
KARTA WIEDZY //

Opłacalność inwestycji w OZE

Inwestycje w odnawialne źródła energii (OZE) to nie tylko zyski środowiskowe, ale też biznesowe. Według Międzynarodowego Funduszu Walutowego, każda złotówka zainwestowana w OZE przynosi gospodarce 150% zwrotu. Ponadto wzrost o 1% produkcji energii z OZE przekłada się na wzrost od 0,03 do 0,4 % PKB, podczas gdy paliwa konwencjonalne generują spadek o 0,13 %. Wodór jest jednym z komponentów, które przyspieszą inwestycje w energetykę rozproszoną i OZE. Dodatkowo, wodór przekłada się na proces dekarbonizacji przemysłu.

WPŁYW WZROSTU

poszczególnych źródeł energii o 1% na PKB [w %]



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Chen i in. (2022).

Źródło: Polski Instytut Ekonomiczny, Koszty braku dekarbonizacji gospodarki, ISBN 978-83-67575-61-4
<https://pie.net.pl/wp-content/uploads/2023/12/Dekarbonizacja.pdf>

ŹRÓDŁA DANYCH

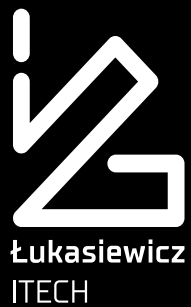
1. Efektywność Wykorzystania Energii w Latach 2000–2010, Główny Urząd Statystyczny, https://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/SE_efektywnosc_wykorzystania_energii_2000-2010.pdf
2. Efektywność wykorzystania energii w latach 2008–2018, Główny Urząd Statystyczny, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/efektywnosc-wykorzystania-energii-w-latach-2008-2018,9,3.html>
3. Polski Instytut Ekonomiczny, Tygodnik gospodarczy PIE, 36/2022
4. Ochrona środowiska 2023, Główny Urząd Statystyczny, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/srodowisko/ochrona-srodowiska-2023,1,24.html>
5. Water for hydrogen production, IRENA 2023, ISBN: 978-92-9260-526-1, <https://www.irena.org/Publications/2023/Dec/Water-for-hydrogen-production>
6. Wyścig po wodór Państwa i ich strategie wodorowe, Polski Instytut Ekonomiczny, ISBN 978-83-67575-58-4, https://pie.net.pl/wp-content/uploads/2024/01/PP-5-2023_wodor.pdf
7. Koszty braku dekarbonizacji gospodarki, Polski Instytut Ekonomiczny, ISBN 978-83-67575-61-4, <https://pie.net.pl/wp-content/uploads/2023/12/Dekarbonizacja.pdf>

MATERIAŁY UZUPEŁNIAJĄCE:

1. Hydrogen Insights 2023, Hydrogen Council, McKinsey & Company, <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2023/>
2. Zrozumieć transformację energetyczną, M. Popkiewicz, Wydawnictwo Post FACTUM, ISBN: 9788366661905
3. Making the Hydrogen Economy Possible: Accelerating Clean Hydrogen in an Electrified Economy, Energy Transitions Commission, <https://www.energy-transitions.org/publications/making-clean-hydrogen-possible>

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-technologie-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. 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
