

# ENERGETYKA JĄDROWA I WODOROWA – PERSPEKTYWY MARIAŻU

**Wodór w najbliższych dziesięcioleciach ma wszelkie szanse stać się niemalże idealnym, uniwersalnym paliwem spełniającym warunki bezemisyjności. Od kilku lat głośno było o wodorze „zielonym” uzyskiwanym na drodze elektrolizy wody z udziałem energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych. Renesans energetyki jądrowej, dla którego katalizatorem stała się wojna na Ukrainie, skierował zainteresowanie części wiodących gospodarek Zachodu w kierunku energii jądrowej. Stabilne i w pełni przewidywalne źródła zasilania w postaci bloków elektrowni jądrowych mogą w przyszłości posłużyć do zasilania wielkoskalowych systemów wytwarzania paliwa wodorowego.**

Wykorzystanie wodoru jako nośnika energii stało się w ostatnich latach jednym ze sztandarowych przedsięwzięć transformacji energetycznej, realizowanej przez wysokorozwinięte kraje demokratycznego Zachodu, a służącej celom dekarbonizacji i uzyskania neutralności klimatycznej.

## ENERGETYKA WODOROWA – NA DRODZE DO DEKARBONIZACJI

Wodór uważany obecnie za paliwo przyszłości można śmiało uznać za tzw. paliwo idealne. Ma on niezwykle wysoką wartość opałową, wynoszącą 120 MJ/kg (dla porównania: węgiel kamienny ok. 29 MJ/kg, benzyna ok. 43 MJ/kg) i ciepło spalania 141,9 MJ/kg. Zalety i wady wodoru jako nośnika energii zostały przedstawione dość szeroko w dotychczasowych publikacjach prezentowanych na konferencjach naukowo-technicznych (np. [4]). Były one przedmiotem szczegółowych raportów i opracowań przygotowanych przez instytucje państwowe, placówki naukowo-badawcze i prywatne firmy [2]. W obszarze jakże ostatnio atrakcyjnego tematu magazynów energii, przeznaczonych do współpracy z odnawialnymi źródłami energii elektrycznej (przede wszystkim elektrowniami wiatrowymi i słonecznymi), o nieregularnej i trudno przewidywalnej charakterystyce dostępnej mocy dostarczanej do systemu, największe pojemności i najdłuższy czas sezonowego magazynowania zapewnia rodzina technologii Power-to-Gas (w ang. skrócie P2G). Najkrócej mówiąc, idea tych rozwiązań technicznych sprowadza się do produkcji paliwa gazowego: przede wszystkim wodoru (H<sub>2</sub>), metanu (CH<sub>4</sub>) i amoniaku (NH<sub>3</sub>) z powszechnie dostępnych surowców: wody i powietrza. Gazy te są nośnikami energii chemicznej. Mogą one być przechowywane przez długi czas liczony w miesiącach i latach, a także przesyłane rurociągami. Wykorzystanie wodoru jako nowoczesnego paliwa, pozwolić ma na objęcie dekarbonizacją wielu obszarów działalności ludzkiej, w których łatwe zastąpienie paliw węglowych i węglowodorowych, zdawało się być do niedawna zagadnieniem co najmniej problematycznym. Stwierdzenie to dotyczy przede wszystkim dalekosiężnego transportu lądowego (drogowego i kolejowego), morskiego i powietrznego ([5]), ale także dziedzin takich, jak: metalurgia (w tym wielkoskalowa produkcja stali i żelaza) oraz petrochemia, w której wodór jest

wykorzystywany do uszlachetniania olejów ciężkich, piasków roponośnych i innych niskowartościowych węglowodorów. Obecnie ponad 90% światowej produkcji wodoru pochodzi z reformingu paliw kopalnych i wymaga stosowania energochłonnych procesów związanych z emisją gazów cieplarnianych. Spodziewany rychły rozwój energetyki wodorowej spowodował pojawienie się w przestrzeni publicznej klasyfikacji metod produkcji wodoru w zależności od źródła wykorzystywanej energii i technologii produkcji nazywanych odpowiednio różnymi barwami (rys. 2).

Kolor	Surowiec / źródło energii	Proces technologiczny	Produkty reakcji
Czarny	Węgiel	Reforming parowy lub gazyfikacja	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (dwutlenek węgla uwalniany do atmosfery)
Biały	-	Naturalna obecność w skorupie ziemskiej	H <sub>2</sub>
Szary	Gaz ziemny	Reforming parowy	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (dwutlenek węgla uwalniany do atmosfery)
Niebieski	Gaz ziemny	Reforming parowy	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (część dwutlenku węgla wychwytywana i składowana)
Turkusowy	Gaz ziemny	Piroliza	H <sub>2</sub> + C (węgiel odbierany jako ciało stałe - sadza)
Czerwony	Energia jądrowa	Podział katalityczny	H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>
Różowy	Energia jądrowa	Elektroliza	H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>
Żółty	Energia słoneczna	Elektroliza	H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>
Zielony	Odnawialne źródła energii	Elektroliza	H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>

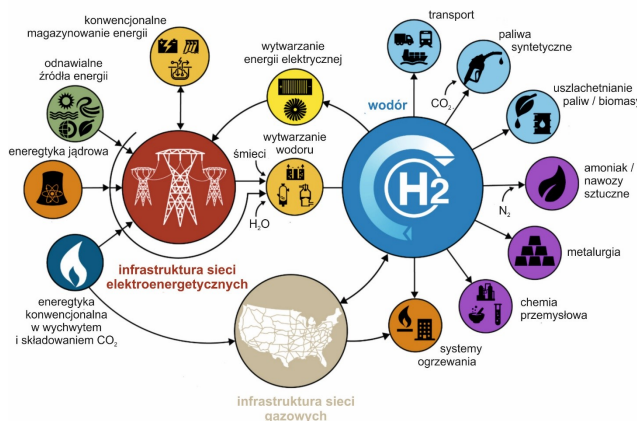
Rys. 2. Kod barwny różnych technologii uzyskiwania wodoru. Z punktu widzenia transformacji energetycznej najbardziej interesujące są technologie nie powodujące uwalniania dwutlenku węgla do atmosfery, a w tym technologie wodoru „różowego” i „czerwonego”, wykorzystujące jądrowe źródła energii elektrycznej i/lub cieplnej (rys. autora)

Obok tradycyjnych, znanych od dawna emisyjnych metod produkcji wodoru „czarnego”, „szarego” i „niebieskiego” – związanych uwalnianiem do atmosfery dwutlenku węgla, na uwagę zasługują technologie czyste i bezemisyjne: wodór „zielony” i „żółty”, produkowane w elektrolizerach zasilanych z odnawialnych źródeł energii oraz technologie produkcji wodoru wykorzystujące energię jądrową, które zostaną omówione w dalszej części artykułu. [..]

Zachęcamy do lektury pełnej treści artykułu w nr 1/2024 Wiadomości Elektrotechnicznych <https://wiadomoscielektrotechniczne.pl/>

dr inż. Jacek Nowicki

Państwowa Agencja Atomistyki



Rys. 1 (Grafika tytułowa) Schemat funkcjonowania energetyki wodorowej zgodnie z koncepcją Departamentu Energii USA ([2], opisy polskie –

autora)