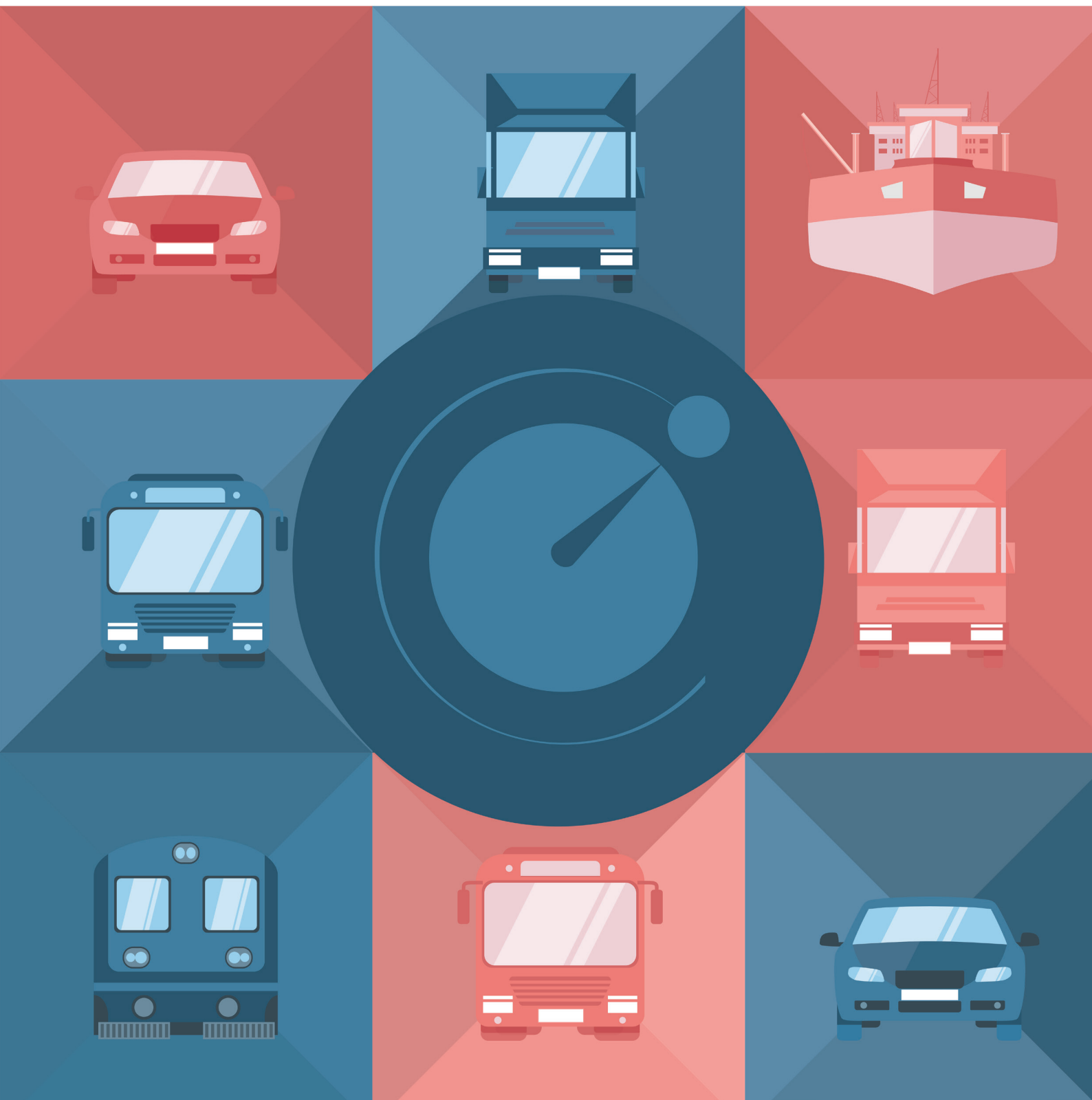


WODÓR

PALIWO PRZYSZŁOŚCI



RAPORT:

300 RESEARCH

POWSTAŁ NA ZLECENIE:

impact | **mobility**
rEvolution

PARTNER RAPORTU:

 **Łukasiewicz**

Warszawa, październik 2019 r.
Autorzy: Michał Dorociak, Maciej Tomecki
Projekt graficzny: SUBKO&CO
Skład i łamanie: SUBKO&CO
Redakcja: 300GOSPODARKA
ul. Bagatela 15/73
00-585 Warszawa
© Copyright by 300GOSPODARKA SP. Z O.O.
ISBN 978-83-954071-3-0

SPIIS TREŚCI

| | |
|---|-----------|
| WSTĘP | 5 |
| TECHNOLOGIA - JAK DZIAŁAJĄ OGNIWA PALIWOWE FCEV | 6 |
| SEKTOR W LICZBACH | 7 |
| INFRASTRUKTURA | 12 |
| PRODUKCJA WODORU | 14 |
| MOŻLIWY PODZIAŁ RYNKU TRANSPORTU - PROGNOZY | 17 |
| PRZEGLĄD DZIAŁAŃ PAŃSTW W ZAKRESIE ROZWIĄZAŃ OPARTYCH NA WODORZE W 2018 R. | 20 |
| POLSKA - STAN OBECNY I SUGEROWANE ZMIANY | 23 |
| REKOMENDACJE | 26 |
| PRZYPISY | 30 |



WSTĘP

Revolucja elektromobilności kojarzona jest dziś przede wszystkim z samochodami napędzanymi energią elektryczną zmagazynowaną w bateriach litowo-jonowych (samochody elektryczne o napędzie akumulatorowym – ang. Battery Electric Vehicles, BEV). Samochody elektryczne mogą być jednak również napędzane przez energię elektryczną generowaną z wodoru przez ogniwa paliwowe (ang. Fuel Cell Electric Vehicles, FCEV). I choć dzisiaj rynek samochodów elektrycznych jest zdominowany przez pojazdy pierwszego typu, w kolejnych latach samochody wodorowe mogą zyskać znacznie większą popularność niż obecnie.

Poniższy raport ma na celu pokazanie najefektywniejszych sposobów wykorzystania wodoru w sektorze transportowym. Wodorowe ogniwa paliwowe nie powinny być traktowane jako konkurent baterii litowo-jonowych lecz jako wobec nich komplementarne. Mogą umożliwić dekarbonizację tych segmentów sektora transportowego, w których wykorzystanie baterii litowo-jonowych może być bardzo kosztowne, uciążliwe lub wręcz niemożliwe. Chcemy pokazać, że o ile wiele wskazuje na to, iż baterie litowo-jonowe zdominują segment samochodów osobowych, o tyle wódór może skutecznie rozwiązać problemy gałęzi samochodów dostawczych i autobusów.

Moment na rozpoczęcie rozwoju rynku pojazdów wodorowych w Polsce wydaje się idealny. 30 września 2019 r. minister Energii podpisał dwa rozporządzenia wykonawcze, dzięki którym możliwe będzie finansowanie ze środków z Funduszu Niskoemisyjnego Transportu budowy instalacji produkcji wodoru, stacji tankowania wodoru a nawet zakupu pojazdów wodorowych. Jak pokazują przykłady innych państw, odpowiedni poziom wsparcia publicznego jest niezbędny, aby technologie wodorowe mogły się rozwijać.

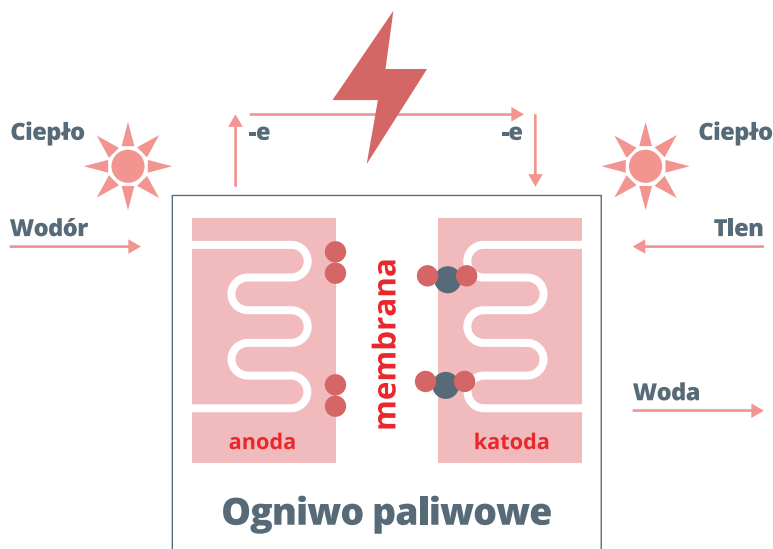
TECHNOLOGIA – JAK DZIAŁAJĄ OGNIWA PALIWOWE FCEV

Wykorzystanie wodoru w przemyśle motoryzacyjnym opiera się na **technologii ogniw paliwowych**. W ogniwach tych, podobnie jak w bateriach litowo-jonowych, dochodzi do konwersji energii chemicznej na energię elektryczną. Podczas gdy baterie zarówno magazynują energię chemiczną, jak i umożliwiają jej konwersję w energię elektryczną, w ogniwach paliwowych konieczny jest dopływ paliwa z zewnątrz. Tym paliwem może być wodór – bardzo efektywny nośnik energii.

Ogniwa paliwowe składają się z dwóch elektrod – ujemnej (anody) i dodatniej (katody). Paliwo – wodór – dostarczane jest do anody, zaś powietrze do katody. Katalizator pozwala na rozbitcie atomów wodoru na protony i elektrony, które wędrują odrębnymi drogami do katody. Elektrony wędrują przez obwód zewnętrzny powodując przepływ

energii elektrycznej, zaś protony poprzez elektrolit przemieszczają się do katody, gdzie łączą się z elektronami i cząsteczkami tlenu. W efekcie produkowane jest ciepło oraz produkt dodatkowy – woda destylowana. W procesie nie wydzielany jest CO_2 , co czyni ogniwa paliwowe jedyną obok baterii technologią zdolną spełnić obietnicę zeroemisyjnego transportu. Dlatego właśnie jest to technologia pożądana w świecie dążącym do przeciwdziałania zmianom klimatycznym i realizacji porozumienia paryskiego. Obecnie najczęściej używanym rodzajem ogniw paliwowych są ogniwa paliwowe z membraną do wymiany protonów (ang. Proton Exchange Membrane Fuel Cell - PEMFC). Ich zaletą jest stosunkowo niska temperatura działania (100°C) oraz krótki czas rozruchu. Z drugiej strony, jako paliwa wymagają wodoru o praktycznie 100-proc. czystości.

Technologia wykorzystania wodoru



Źródło: 300 GOSPODARKA, Wodorowa alternatywa

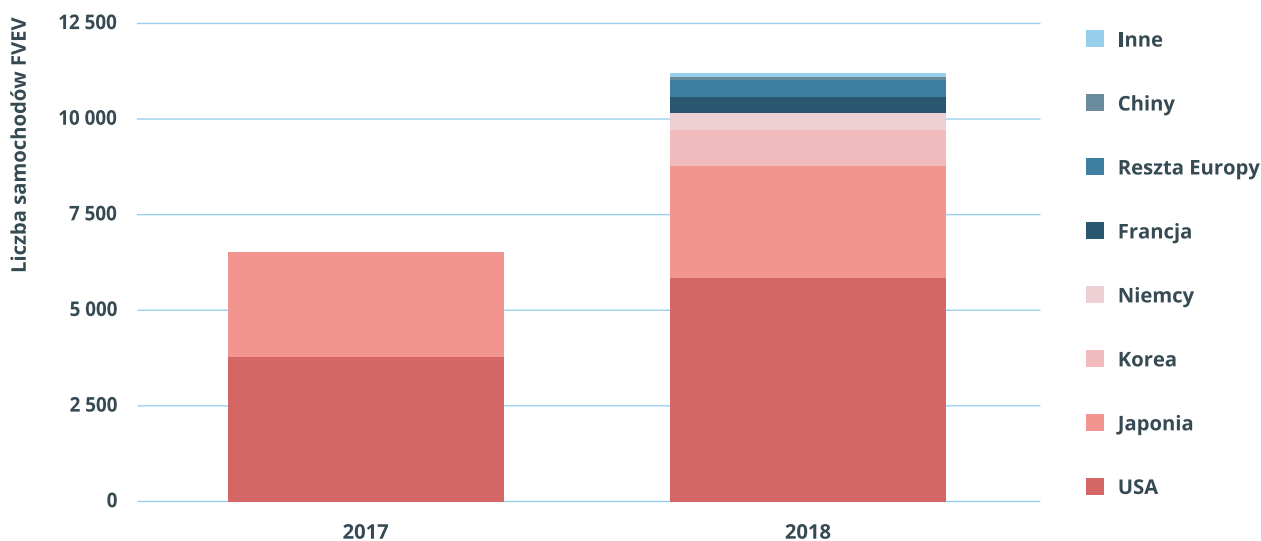
SEKTOR W LICZBACH

Liczba samochodów

Liczba samochodów elektrycznych typu FCEV w 2018 r. sięgnęła na świecie 11,2 tys. sztuk^[1]. Choć wciąż jest to niewiele w porównaniu z ponad 5 milionami samochodów BEV, tempo wzrostu FCEV rok do roku było dość imponujące – w stosunku do 2017 r. ich liczba zwiększyła się aż o 56 proc.^[2].

Globalnym liderem pozostają Stany Zjednoczone, gdzie znajduje się ponad 50 proc. światowej floty samochodów wodorowych. Zdecydowana większość z nich jeździ w jednym stanie – w Kalifornii. W kwietniu 2018 r. zarejestrowanych było tam 4411 samochodów FCEV^[3]. Obecnie, według danych szacunkowych, ich liczba wynosi już 5923^[4]. Na dalszych miejscach znajdują się Japonia

Liczba samochodów wodorowych na świecie, 2017-2018



Źródło: AFC TCP (2019 r.), AFC TCP Survey on the Number of Fuel Cell Electric Vehicles, Hydrogen Refuelling Stations and Targets.

(ok. 25 proc. światowej floty FCEV), Unia Europejska (11 proc.) i Korea Południowa (8 proc.).

Na rynku obecnych jest sześć modeli samochodów wodorowych^[5]:

- ▶ Toyota Mirai
- ▶ Hyundai ix35 Fuel Cell
- ▶ Hyundai Nexa

- ▶ Honda Clarity Fuel Cell (dostępna tylko w Japonii i Kalifornii)
- ▶ Renault Kangoo ZE H2
- ▶ Mercedes-Benz GLC F-Cell

Co najmniej trzy nowe modele są w zaawansowanej fazie koncepcyjnej (Audi H-tron Quattro, Chevrolet Colorado ZH2 oraz Nissan X-Trail FCV).

Jak widać liderem w produkcji FCEV są firmy azjatyckie, za którymi próbują nadążyć producenci europejscy i amerykańscy. Co ciekawe, europejscy producenci łączą technologie używane w samochodach elektrycznych - wszystkie jak dotąd opracowane przez nich modele są hybrydami łączącymi baterie litowo-jonowe z ogniwami paliwowymi.

Moc ogniw paliwowych w wymienionych autach waha się od 44 kW (60 KM) - w Renault Kangoo ZE H₂, do 155 kW (210 KM) - w Mercedesie GLC F-Cell. Pojemność baku wodorowego w większości przypadków wynosi ok. 5 kg (max. 6,33 kg w przypadku Hyundai Nexo). Jako że konsumpcja paliwa wynosi ok. 1 kg H₂/100 km (najmniej - 0,76 kg/100 km - w Toyocie Mirai), to zasięg większości samochodów wynosi ok. 500 km, z wyjątkiem Hyundai Nexo, który może przejechać nawet 756 km.

Produkcja samochodów wodorowych jest na razie ograniczona (Toyota i Hyundai produkują obecnie po ok. 3 tys. pojazdów FCEV rocznie), jednakże plany na przyszłość są ambitne - po 2020 r. Toyota planuje produkować 30 tys. samochodów FCEV rocznie, zaś Hyundai do 2030 r. zamierza osiągnąć poziom produkcji ogniw paliwowych na poziomie 300 tys. rocznie, z czego 70 proc. ma trafić do pojazdów drogowych, a reszta do innego rodzaju pojazdów[6].

2,5 mln

samochodów wodorowych może jeździć na świecie do 2030 r.

Sumując liczby ze wszystkich ogłoszonych, jak dotąd, na świecie rządowych planów rozwoju rynku samochodów wodorowych, do 2030 r. powinno pojawić się ich na ulicach 2,5 mln[7]. Plany te są dosyć ambitne i, jak sygnalizowała ostatnio Rada ds. Powietrza w Kalifornii, mogą wymagać zwiększenia planów produkcyjnych przez koncerny samochodowe[8].

Koszty ogniw paliwowych

Obecny komercyjny koszt typowego ogniwa paliwowego szacowany jest na ok. 230 dol./kW, niemniej, najnowocześniejsze technologie mogą wkrótce obniżyć ten koszt do poziomu ok. 180 dol./kW[9]. Przy mocy ogniw paliwowych w produkowanych dzisiaj samochodach

wodorowych na poziomie ok. 100 kW[10] przekłada się to na koszt rzędu 23-25 tys. dol. za ogniwo.

Dla porównania koszt baterii litowo-jonowej w pojazdach typu BEV osiągnął w 2018 r. poziom 176 dol./kWh[11]. Przy pojemności baterii w samochodach BEV od ok. 20 kWh (np. Renault Zoe) do ok. 100 kWh (np. Tesla Model X), przekłada to się na koszt od 3,8 tys. dol. do 17,6 tys. dol. za baterię.

230 dol. /kW

na tyle szacuje się obecny komercyjny koszt typowego ogniwa paliwowego.

Koszty zbiornika na wodór

Dodatkowo, w przypadku samochodów FCEV istotnym elementem końcowej ceny jest koszt zbiornika na wodór. Wodór ma niską gęstość energii (liczoną według objętości), co powoduje, że musi być magazynowany pod bardzo wysokim ciśnieniem - w obecnie produkowanych samochodach jest to 350 lub 700 bar. Nawet przy tak wysokim ciśnieniu samochód wodorowy o takim samym zasięgu, co samochód z silnikiem Diesla musi mieć siedem razy większy zbiornik paliwa niż ten ostatni[12]. Co więcej, jako że wodór jest wyjątkowo łatwopalny, zbiorniki te muszą spełniać najwyższe standardy bezpieczeństwa. W efekcie, koszt zbiornika na wodór to obecnie ok. 23 dol./kWh - w samochodzie wodorowym o zasięgu 600 km przekłada się to na całkowity koszt na poziomie ok. 3,4 tys. dol. rozumianego jako koszt pojedynczego zbiornika w pojedynczym samochodzie.

58 tys. dol.

kosztuje najtańsze auto osobowe FCEV. Koszt Tesli BEV zaczyna się od 36,5 tys. dol.

W konsekwencji, cena dostępnych obecnie na rynku samochodów wodorowych jest znacznie wyższa niż cena samochodów BEV. Cena tych pierwszych waha się od ok. 58 tys. dol. do 87,5 tys. dol. Dla porównania, koszt elektrycznej Tesli Model 3 zaczyna się od 36,5 tys. dol.

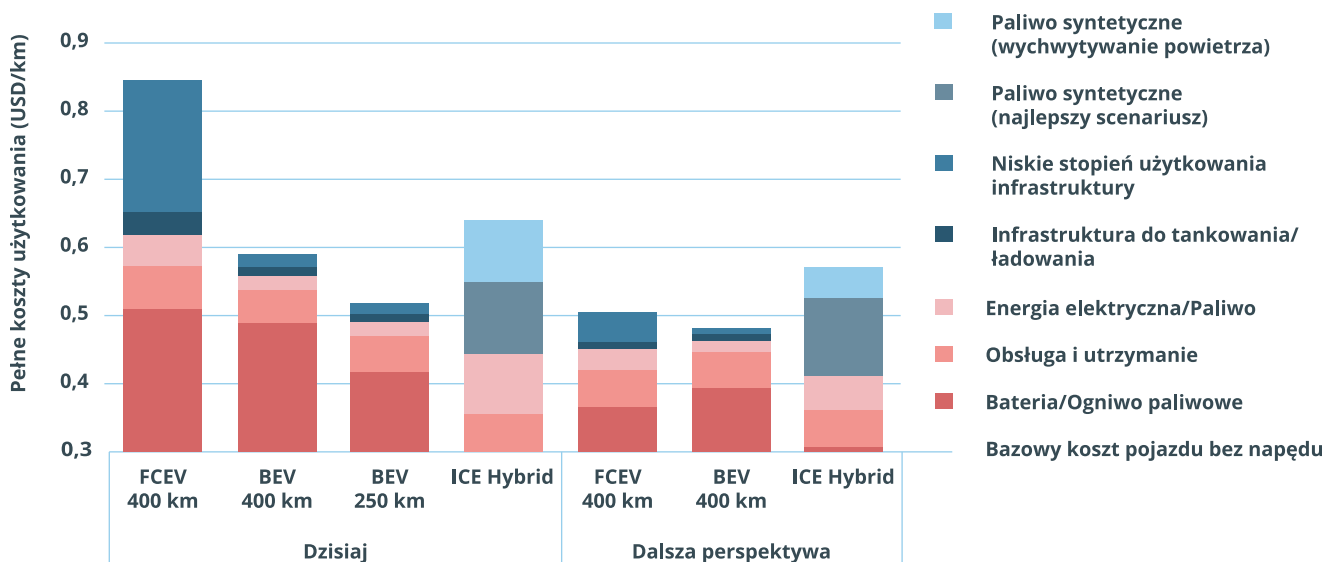
Niemniej, aby porównać pełne koszty użytkowania (ang. Total Cost of Ownership) samochodów FCEV oraz BEV należy porównać jeszcze koszty tankowania wodoru i ładowania baterii.

Koszty paliwa wodorowego

W USA ceny wodoru wahają się od 12,85 dol./kg do 16 dol./kg, przy najczęstszej cenie na poziomie ok. 14 dol./kg^[13], podczas gdy w Niemczech kilogram wodoru kosztuje obecnie ok. 9,5 euro^[14]. Biorąc pod uwagę, że jak wskazywano powyżej większość samochodów FCEV zużywa ok. 1 kg H₂/100 km, można założyć, że są to w przybliżeniu koszty przejazdu 100 km. Natomiast według zestawienia przygotowanego niedawno przez jeden z amerykańskich portali koszt załadowania

Istotnym elementem końcowej ceny auta jest koszt zbiornika na wodor, który musi być magazynowany pod bardzo wysokim ciśnieniem.

Pełne koszty użytkowania pojazdów w zależności od napędu, zasięgu i paliwa



Oś rzędnych jest na poziomie kosztów pojazdu bez układu napędowego, przy założeniu, że nie różnią się one pomiędzy poszczególnymi technologiami

Źródło: Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen (2019 r.)

baterii w Tesli Model S (100 kWh) to 13 dol. w USA i 33 dol. w Niemczech, co przekłada się na ok. 3,1 dol./100 km w USA i 7,9 dol./100 km (7,1 euro/100 km) w Niemczech^[15].

Koszty użytkowania

W efekcie, również pełne koszty użytkowania wciąż przemawiają zdecydowanie za samochodami BEV, a przeciwko FCEV.

Pełne koszty użytkowania wciąż przemawiają za BEV, a przeciwko FCEV. Różnica kosztowa maleje jednak wraz ze wzrostem zasięgu aut.

Należy jednak zwrócić uwagę, że różnica kosztowa pomiędzy FCEV a BEV maleje wraz ze wzrostem

zasięgu samochodów. Wynika to z małej gęstości energii w bateriach litowo-jonowych w przeliczeniu na kilogram. W bateriach litowo-jonowych wynosi ona średnio 0,6 MJ/kg. Gęstość energii wodoru jest znacznie wyższa, dzięki czemu nawet po zsumowaniu masy ogniwa paliwowego, zbiornika na paliwo i samego zmagazynowanego wodoru, gęstość energii w samochodach FCEV wynosi 2,3 MJ/kg^[16]. Oznacza to, że aby samochody BEV i FCEV mogły mieć dziś ten sam zasięg, masa baterii litowo-jonowych w BEV musi być około czterokrotnie większa niż sumaryczna masa ogniwa paliwowego, zbiornika paliwowego i zmagazynowanego wodoru w pojazdach FCEV. Nawet jedna z najbardziej zaawansowanych – bateria litowo-jonowa w Tesli Model 3 Long Range o pojemności 75 kWh, pozwalająca na pokonanie 500 km na jednym ładowaniu – waży prawie 500 kg, czyli ok. 1/3 masy całego pojazdu.

Niska gęstość energii jest więc znaczącą barierą dla samochodów BEV. Choć wiele podmiotów na całym świecie pracuje nad zwiększeniem gęstości energii w bateriach litowo-jonowych^[17], dotychczasowe rezultaty są ograniczone. Aby zwiększyć zasięg samochodu BEV, konieczne jest dzisiaj zwiększanie masy samej baterii. To doprowadzi do znaczącego wzrostu całkowitej masy samochodu, co z kolei przekłada się na potrzebę

większej mocy napędu. Dodatkowym problemem jest brak występowania korzyści skali – zwiększenie pojemności baterii o każdą dodatkową kWh kosztuje mniej więcej tyle samo.

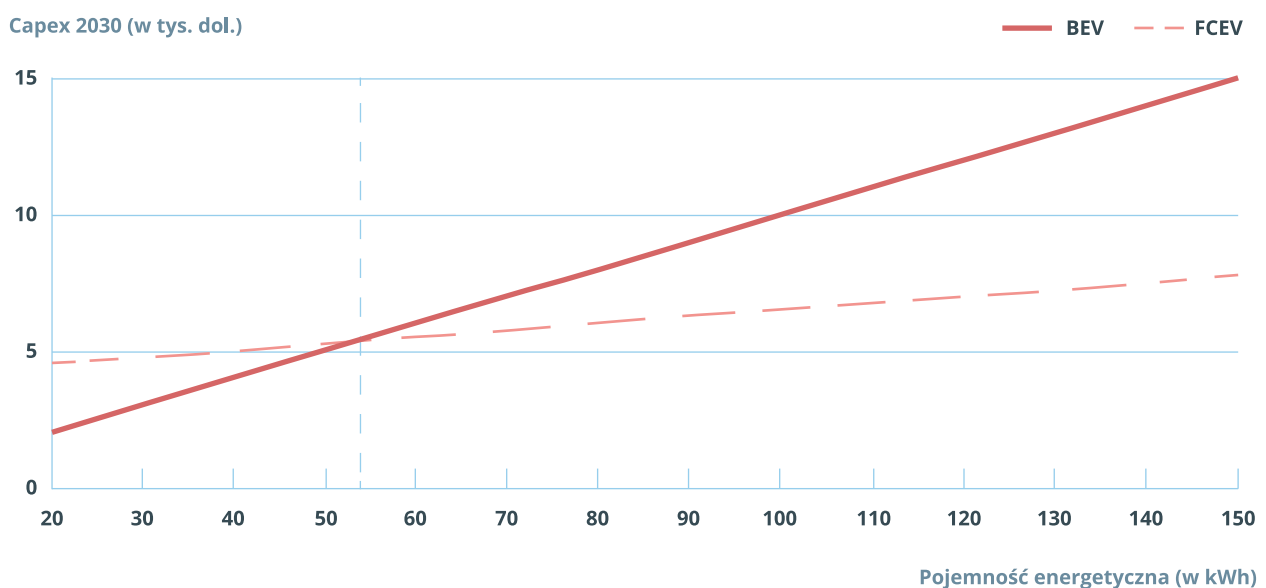
W odróżnieniu od baterii litowo-jonowych, elementy napędu w samochodach FCEV są znacznie lżejsze, a dalsze zwiększanie ich zasięgu jest dużo tańsze, gdyż oznacza jedynie konieczność zwiększenia zbiornika na paliwo (który co prawda już teraz jest dosyć duży – np. w Toyocie Mirai to 120 litrów).

W efekcie baterie litowo-jonowe stają się mniej atrakcyjną technologią dla pojazdów o dużej masie i dalekim zasięgu. To właśnie ta specyfika powinna zadecydować o przyszłym podziale rynku pomiędzy tymi dwiema technologiami.

Według prognoz na 2030 r. dalsze postępy technologiczne i zwiększenie skali produkcji ogniw paliwowych i zbiorników na wodór mogą doprowadzić do takiego obniżenia ich kosztów, że baterie litowo-jonowe pozostaną tańsze od ogniw paliwowych jedynie do granicy 55 kWh pojemności. Powyżej tej granicy napęd używający ogniw paliwowych będzie tańszy niż napęd oparty na bateriach litowo-jonowych.

Samochody FCEV vs BEV

Prognoza na 2030 r.: w pojazdach o dalekim zasięgu koszty układu napędowego dla samochodów wodorowych będą niższe niż koszty układu napędowego dla samochodów na baterie litowo-jonowe.



Założenia: koszt baterii - 100 dol./kWh; koszt ogniwa paliwowego o mocy 100 kW - 40 dol./kW; koszt zbiornika na wodór - 24 dol./kWh.

Źródło: Hydrogen Council, Hydrogen Scaling Up.

70 proc.

*w stosunku do poziomu z 2015 r. mogą spaść koszty ogniw paliwowych do 2030 r.
- prognozuje Departament Energii USA.*

Potencjał redukcji kosztów produkcji ogniw paliwowych jest ogromny – według amerykańskiego Departamentu Energii, przy produkcji 100 tys. ogniw paliwowych rocznie, same korzyści skali mogą skutkować spadkiem kosztów do poziomu 59 dol./kW^[18]. Dalsze ograniczenia kosztów będą możliwe poprzez zmniejszenie wykorzystania platyny używanej jako katalizator w ogniwach paliwowych, która odpowiada za ok. 40 proc. kosztów budowy ogniwa paliwowego. W efekcie, do 2030 r. koszty ogniw paliwowych mogą spaść nawet o 70 proc. w stosunku do poziomu z 2015 r.^[19]

Nawet przy spełnieniu powyższych prognoz, baterie litowo-jonowe pozostaną bardziej konkurencyjną technologią dla samochodów osobowych o małym zasięgu, używanych głównie do codziennego ruchu po mieście. Jednakże w przypadku samochodów o większym zasięgu i większej masie (samochody ciężarowe i dostawcze oraz autobusy) technologią bardziej opłacalną będą ogniwa paliwowe.

Czas tankowania

Czynnikiem dodatkowo przemawiającym za wyborem technologii FCEV przez użytkowników pojazdów o dużej masie i dalekim zasięgu jest krótki czas tankowania tego rodzaju samochodów.

Zatankowanie do pełna (ok. 5 kg wodoru) samochodu FCEV trwa 3-5 min., co zbliża tę technologię do obecnego doświadczenia tankowania samochodów z silnikami spalinowymi (ICE).

Ładowanie pojazdów typu BEV zajmuje dużo więcej czasu. O ile w tzw. „błyskawicznych” punktach ładowania (jak np. „Tesla superchargers”), trwa to ok. 30 min., naładowanie samochodu w „szybkim” punkcie ładowania trwa od 3 do 4 godzin, a w zwykłych, „wolnych” punktach ładowania (najczęściej w przydomowych garażach) – co najmniej 6 godz. Wydłużony czas ładowania może nie być problemem dla większości kierowców, którzy dziennie pokonują zaledwie kilkadziesiąt kilometrów. Według badaczy, 87 proc. samochodów osobowych w USA mogłoby zostać dzisiaj zastąpionych samochodami elektrycznymi bez żadnego wpływu na ich sposób użytkowania ^[20].

Jednak w przypadku konieczności pokonywania dziennie kilkuset kilometrów, co przekracza zasięg samochodu BEV na jednym ładowaniu, pojawia się duży problem. W przypadku samochodów ciężarowych i dostawczych, a także autobusów, konieczność wyłączenia pojazdu „z pracy” choćby na pół godziny w ciągu dnia prowadzi do znaczącego zmniejszenia jego produktywności, może wpłynąć na wzrost kosztów prowadzonej działalności, a nawet wymusić rozbudowę floty i kupno dodatkowych pojazdów. I to wszystko przy założeniu, że w zasięgu będzie tzw. błyskawiczny punkt ładowania. Koszt ich budowy jest jednak bardzo wysoki – w USA to nawet 150 tys. dol. za punkt ładowania o mocy 150 kW ^[21]. Dlatego nie należy spodziewać się ich rozpowszechnienia na dużą skalę. A to oznacza, że nie mówimy o wyłączeniu pojazdu z ruchu na 30 minut, ale raczej na co najmniej trzy godziny.

INFRASTRUKTURA

Bez rozwoju infrastruktury wodorowej, nowa mobilność wodorowa nie będzie mogła się w pełni rozwinąć. Dalszy rozwój technologii ogniw paliwowych wykorzystujących wodór do produkcji energii elektrycznej powinien być podparty równoległym rozwojem zaplecza.

Liczba stacji do tankowania wodoru na świecie osiągnęła w 2018 r. poziom 381^[22] i wciąż rośnie. Liderem w tym zakresie pozostaje Japonia, gdzie jest ich obecnie 100. W Niemczech działa 75 stacji, a do końca tego roku ma być ich również 100^[23]. W całych Stanach Zjednoczonych paliwo wodorowe można zatankować na 63 stacjach^[24].

Podobnie jak w przypadku liczby samochodów, powyższe dane wypadają błado w porównaniu do liczby stacji ładowania pojazdów BEV – w tegorocznych danych Międzynarodowej Agencji Energii podawała, że na świecie czynnych jest 144 tys. publicznych stacji szybkiego ładowania, 395 tys. publicznych stacji wolnego ładowania oraz 4,7 mln stacji prywatnych. Przekłada się to na ok. 10 samochodów BEV na jedną publiczną stację ładowania. Pomimo znacznie mniejszej liczby samochodów wodorowych, stosunek pojazdów FCEV do stacji tankowania jest znacznie wyższy. Nie jest to jednak koniecznie złą wiadomość – na rozwiniętym rynku na jedną stację tankowania powinno przypadać 2,5-3,5 tys. pojazdów FCEV^[25].

Obecnie koszty inwestycyjne przy budowie stacji do tankowania wodoru szacowane są od 600 tys. dol. do 1,6-2 mln dol. - zależą od sposobu magazynowania. W wartościach bezwzględnych im mniejsza przepustowość stacji, tym mniejszy CAPEX.

Obecnie koszty inwestycyjne (CAPEX) przy budowie stacji do tankowania wodoru szacowane są na 0,6-2 mln dol. dla wodoru magazynowanego pod ciśnieniem 700 bar oraz 0,15-1,6 mln dol. dla wodoru magazynowanego pod ciśnieniem 350 bar^[26]. W wartościach bezwzględnych im mniejsza przepustowość stacji, tym mniejszy CAPEX. Jednakże stacje o mniejszej przepustowości mają również znacznie wyższe koszty w przeliczeniu na kilogram dziennej przepustowości. W przypadku stacji o dziennej przepustowości 180 kg H₂, zdolnej obsłużyć ok. 45 klientów każdego dnia, koszt inwestycyjny w przeliczeniu na kg H₂ dziennej przepustowości wynosi 13,4 tys. dol. – w przypadku stacji o dziennej przepustowości 1 500 kg H₂, zdolnej obsłużyć ok. 270 klientów dziennie, koszt ten spada do 3,4 tys. dol.^[27]

od 0,15 mln do 2 mln dol.
wahają się koszty budowy stacji tankowania wodoru.

Aby powyższe koszty mogły się spłacić potrzebny jest jednak wysoki stopień użytkowania stacji tankowania. W Europie, przy zaledwie 10 pojazdach przypadających na 1 stację tankowania wodoru, jest to dziś raczej niemożliwe. Przy takim stosunku pojazdów do stacji, nawet stacja o przepustowości na poziomie zaledwie 50kg H₂/dzień może być użytkowana w max. 10 proc. To z kolei musi przekładać się na cenę sprzedawanego wodoru - jeśli jego sprzedaż ma zapewnić zwrot kosztów budowy i obsługi stacji tankowania to powinna się ona kształtować na poziomie 15-25 dol./kg H₂^[28].

Długoterminowe prognozy wskazują jednak, że koszt budowy stacji tankowania wodoru w przeliczeniu na jeden samochód FCEV może być niższy niż koszt budowy stacji ładowania na jeden samochód BEV^[29]. Na przykład w Niemczech całkowite koszty budowy infrastruktury do tankowania dla rozwiniętego rynku samochodów FCEV (20 mln pojazdów) będą według prognoz niższe niż koszty budowy infrastruktury do ładowania dla tej samej liczby

Grupa Lotos podjęła decyzję o budowie dwóch stacji tankowania wodoru w Polsce. Budowę własnych stacji wodorowych planuje w Polsce także Orlen.

-Ilość paliw produkowanych z ropy będzie spadała, a wodór stosowany głównie w transporcie jest ich naturalnym następcą. Jako Orlen podchodzimy do tego niezwykle poważnie - mówi Józef Węgrecki, członek zarządu ds. operacyjnych PKN Orlen (źródło: cire.pl).

samochodów BEV (40 mld euro dla FCEV i 51 mld euro dla BEV)^[30]. Dojście do tego momentu wymaga zaplanowania rozwoju infrastruktury do tankowania wodoru w taki sposób, aby już w pierwszym etapie zapewnić

możliwie wysoki stopień użytkowania powstających stacji tankowania, gwarantujący zwrot z inwestycji i przyciągający potencjalnych inwestorów. Wskazówki w tym zakresie zostaną omówione w części poświęconej rekomendacjom.

Niewątpliwą zaletą wodoru nad technologią baterii litowo-jonowych w transporcie jest możliwość stosunkowo łatwego dostosowania istniejącej infrastruktury do tankowania paliw na potrzeby tankowania wodoru. Ze względu na krótki czas tankowania wodoru (zbliżony do obecnego czasu tankowania), obecne stacje bez dodatkowych inwestycji będą mogły w przyszłości zapewnić obsługę mniej więcej tej samej liczby samochodów FCEV. Dla porównania, aby zapewnić obsługę tej samej liczby samochodów BEV ich powierzchnia musiałaby zostać zwiększona nawet piętnastokrotnie^[31].

40 mld euro

Na tyle szacuje się koszty budowy infrastruktury do tankowania dla 20 mln pojazdów FCEV w Niemczech. Dla tej samej liczby samochodów BEV to 51 mld.

PRODUKCJA WODORU

Stałym zagadnieniem dyskusji nad przyszłością technologii wodorowych w sektorze transportowym jest pytanie o to, skąd wodór ten miałby pochodzić. To z kolei wiąże się z dwoma dalszymi: jakie technologie miałyby być wykorzystywane do jego produkcji oraz w jakim modelu (scentralizowanym czy zdecentralizowanym) miałby być on produkowany?

Globalne zapotrzebowanie na „czysty” wodór (H_2 , niezmieszany z innymi substancjami) wynosi dzisiaj około 70 milionów ton (Mt). Ponadto, dalsze 45 Mt wodoru wykorzystuje się obecnie w zmieszaniu z innymi gazami. 60 proc. produkowanego wodoru powstaje w dedykowanych instalacjach do jego produkcji, zaś w pozostałych przypadkach wodór jest tylko produktem ubocznym.

60 proc. wodoru

produkuje się w dedykowanych instalacjach, w pozostałych przypadkach jest on produktem ubocznym innych procesów.

76 proc. produkowanego wodoru powstaje w procesie reformingu parowego opierającego się na wykorzystaniu gazu ziemnego. Niemal całą resztę produkuje się z węgla (w procesie gazyfikacji węgla). Zaledwie 0,1 proc. wodoru powstaje w procesie elektrolizy wody, w którym wykorzystuje się energię elektryczną do rozbicia cząsteczek wody na atomy wodoru i tlenu. Prawie cały produkowany dzisiaj wodór wykorzystywany jest wyłącznie na cele produkcji przemysłowej (głównie do produkcji amoniaku oraz do rafinacji ropy naftowej).

Produkcja wodoru w procesie reformingu parowego pozostaje też na razie najtańszym rozwiązaniem – jej ceny w zależności od lokalizacji wahają się według różnych źródeł od 1 do 3 dol./kg H_2 [32]. Dla porównania koszt produkcji wodoru w procesie elektrolizy wody waha się w większości przypadków od 6 do 8 dol./kg H_2 [33].

W pierwszym etapie rozwoju rynku samochodów wodorowych, gdy popyt na wodór w sektorze transportu będzie pozostawał jeszcze nieznaczny, najbardziej racjonalnym krokiem wydaje się zwiększenie produkcji wodoru w już istniejących instalacjach i przekierowanie nadwyżki niewykorzystanej przez przemysł do sektora transportowego. Taki scenariusz ma miejsce obecnie w Kalifornii, gdzie znakomita większość wodoru sprzedawanego na stacjach tankowania pochodzi z nadwyżki produkcyjnej wodoru, niewykorzystanej przez przemysł[34]. O ile jest to rozwiązanie najprostsze i najtańsze, nie oszczędza ono jednak wszystkich problemów – jako że ogniwa paliwowe wykorzystywane przez samochody wodorowe wymagają wodoru o najwyższej czystości (znacznie przewyższającej czystość wodoru wykorzystywanego obecnie w przemyśle), wodór produkowany w dzisiejszych instalacjach produkcyjnych na potrzeby przemysłu musi być dodatkowo oczyszczany przed skierowaniem go do sektora transportu.

W drugim etapie, wraz z rozwojem rynku i wzrostem popytu na wodór w sektorze transportu pojawić się musi konieczność budowy nowych dedykowanych instalacji do produkcji wodoru na potrzeby transportu. Obecni producenci wodoru (prowadzący tę działalność przy okazji swojej podstawowej działalności), chcąc wykorzystać swoje doświadczenia i utrzymać pozycję na powstającym dopiero rynku, muszą być świadomi, że prosta rozbudowa czy replikacja istniejących instalacji nie będzie wystarczająca.

Siła przyciągania wodoru wynika z jego potencjalnie kluczowej roli w szerszym procesie dekarbonizacji gospodarki i drogi do realizacji porozumienia paryskiego. Może on nie tylko pozwolić na ograniczenie emisji CO_2 w sektorze transportu, ale także na stabilizację sieci elektroenergetycznej poprzez wykorzystanie nadwyżek energii elektrycznej z OZE do produkcji wodoru, który pozwala na długoterminowe magazynowanie energii oraz dekarbonizację innych sektorów. Chodzi zwłaszcza o te, w których postępy w ograniczeniu emisji CO_2

były jak dotąd bardzo nieśmiałe – jak ciepłownictwo oraz produkcja przemysłowa (np. hutnictwo). Droga do realizacji tych obietnic wiedzie jednak tylko poprzez „zielony” wodór (produkowany w procesie elektrolizy wody przy udziale energii elektrycznej z OZE) lub „niebieski” wodór (produkowany przy użyciu paliw kopalnych, ale z wykorzystaniem technologii sekwestracji i magazynowania dwutlenku węgla – CCUS). Tylko te „gatunki” wodoru – przy produkcji których praktycznie nie dochodzi do emisji CO₂ lub jest ona bardzo niska^[35] – mają przyszłość.

W przeciwieństwie do nich, wodór dzisiaj produkowany jest w przeważającej mierze „szary” – jego pozyskiwanie w procesie reformingu parowego lub gazyfikacji węgla powoduje emisje w wysokości od 5 do 10 kg CO₂/kg H₂ – i nie przybliża nas wystarczająco szybko do realizacji nadrzędnego celu – dekarbonizacji. Wobec planów Komisji Europejskiej wprowadzenia certyfikatów pochodzenia dla „zielonego” wodoru z OZE^[36], prawdopodobne jest zwiększanie presji w kolejnych latach na eliminację z rynku lub przynajmniej redukcję roli innych rodzajów wodoru. Tego typu działania podejmowane są już w innych częściach świata – w Kalifornii przepisy nakazują, aby co najmniej 33,3 proc. wodoru na stacjach tankowania współfinansowanych ze środków publicznych pochodziło z OZE^[37].

Podjmując decyzję o przyszłych inwestycjach, inwestorzy powinni więc skupić się na wyborze pomiędzy produkcją wodoru w procesie elektrolizy wody lub przy użyciu paliw kopalnych, ale z wykorzystaniem instalacji do sekwestracji, użytkowania i magazynowania dwutlenku węgla (ang. carbon capture utilisation and storage – CCUS). Ta pierwsza technologia, choć dzisiaj droższa, ma jeszcze jedną dodatkową zaletę – wykorzystując w okresach obniżonego popytu na prąd nadwyżkę energii elektrycznej produkowanej z OZE, instalacje do elektrolizy wody mogą pomóc w bilansowaniu systemu elektroenergetycznego i umożliwić tzw. sector coupling, prawdopodobnie niezbędny do osiągnięcia zdekarbonizowanego systemu energetycznego. Zwłaszcza tego rodzaju instalacje powinny być więc w przyszłości promowane przez państwa dążące do celów zeroemisyjnych.

Drugim pytaniem, które należy sobie postawić decydując o przyszłych inwestycjach w produkcję wodoru jest to, czy ma to być produkcja scentralizowana, odbywająca się w niewielu dużych instalacjach – której zaletą są korzyści skali, ale która wiąże się z dodatkowymi kosztami transportu wodoru do miejsc jego dystrybucji – czy produkcja zdecentralizowana – w mniejszych instalacjach zlokalizowanych przy stacjach tankowania, które

nie wymagają późniejszego transportu wodoru, ale które nie mają takich korzyści skali.

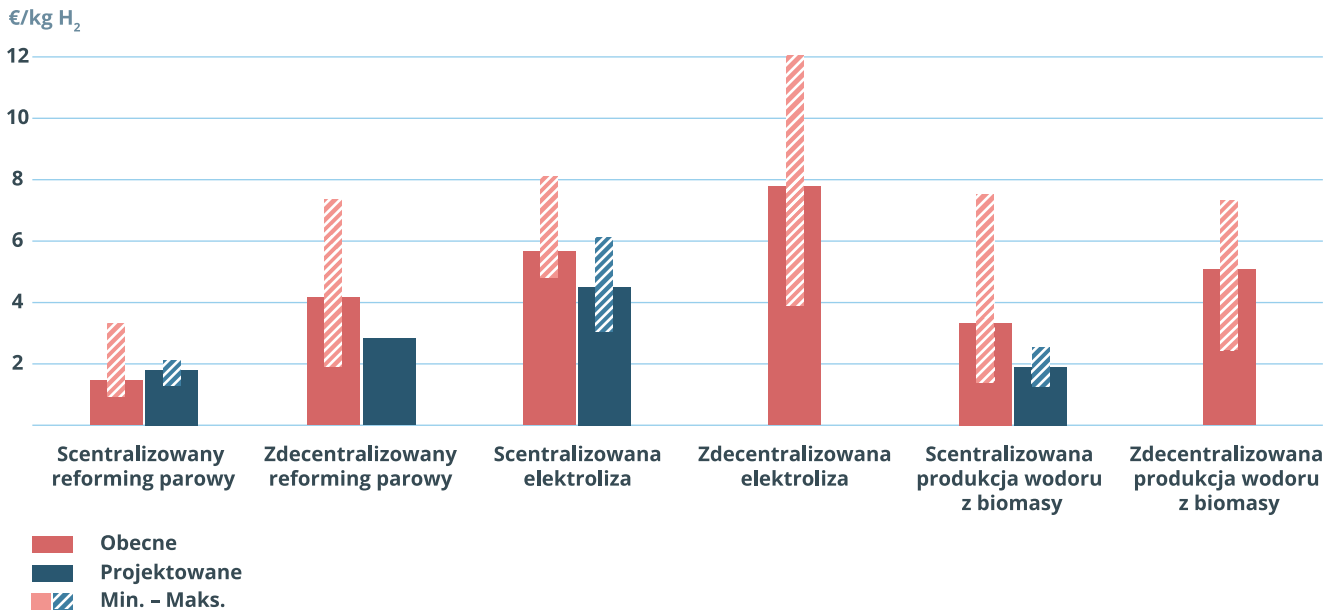
Dzisiaj większość stacji tankowania dystrybuje wodór produkowany w modelu scentralizowanym^[38]. Wynika to przede wszystkim z etapu rozwoju rynku – jak było to wskazywane powyżej, na wczesnym etapie rozwoju rynku najbardziej racjonalne jest wykorzystanie nadwyżek wodoru z instalacji produkujących go przede wszystkim na potrzeby przemysłu. Dlatego też znakomita większość stacji tankowania została jak dotąd zbudowana w pobliżu istniejących instalacji produkcji wodoru, aby ograniczyć koszty jego transportu. W miarę rozwoju rynku, konieczna będzie jednak rozbudowa infrastruktury do tankowania wodoru na terenie całego państwa, w coraz większej odległości od obecnie istniejących instalacji. W takiej sytuacji dla każdej nowej stacji konieczne będzie przeanalizowanie kosztów produkcji i transportu wodoru. Według analizy firmy Shell, zdecentralizowana produkcja jest o 2 euro droższa na każdym kilogramie wodoru:

- ▶ scentralizowana elektroliza wody: ok. 6 EUR/kg H₂
- ▶ zdecentralizowana elektroliza wody: ok. 8 EUR/kg H₂
- ▶ scentralizowany reforming parowy: ok. 2 EUR/kg H₂
- ▶ zdecentralizowany reforming parowy: ok. 4 EUR/kg H₂.

Powyższe koszty produkcji wodoru w procesie reformingu parowego nie uwzględniają jednak kosztów emisji CO₂ – przyszłe koszty powinny uwzględniać także koszt instalacji CCUS, które przyczynią się do wzrostu kosztów produkcji wodoru w tej technologii.

Biorąc pod uwagę ograniczoną infrastrukturę przesyłową (zaledwie ok. 4,5 tys. km rurociągów do przesyłu wodoru na całym świecie)^[39], transport wodoru może odbywać się obecnie głównie poprzez sieć istniejących dróg. Przy jednocześnie stosunkowo wysokich cenach transportu drogowego wodoru w cysternach lub naczepach ze sprężonym wodorem (tzw. tube trailers) – na poziomie ok. 2 dol./kg H₂ przy transporcie wodoru na odległość co najmniej 500 km^[40] – zdecentralizowana produkcja w pobliżu stacji tankowania może być więc opłacalna w sytuacjach, kiedy niemożliwy jest przesył paliwa rurociągiem, a najbliższa duża instalacja produkcji wodoru znajduje się ponad kilkaset kilometrów dalej.

Samochody FCEV vs BEV



Źródło: Shell, Shell Hydrogen Study: Energy of the Future? (2017 r.).

W większości przypadków bardziej ekonomicznym rozwiązaniem powinna być jednak wielkoskalowa produkcja wodoru w instalacjach reformingu parowego z CCUS lub instalacjach elektrolizy wody zlokalizowanych w pobliżu dużych farm wiatrowych i słonecznych oraz transport tego

paliwa do stacji tankowania. Opłacalność tego rozwiązania dalej wzrośnie, jeśli w najbliższych latach istniejąca infrastruktura do przesyłu gazu ziemnego zostanie dostosowana również do przesyłu wodoru^[41].

MOŻLIWY PODZIAŁ RYNKU TRANSPORTU - PROGNOZY

Warto raz jeszcze podkreślić, że charakterystyka baterii litowo-jonowych i ogniw paliwowych skłania do wniosku, iż technologie BEV i FCEV nie powinny być traktowane jako konkurencyjne.auta na baterie litowo-jonowe już dzisiaj zdobyły sporą część rynku samochodów osobowych. Jeśli sprawdzą się prognozy Bloomberg New Energy Finance i w 2022 r. samochody te staną się konkurencyjne cenowo wobec tych z silnikami spalinowymi^[42], w najbliższych latach pojawi się ich na ulicach jeszcze więcej. Technologia ta jest bowiem w stanie zaspokoić potrzeby znakomitej większości dzisiejszych kierowców, którzy wykorzystują samochód głównie do jazdy do pracy – w tym samym lub pobliskim mieście – i z powrotem.

W przyszłości floty wypożyczalni samochodowych mogą składać się głównie z samochodów wodorowych, wypożyczanych przez właścicieli pojazdów BEV chcących pokonać dłuższą trasę.

Niemniej również oni będą mogli odczuć negatywne skutki „elektryfikacji” samochodów. Gdy w weekendy lub wakacje będą chcieli wyjechać dalej, jedno ładowanie pojazdu BEV nie będzie wystarczające. Dla tych, którzy dłuższe trasy pokonują regularnie, technologia baterii litowo-jonowych może okazać się niewystarczająca, a samochody wodorowe będą jawić się jako lepsze rozwiązanie. Nie zawsze musi to oznaczać zakup własnego auta na wodór. Ci, którzy pozostaną przy samochodach BEV będą mogli skorzystać z wynajmu – w przyszłości floty wypożyczalni samochodowych mogą składać się głównie z samochodów wodorowych, wypożyczanych

właśnie przez właścicieli pojazdów BEV chcących pokonać dłuższe trasy.

Prawdziwym wyzwaniem dla technologii baterii litowo-jonowych są więc pojazdy o dużej masie i pokonujące duże odległości każdego dnia. Biorąc pod uwagę niski zasięg pojazdów BEV oraz ich długi czas ładowania, zastosowanie tej technologii do samochodów ciężarowych, dostawczych czy autobusów wydaje się być dziś dużo mniej atrakcyjne. W wielu przypadkach oznaczałoby ono zwiększenie kosztów prowadzonej działalności, wynikające np. z potrzeby zwiększenia floty (potrzeba dodatkowych pojazdów, aby zapewnić ciągłą działalność, gdy część pojazdów musi zostać „wyłączona” na czas ładowania) lub nawet konieczności poważniejszego przemodelowania prowadzonej działalności – np. poprzez zwiększenie liczby punktów dystrybucyjnych w przypadku firm dostawczych czy zmianę obsługiwanych tras w przypadku autobusów.

To właśnie na tych rynkach – samochodów ciężarowych, dostawczych i autobusów – technologia ogniw paliwowych może więc cieszyć się w nadchodzących latach największą popularnością. Kolejno przedstawimy perspektywę w tych segmentach rynku motoryzacyjnego.

Autobusy

Choć na rynek motoryzacji patrzy się głównie przez pryzmat samochodów osobowych, technologia ogniw paliwowych produkujących energię elektryczną przy użyciu wodoru wykorzystywana jest również w innych segmentach rynku. Jednym z najbardziej obiecujących jest rynek autobusów.

Liderem we wprowadzaniu autobusów wodorowych pozostają Chiny. Na koniec 2018 r. było zarejestrowanych tam ponad 400 autobusów używających ogniw paliwowych, głównie w ramach testów. Ok. 50 autobusów wodorowych jeździło na koniec 2017 r. po ulicach europejskich miast

i tyle samo w Stanach Zjednoczonych^[43]. Podobne projekty demonstracyjne przeprowadzane były w ostatnich latach również w Korei i w Japonii – w ostatnim z tych państw co najmniej 100 autobusów wodorowych ma zostać oddanych do użytku do czasu rozpoczęcia igrzysk olimpijskich w Tokio w 2020 roku^[44].

Wśród nielicznych wciąż producentów autobusów wodorowych znajduje się również polska firma Solaris, która w tym roku zaprezentowała swój pierwszy model autobusu napędzanego przy użyciu ogniw paliwowych – Solaris Urbino 12 Hydrogen – i podpisała pierwszy kontrakt na dostawę jego 12 egzemplarzy do włoskiego miasta Bolzano^[45].

Samochody ciężarowe, dostawcze, widłowe

Rynkami perspektywicznymi dla technologii ogniw paliwowych są również rynki samochodów ciężarowych, dostawczych i widłowych. Podobnie, jak w przypadku autobusów liderem są Chiny. Według chińskich statystyk na koniec 2018 r. miało być tam zarejestrowanych 412 samochodów ciężarowych^[46]. Dodatkowo, 500 mniejszych samochodów dostawczych FCEV działa w mieście Rugao, nazywanym pilotażowym miastem gospodarki wodorowej, a dalszych 100 pojazdów tego rodzaju używanych jest w okręgu metropolitalnym Szanghaju. W Stanach Zjednoczonych rynkiem zeroemisyjnych samochodów ciężarowych chce zająć się ze swoimi wodorowymi modelami spółka Nikola (wg ostatniej wyceny jest warta już 3 mld dol.^[47]).

Co jednak ciekawe, rynkiem na którym wodór już dzisiaj udowodnił swoje możliwości i gdzie technologia ogniw paliwowych jest już dobrze zadomowiona jest rynek wózków widłowych. Ze względu na powszechne wykorzystywanie tych pojazdów na powierzchniach zamkniętych (duże hale magazynowe) i jednoczesną konieczność ochrony pracowników przed nadmiernymi spalinami potrzeba technologii zeroemisyjnych stała się w tym zakresie wyjątkowo paląca. Biorąc pod uwagę znacznie krótszy czas tankowania wodoru niż ładowania baterii litowo-jonowych, ogniwa paliwowe okazały się dla wielu przedsiębiorstw bardziej ekonomicznym rozwiązaniem, gdyż pojazdy nimi napędzane mogą być używane nieomal bez przerwy, podczas gdy pojazdy BEV muszą być regularnie odstawiane na czas ładowania. Na świecie jest w użytku obecnie ponad 15 tys. wózków widłowych z ogniwami paliwowymi, w tym w największych halach magazynowych należących do takich firm, jak Walmart czy Amazon.

Transport kolejowy

Wodór i ogniwa paliwowe dają szansę dekarbonizacji nie tylko transportu drogowego, ale także innych gałęzi transportu. Najbardziej zaawansowane są projekty wykorzystania tej technologii w transporcie kolejowym. Choć transport kolejowy jest już dzisiaj znacznie bardziej zelektryfikowany niż inne środki transportu, w większości państw europejskich nieelektryfikowanych jest wciąż ok. 40-50 proc. linii kolejowych – obecnie jeżdżą po nich głównie pociągi używające silników diesla. Elektryfikacja tych linii jest oczywiście możliwa, lecz prawdopodobnie nie najbardziej ekonomiczna, biorąc pod uwagę, że są to przede wszystkim linie o niskim natężeniu ruchu. Choć istnieją projekty pociągów napędzanych przy użyciu baterii litowo-jonowych, technologia ta nie jest najlepiej dostosowana do pojazdów o dużej masie i pokonujących duże dystanse – jest to podobny problem, jak w przypadku samochodów ciężarowych. Stąd, uważa się, że ogniwa paliwowe mogą być w tym zakresie lepszym rozwiązaniem.

Pierwszy pociąg wodorowy wprowadziła na rynek francuska firma Alstom. Produkowana przez nią Coradia Lint wjechała na tory kolejowe w Dolnej Saksonii we wrześniu 2018 r. Obecnie w użytku są tam dwa pojazdy tego modelu. Do 2021 r. flota pociągów wodorowych w Niemczech ma wzrosnąć do 14^[48]. Podobne plany zakupowe mają rządy m.in. Wielkiej Brytanii, Austrii, Francji i Japonii.

Transport morski

Kolejnym trudnym do dekarbonizacji obszarem, w którym duże nadzieje wiąże się z technologią ogniw paliwowych jest transport morski. Sektor ten odpowiedzialny jest dzisiaj za ok. 5 proc. globalnego popytu na ropę naftową i ok. 2,5 proc. globalnych emisji CO₂^[49]. Biorąc pod uwagę, że 90 proc. globalnego handlu towarami odbywa się drogą morską, a wzrost gospodarczy na rynkach wschodzących będzie przyczyniał się w najbliższych latach do jego rozwoju (skorygowanego o konsekwencje ewentualnej dalszej wojny handlowej pomiędzy USA a Chinami), brak zmian technologicznych będzie skutkował znacznym wzrostem emisji gazów cieplarnianych. Jednakże podobnie, jak w przypadku drogowego transportu ciężarowego czy transportu kolejowego, baterie litowo-jonowe mogą okazać się tu niewystarczające, aby zapewnić nieprzerwane dalsze funkcjonowanie globalnych szlaków handlowych. Ponownie, jako alternatywa jawi się więc wodór, który cechuje się

wysoką gęstością energii w przeliczeniu na masę, szybszym tankowaniem i pozwala na dalszy zasięg.

Budowę prototypowych statków napędzanych ogniwami paliwowymi ogłosiła więc już m.in. Kalifornia i Irlandia. W Norwegii i Francji projekt FLAGSHIPS otrzymał z unijnego programu Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking 5 mln euro dofinansowania na budowę dwóch promów wodorowych, które mają być oddane do użytku w 2021 r.[50].

Transport lotniczy

Największym wyzwaniem jeśli chodzi o dekarbonizację i ograniczenie emisji CO₂ będzie

sektor lotniczy. Niestety, dotychczasowe analizy wykazują, że wykorzystanie wodoru jako paliwa lotniczego nie będzie możliwe. Obecnie znakomita większość projektów nad zeroemisyjnymi samolotami skupia się na bateriach litowo-jonowych lub na bezpośrednim wykorzystaniu energii elektrycznej produkowanej przez panele fotowoltaiczne zamontowane na powierzchni samolotu. Jednakże i te rozwiązania wiążą się z problemami wynikającymi z dużej wagi baterii i wysokich kosztów. Alternatywą mogą być więc paliwa syntetyczne produkowane w oparciu o wodór. Ich zaletą jest brak konieczności wprowadzania poważniejszych zmian w konstrukcji silników oraz w istniejącej infrastrukturze do tankowania samolotów.

PRZEGLĄD DZIAŁAŃ PAŃSTW W ZAKRESIE ROZWIĄZAŃ OPARTYCH NA WODORZE W 2018 R.

| KRAJ | NAJWAŻNIEJSZE DZIAŁANIA ^[51] |
|-----------|---|
| Australia | Rząd zapowiedział ponad 100 mln dol. australijskich na wsparcie badań nad wodorem i rozwój projektów pilotażowych. Opublikowano techniczną mapę drogową dla wodoru w Australii. Powołano rządową grupę roboczą, której zadaniem jest opracowanie krajowej strategii dotyczącej wodoru, która ma zostać ukończona do końca 2019 r. |
| Austria | Rząd ogłosił, że strategia dotycząca rozwoju wodoru oparta na energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych zostanie opracowana w 2019 r. jako część austriackiej strategii klimatyczno-energetycznej na rok 2030. |
| Belgia | W 2018 r. opublikowano mapę drogową dotyczącą wodoru, w której określono szczegółowe cele w zakresie 2030 i 2050 r. oraz powiązany z nimi regionalny plan inwestycyjny w wysokości 50 mln euro w zakresie Power to Gas. Inwestycje wodorowe mają zostać powiązane z planami rozwoju nowych technologii w energetyce. |
| Brazylia | Brazylia nie ma jeszcze strategii wodorowej, rząd zdecydował natomiast o włączeniu wodoru do planu na rzecz nauki, technologii i innowacji w zakresie odnawialnych źródeł energii oraz biopaliw. Brazylia włącza się także w działania międzynarodowe - była gospodarzem i wspierała 22. Światową Konferencję Energii Wodorowej w 2018 roku. Nowymi technologiami jest zainteresowany m.in. silny sektor rolniczy - regulacyjnie wodór i biopaliwa są traktowane podobnie. |
| Chiny | Rząd Chin ogłosił, że w oparciu o program „10 miast”, w którym wytypowano 10 miast jako liderów rozwoju pojazdów elektrycznych, zostanie opracowany program „10 miast wodorowych”. Ogłoszono, że Wuhan będzie chińskim miastem/klastrem dla technologii wodorowych - szacuje się, że ma skupiać około 100 producentów ogniw paliwowych, a także przedsiębiorstwa powiązane. W Wuhan do 2020 r. ma jeździć 5 tys. pojazdów FCEV, a do 2025 r. ma powstać nawet 300 stacji paliw wodorowych. W sumie w Chinach 2030 r. ma być na drogach 1 mln FCEV oraz 1000 stacji paliw. Pojazdy FCEV (i pojazdy elektryczne zasilane bateryjnie) mają być zwolnione z podatków. Cel: 1 milion pojazdów FCEV oraz 1000 stacji do tankowania pojazdów wodorowych do 2030 roku. |

| | |
|-----------------|--|
| Unia Europejska | <p>Komisja Europejska opublikowała wieloletnią strategię dekarbonizacji różnych sektorów gospodarki, która dla osiągnięcia stanu neutralności klimatycznej przewiduje również rozwój technologii wodorowych.</p> <p>UE chce promować synergii pomiędzy rozwojem OZE i produkcją wodoru. 28 krajów europejskich podpisało deklarację promującą współpracę w zakresie technologii wodorowych. Współpraca ma obejmować 100 przedsiębiorstw, organizacji i instytucji.</p> |
| Francja | <p>Rząd francuski zaprezentował plan wdrożenia technologii wodorowych w gospodarce do 2023 r. Finansowanie na ten okres: 100 mln EUR. Podobna kwota zostanie przydzielona na lata 2023-2028.</p> <p>Cel: budowa 320 stacji do tankowania wodoru do 2025 r., 50 tys. pojazdów wodorowych do 2028 r.</p> |
| Niemcy | <p>Zatwierdzono krajowy program innowacji w dziedzinie technologii wodorowych i ogniw paliwowych na kolejnych 10 lat, z finansowaniem w wysokości 1,4 mld euro (na stacje tankowania wodoru, pojazdy napędzane ogniwami paliwowymi i rozwój mikrogeneracji). Tę kwotę mają uzupełnić 2 mld euro inwestycji prywatnych. Rząd już prowadzi program „H2mobility”, który wspiera m.in. pierwszą komercyjną eksploatację pociągu napędzanego wodorem.</p> <p>Cel: budowa 1000 stacji do tankowania wodoru do 2030 r.</p> |
| Japonia | <p>Japonia jest technologicznym liderem wodoru na świecie. W 2018 r. zaktualizowała plan działania w celu wdrożenia kolejnego etapu strategii wodorowej (celem jest redukcja kosztów technologii wodorowych). Bank Rozwoju Japonii dołączył do konsorcjum realizującego projekt „Japonia H2 Mobilty”, którego celem jest budowa 80 stacji tankowania wodoru do 2021 r.</p> <p>Cel: 1000 stacji do tankowania wodoru i 800 tys. pojazdów FCEV do 2030 r.</p> |
| Korea | <p>Opublikowano mapę drogową gospodarki wodorowej, zawierającą cele na 2022 i 2040 r. dla autobusów, pojazdów osobowych oraz ciężarówek.</p> <p>Rząd Korei zapowiedział prace nad technologiczną mapą drogową dla gospodarki wodorowej.</p> <p>Cel: 1000 stacji do tankowania wodoru i 500 tys. pojazdów FCEV do 2030 r.</p> |
| Holandia | <p>Opublikowano mapę drogową dotyczącą wodoru. Rozdział dotyczący wodoru został również włączony do holenderskiego programu klimatycznego.</p> |
| Nowa Zelandia | <p>Podpisano porozumienie o współpracy z Japonią w zakresie wspólnych projektów dotyczących wodoru.</p> <p>Rozpoczęto przygotowania strategii dotyczącej wodoru. Ustanowiono Zielony Fundusz Inwestycyjny do inwestowania w przedsiębiorstwa pracujące z wodorem, w tym komercjalizujące wodorowe rozwiązania.</p> |
| Wielka Brytania | <p>Utworzono dwa fundusze z łącznym kapitałem 20 mln GBP na innowacje w zakresie niskoemisyjnych dostaw wodoru oraz innowacje w zakresie magazynowania wodoru w instalacjach OZE (zwłaszcza w morskich farmach wiatrowych).</p> <p>Zapowiedziano zmniejszenie emisyjności klastrów przemysłowych. Działania wodorowe mogą liczyć na wsparcie 170 mln GBP ze środków publicznych z dedykowanego funduszu powstałego w ramach brytyjskiej Strategii Przemysłowej.</p> |

Wodór przez coraz większą grupę państw jest traktowany jako paliwo przyszłości, które może pozwolić na dekarbonizację sektora transportu. Poniżej przedstawiamy krótki opis najważniejszych działań zrealizowanych w wybranych krajach w 2018 roku. Niektóre z nich są dopiero na początku wodorowej ścieżki, inne już analizują możliwości wykorzystania technologii wodorowych. Kilka państw, jak Japonia czy USA, bardzo poważnie podchodzi do technologii wodorowych. Całość pokazuje, że scenariusz nowej mobilności opartej na wodorze jest analizowany coraz częściej i coraz wnikliwiej.

Kalifornia - case study

Amerykański stan Kalifornia to region, gdzie nowa mobilność wodorowa rozwija się najszybciej. Wyznaczone cele są zaś imponujące - Kalifornijskie Partnerstwo na Rzecz Ogniw Paliwowych określiło je na 1000 stacji tankowania wodoru oraz 1 milion pojazdów FCEV na drogach do 2030 roku.

Już w 2007 r. Kalifornia ustanowiła pierwszy na świecie system ograniczenia emisji CO₂ w transporcie. Podstawowym celem jest osiągnięcie 20-proc. redukcji emisji dwutlenku węgla do 2030 r., w porównaniu z poziomem z roku 2010, w całym cyklu życia paliw transportowych, co jest jednym z głównych czynników rozwoju technologii wodorowych.

Zmiany wprowadzone w Kalifornii w 2019 r. rozszerzyły zakres kwalifikujących się technologii redukcji emisji oraz wprowadziły zachęty do rozwijania stacji tankowania wodoru i szybkiego ładowania pojazdów elektrycznych.

Jak to się robi

W uproszczeniu, kalifornijski standard paliw niskoemisyjnych (LCFS) działa w taki sposób, że dostawcy paliwa o intensywności emisji CO₂ powyżej wyznaczonej wartości docelowej generują deficyty niskoemisyjne, muszą więc pozyskać kredyt ze strony dostawców paliw o niższej zawartości węgla, który równoważy ich deficyt. System ten motywuje dostawców paliw do dalszego zmniejszania intensywności emisji – nawet tych, którzy produkują już jeden z rodzajów paliwa alternatywnego, czy też rozwijają już infrastrukturę ładowania pojazdów elektrycznych.

Kredyty niskoemisyjne są wystawiane w jednostkach ton ekwiwalentu CO₂, w odniesieniu do wartości standardowej dla benzyny, oleju napędowego lub paliwa lotniczego. Co ciekawe, w miarę upływu czasu różnorodność alternatywnych źródeł energii zwiększyła się. W 2011 r. dostawcy bioetanolu otrzymali 80 proc. kredytów, podczas gdy w 2018 r. podaż na odnawialny olej napędowy, biodiesel, energię elektryczną i biometan wynosiła ponad 60 proc. kredytów. Generalnie, w 2018 roku przeprowadzono 13 mln transakcji kredytowych, a średnia cena wynosiła 160 dol./tCO₂.

Jeśli chodzi o wsparcie wodoru w systemie LCFS, to wodór może generować kredyty emisyjne dla paliw kopalnych na wiele sposobów, w tym między innymi przez:

- ▶ funkcjonowanie stacji tankowania wodoru,
- ▶ dostawy wodoru do pojazdów elektrycznych z ogniwami paliwowymi (FCEV) lub wózków widłowych,
- ▶ dostawy produktów naftowych wytwarzanych z wykorzystaniem wodoru o niskiej zawartości węgla (np. z CCUS), z wykorzystaniem reformowania parowego biometanu lub elektrolizy (w rafineriach),
- ▶ używanie elektrolizera.

Wartość jednostki wodoru różni się w zależności od zużycia i cyklu życia emisji CO₂. Na przykład przy cenie 160 dol./tCO₂ (stan z 2018 roku) jeden kilogram wodoru niskoemisyjnego o zerowej emisji byłby wart około 4,3 dol. w przypadku bezpośredniego użycia w samochodzie z ogniwami paliwowymi 3,6 dol. w przypadku użycia bezpośrednio w wózku widłowym z ogniwami paliwowymi lub 2,3 dol. w przypadku zastąpienia wodoru opartego na gazie ziemnym w rafinerii lub instalacji do produkcji oleju napędowego ze źródeł odnawialnych.

Kalifornijski system LCFS pozwala na wsparcie dla paliw alternatywnych. Jego konstrukcja przypomina znany w Polsce system handlu emisjami EU ETS. Przy projektowaniu kompleksowego systemu wsparcia ważne jest zachowanie zasady neutralności technologicznej, tak aby nie faworyzować jednego, wybranego paliwa alternatywnego.

POLSKA – STAN OBECNY I SUGEROWANE ZMIANY

W Polsce rynek pojazdów wodorowych z pewnością nie rozwinie się wyłącznie w oparciu o potrzeby zakupowe kierowców. Podobnie, jak rynek samochodów BEV potrzebuje on systemu bodźców i zachęte ze strony państwa. Potrzeba systemu wsparcia jest tym większa, że dzisiaj samochody FCEV nie są w stanie cenowo konkurować nie tylko z samochodami spalinowymi, ale również samochodami BEV.

Obecnie

Na razie samochody wodorowe są traktowane przez polski rząd zdecydowanie mniej priorytetowo niż samochody elektryczne BEV. W „Planie rozwoju elektromobilności” przyjętym w marcu 2017 r. słowo „wodór” nie pada ani razu, a „Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych” z 29 marca 2017 r. stwierdzają, że „nie ma podstaw do rozwoju punktów tankowania wodoru w Polsce w najbliższych latach”^[52]. Rząd przyjął plan budowy polskiego samochodu elektrycznego BEV.

Niemniej, podpisanie 30 września 2019 r. przez ministra Energii dwóch rozporządzeń wykonawczych do Funduszu Niskoemisyjnego Transportu (FNT) jawi się jako pewna szansa odwrócenia dotychczasowego trendu. Zgodnie z warunkami udzielania wsparcia z FNT, instalacje produkcji wodoru w procesie elektrolizy wody oraz stacje tankowania wodoru także będą mogły otrzymać dofinansowanie do 50 proc. kosztów kwalifikowalnych. Zakup pojazdów FCEV na cele inne niż transport zbiorowy będzie mógł być dofinansowany na poziomie 30 proc. kosztów kwalifikowalnych, zaś zakup autobusów wodorowych – 55 proc.

Niestety, dotychczasowa „dyskryminacja” technologii wodorowych może stać się barierą w pozyskiwaniu finansowania, ponieważ Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych nie zawierają żadnych celów co do liczby stacji tankowania wodoru, więc inwestycje w taką infrastrukturę nie spełniają wszystkich kryteriów FNT. Konieczne jest również

dostosowanie istniejących ram prawnych w zakresie prawa energetycznego i prawa zagospodarowania przestrzennego.

Skupienie się tylko na jednej technologii może się wydawać racjonalną decyzją – rząd chce uniknąć rynkowej kanibalizacji, która uniemożliwiłaby obniżenie kosztów produktów i infrastruktury w ramach obu technologii. Z drugiej strony jest to konsekwencja nierównego traktowania obu technologii przez ustawodawcę unijnego. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych, zobowiązuje wszystkie państwa członkowskie do utworzenia do 31 grudnia 2020 r. odpowiedniej liczby publicznie dostępnych punktów ładowania^[53], rozwój infrastruktury do tankowania wodoru pozostawiając do własnej decyzji^[54].

Ewentualna decyzja o rozwoju rynku samochodów wodorowych powinna być częścią fundamentalnych ustaleń co do roli wodoru w polskiej gospodarce. Rozwój rynku samochodów wodorowych w Polsce będzie optymalny, jeśli będzie się odbywał wraz ze wzrostem roli wodoru w innych gałęziach gospodarki. Dla przykładu, wsparcie dla budowy instalacji produkcji wodoru w procesie elektrolizy wody przy planowanych obecnie dużych inwestycjach w farmy wiatrowe i słoneczne może pozwolić zarazem na stosunkowo tanią produkcję paliwa, jak i na bilansowanie systemu elektroenergetycznego i długoterminowe magazynowanie energii. Także decyzja o dostosowaniu infrastruktury przesyłowej gazu ziemnego do przesyłu wodoru ułatwi dostawy paliwa z miejsca produkcji do stacji tankowania, ale może być też ważnym elementem dekarbonizacji sektora ciepłowniczego. Dlatego ewentualna decyzja o rozwoju rynku samochodów wodorowych powinna być częścią fundamentalnych ustaleń co do roli wodoru w całej polskiej gospodarce.

Produkcja wodoru z zasobów kopalnych, jego przesyłanie, dystrybucja i wykorzystanie

w przemyśle i sektorze rafineryjnym oparte są dzisiaj na dojrzałych technologiach i stosowane na dużą skalę. W związku z tym nie powstają żadne bariery prawne i administracyjne związane z jego produkcją i konwencjonalnym składowaniem. W przypadku produkcji lokalnej poza strefą przemysłową, np. w strefie miejskiej, pojawiają się jednak problemy i bariery administracyjne.

Polska jest piątym producentem wodoru na świecie. Rocznie produkuje się u nas megatonę tego pierwiastka.

W Polsce, kraju będącym piątym największym producentem wodoru na świecie, większość produkowanego gazu pochodzi z ropy naftowej i gazu ziemnego. Produkcja realizowana jest głównie poprzez trzy rodzaje procesu reformowania:

- ▶ reforming parą metanową,
- ▶ częściowe utlenianie,
- ▶ proces autotermiczny (połączenie dwóch poprzednich).

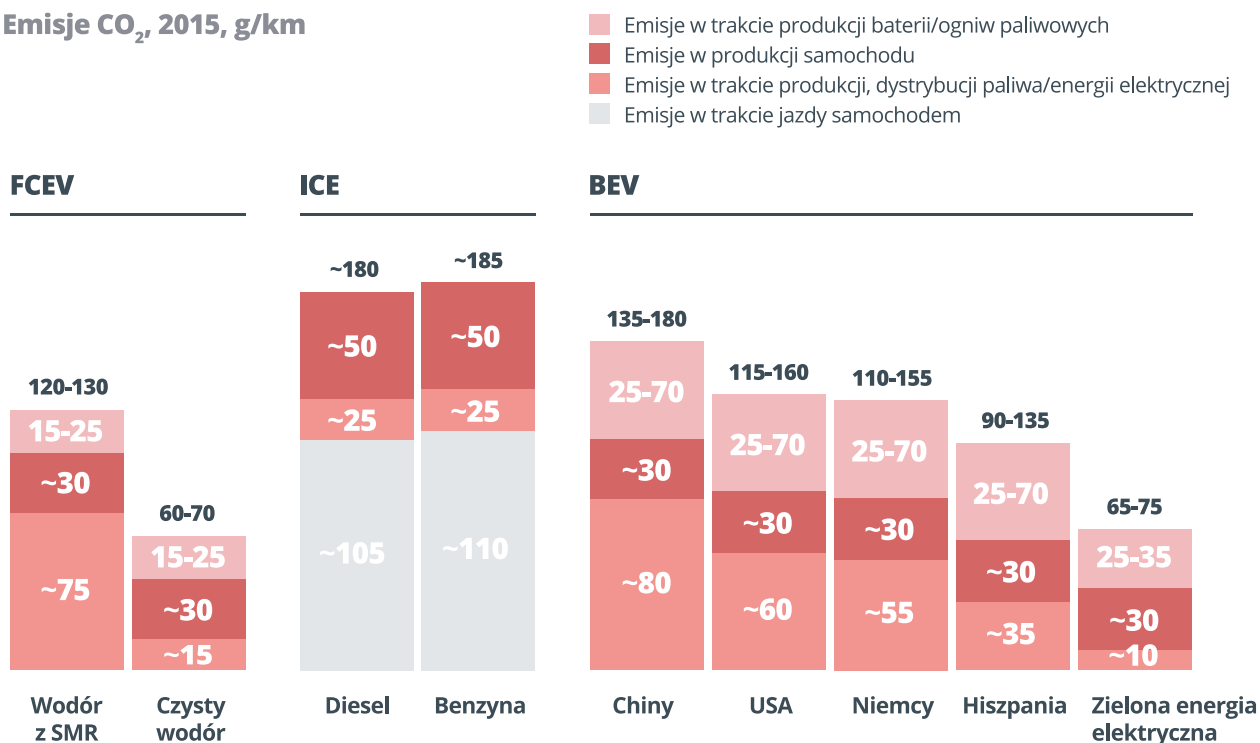
Niestety, najbardziej obiecujący sposób z punktu widzenia ekologicznego, czyli technologia elektrolizy, nie jest u nas obecnie stosowany na skalę przemysłową. Jesteśmy dopiero na początku wodorowej drogi. Przepisy krajowe także nie stanowią jeszcze optymalnego z punktu widzenia rozwoju branży wodorowej otoczenia regulacyjnego.

Emisje w cyklu życia samochodu wodorowego

Co istotne dla Polski, dekarbonizacja transportu poprzez zastąpienie samochodów z silnikami spalinowymi pojazdami BEV, możliwa jest tylko

Pojazdy napędzane wodorowymi ogniwami paliwowymi mogą osiągnąć bardzo niskie poziomy emisji CO₂, jeśli uwzględniany jest cały cykl życia produktu

Emisje CO₂, 2015, g/km



Założenia: samochód kompaktowy (segment C) jako punkt odniesienia (4,1 l/100 km diesel; 4,8 l/100 km benzyna; 35,6 kWh baterii); średnio 120.000 km przejechanych w trakcie „życia” pojazdu; poziom emisji z sektora elektroenergetycznego Chinach, Niemczech i Hiszpanii w 2015 r.; produkcja samochodów elektrycznych (z wyłączeniem baterii i ogniw paliwowych) o 40 proc. mniej energochłonna niż produkcja samochodów z silnikami spalinowymi; 10 kg CO₂/H₂ z SMR; 13 kWh/100 km

Źródło: Hydrogen Council, Hydrogen Scaling Up.

przy odpowiednio dużym udziale OZE w miksie energetycznym. Auta elektryczne na baterie litowo-jonowe są w stanie zredukować problem smogu w miastach bez względu na sposób produkcji energii elektrycznej. Ale trzeba powiedzieć otwarcie, iż tak długo, jak długo w polskim miksie energetycznym dominować będzie węgiel, wpływ sektora transportu na ograniczanie emisyjności będzie znikomy.

W Niemczech, państwie z dużym udziałem produkcji i wykorzystania OZE, poziom emisji z samochodu elektrycznego na 1 km (uwzględniający także emisje w trakcie procesu produkcji baterii/ogniwa paliwowego, produkcji samochodu oraz produkcji wodoru/energii elektrycznej) jest wyższy w przypadku samochodu BEV niż samochodu FCEV. I to nawet w przypadku, gdy auto FCEV używa mniej czystego wodoru uzyskanego z reformingu parowego paliw kopalnych. W Polsce różnica ta musi być jeszcze większa, z niekorzyścią dla BEV.

Konieczne zmiany

Wodór jest gazem łatwopalnym i wybuchowym, dlatego też pewne ograniczenia w jego stosowaniu są niezbędne. Aby jednak umożliwić pełny rozwój rynku samochodów wodorowych w Polsce oraz szerzej - gospodarki wodorowej, podstawowym krokiem musi być dostosowanie prawa. Chociaż bowiem na poziomie ustawodawstwa krajowego wodór jest traktowany jak jedno z paliw alternatywnych, nadal brakuje dla niego aktów prawnych w dziedzinie instalacji zasilania gazem i włączania wytworzonego wodoru do krajowej sieci gazowej, i systemów magazynowania. Nie ma też regulacji prawnych dotyczących końcowego wykorzystania energii elektrycznej do celów wytwarzania wodoru, który będzie dystrybuowany do sieci gazowej i systemów magazynowania. Dodatkowego uregulowania będzie wymagała również kwestia przyłączy instalacji opartych na procesie elektrolizy do sieci elektroenergetycznych.

Duże wyzwanie stanowi przypadek lokalnego i czasowego składowania poza strefą przemysłową, na przykład w strefie miejskiej. Obecne prawodawstwo dotyczące produkcji przemysłowej wodoru jest ściśle interpretowane i stosowane również do produkcji nieprzemysłowej (np. z wykorzystaniem procesu elektrolizy poza strefami przemysłowymi). Takie podejście powoduje, że produkcja wodoru zarezerwowana jest w Polsce obecnie w praktyce

tylko dla dużych podmiotów przemysłowych np. sektora paliwo-naftowego i nie stanowi zachęty dla rozwoju instalacji o mniejszej skali i nie promuje technologii wodorowych (jak ogniwa paliwowe) czy lokalnej infrastruktury wodorowej (np. stacje tankowania wodoru). Brak rozróżnienia między lokalnymi i przemysłowymi metodami produkcji wodoru ogranicza potencjał tych technologii dla potrzeb produkcji lokalnej poza strefą przemysłową.

Także magazynowanie wodoru jest w polskiej rzeczywistości ograniczone do stref przemysłowych. Jednakże wraz ze wzrostem wykorzystania wodoru w różnych zastosowaniach komercyjnych (np. jako paliwa, sprzedawanego w stacjach uzupełniania wodoru lub używanego przez mikro-CHP), powinno być to także możliwe w tych wszystkich obszarach, w których można zlokalizować zużycie. By to zaś było przydatne, musi być uzupełnione regulacjami dotyczącymi lokalizacji punktów tankowania wodoru (HRS) w miastach. Na razie znaczący wpływ na procedurę i ostateczną decyzję ma czynnik ludzki - urzędnik - zaś jego brak doświadczeń komplikuje interpretację istniejących zasad ogólnych dotyczących choćby ładowarek dla pojazdów elektrycznych. Takie podejście zwiększa ryzyko dla inwestora.

Sugerowane działania w obszarze prawa:

- ▶ Przegląd istniejących ram prawnych pod kątem produkcji i dystrybucji wodoru.
- ▶ Opracowanie wytycznych dotyczących konkretnych wymagań dla każdego sposobu produkcji wodoru.
- ▶ Określenie definicji prawnej instalacji elektrolizy wody w polskim prawie energetycznym.
- ▶ Przygotowanie procedur dotyczących przyłączenia instalacji elektrolizy do krajowej sieci elektroenergetycznej.
- ▶ Włączenie do istniejącego prawodawstwa zasad specyficznych dla magazynowania wodoru (analogicznie do magazynowania gazu).
- ▶ Zapewnienie równego traktowania stacji tankowania wodoru wobec stacji paliw konwencjonalnych w ramach planów zagospodarowania przestrzennego i zakazów strefowych (na poziomie krajowym i regionalnym).

REKOMENDACJE

W przypadku podjęcia przez Polskę decyzji o rozwoju rynku wodoru, potrzebna jest jasna strategia i długoterminowe cele zakładające, że wodór ma stać się ważnym elementem nowej mobilności w Polsce.

Aby technologie wodorowe mogły przyczynić się do transformacji polskiego sektora transportowego, konieczne jest stworzenie odpowiedniego otoczenia regulacyjno-gospodarczego. Bardzo ważną rolę w procesie rozwoju transportu opartego na technologiach wodorowych odgrywa też odpowiednio przygotowana infrastruktura.

Przedstawiamy zestaw propozycji, które warto wziąć pod uwagę planując działania mające na celu stworzenie w Polsce systemu gospodarki wodorowej.

Rekomendacja nr 1: Opracowanie strategii rozwoju technologii wodorowych w Polsce.

Przyjęcie „Planu rozwoju wodoru w Polsce” musi być pierwszym krokiem. Plan ten powinien określać rolę wodoru w procesie transformacji energetycznej i jego znaczenie w:

- ▶ procesie bilansowania systemu elektroenergetycznego,
- ▶ magazynowaniu energii,
- ▶ ciepłownictwie,
- ▶ przemyśle,
- ▶ transporcie.

Podporządkowując plan naczelnemu celowi redukcji emisji CO₂, określić należy pożądane sposoby produkcji wodoru i ewentualne środki wsparcia na wczesnym etapie rozwoju technologii (czy to elektrolizy wody, czy CCUS w przypadku reformingu parowego).

W zależności od roli przyjętej dla wodoru w polskiej gospodarce należy podjąć decyzję o ewentualnym dostosowaniu infrastruktury przesyłowej gazu ziemnego do przesyłu wodoru.

Rekomendacja nr 2: Dostosowanie otoczenia regulacyjnego, tak aby umożliwiała rozwój technologii wodorowych w Polsce.

Otoczenie regulacyjne wymaga dostosowania do specyfiki technologii wodorowych. Właściwe uregulowanie takich zagadnień, jak wytwarzanie wodoru, jego przesyłu siecią gazową, bezpieczne magazynowanie (także poza strefami przemysłowymi, zwłaszcza w miastach), czy też zasady budowy stacji do tankowania wodoru, jest kluczowe z punktu widzenia rozwoju tej branży w Polsce.

Rekomendacja nr 3: Właściwe zaplanowanie rozwoju infrastruktury do tankowania wodoru w Polsce.

Jak już wskazywaliśmy, koszty rozwoju infrastruktury do tankowania wodoru i samego paliwa mogą się mocno wahać w zależności od stopnia użytkowania stacji, kosztów produkcji wodoru i jego transportu. W związku z tym, aby zapewnić jak najniższe koszty i tym samym zachęcić inwestorów (do budowy stacji) oraz kierowców (do kupna samochodów FCEV) konieczne jest odpowiednie zaplanowanie rozwoju infrastruktury do tankowania wodoru. Proces należy podzielić na etapy - szczegółowo opisujemy je poniżej.

Rekomendacja nr 4: I etap rozwoju infrastruktury: budowa prywatnych stacji tankowania na wewnętrzne potrzeby przez przedsiębiorstwa flotowe. Lokalizacja pierwszych stacji w ramach klastrów.

Pierwszy etap rozwoju infrastruktury do tankowania wodoru powinien zakładać budowę stacji przez prywatne przedsiębiorstwa posiadające własną flotę samochodów: korporacje taksówkarskie, firmy transportowe, wypożyczalnie samochodów. Państwo powinno opracować zaś system bodźców i zachęt skłaniających podmioty tego typu do inwestycji w stacje tankowania przystosowane do własnych potrzeb, a równolegle także do zakupu pojazdów FCEV. Budując swoje stacje tankowania, przedsiębiorstwa flotowe będą w stanie z góry określić zapotrzebowanie na paliwo i zapewnić od początku ich odpowiednio wysoki stopień użytkowania, co umożliwi ograniczenie kosztów i zapewni zwrot z inwestycji. Ponieważ początkowo będą to zapewne stacje raczej o małej przepustowości, przy ich budowie należy uwzględnić możliwość rozbudowy.

Taki model rozwoju infrastruktury rekomendowała niedawno do wprowadzenia także we Francji organizacja branżowa Mobilité Hydrogène France, zraszająca przedsiębiorstwa zaangażowane w rozwój technologii wodorowych^[55].

Jednocześnie rozwój infrastruktury do tankowania wodoru w pierwszym etapie powinien odbywać się w ramach klastrów – tu definiowanych jako rejony, gdzie na wczesnych etapach rozwoju rynku przewiduje się największy popyt na samochody wodorowe. Firmy z własnymi flotami powinny być więc zachęcane do lokalizacji swoich stacji tankowania w granicach największych ośrodków miejskich, bo tam samochody wodorowe będą miały szansę najszybciej się przyjąć^[56].

W Kalifornii takimi klastrami stały się regiony metropolitalne San Francisco i Los Angeles. W Japonii rozpoczęto od Tokyo, Aichi, Osaki i Fukuoki. W **Niemczech** skupiono się w pierwszym etapie na Berlinie, Hamburgu, Zagłębiu Ruhry, Frankfurcie nad Menem, Stuttgarcie, Monachium i Norymberdze^[57]. Środkiem wspierającym klasteryzację może być uzależnienie udzielenia wsparcia publicznego na budowę stacji tankowania od konieczności jej zlokalizowania w obszarach wcześniej wyznaczonych przez publicznego organizatora konkursu. **Taką politykę obrała Kalifornia**^[58].

Ponieważ infrastruktura do przesyłu wodoru jest dzisiaj bardzo szczytkowa, a transport drogowy dosyć drogi, najlepszą opcją na start jest budowa stacji blisko miejsca produkcji wodoru. To przyczynia się do obniżenia kosztów paliwa i może zachęcać pierwszych użytkowników samochodów wodorowych. Stąd też decyzja Lotosu, aby jedną z pierwszych dwóch stacji do tankowania wodoru w Polsce zlokalizować w Gdańsku, w sąsiedztwie rafinerii, gdzie produkowany jest wodór.

Rekomendacja nr 5: II etap rozwoju infrastruktury: otwarcie stacji do tankowania wodoru na potrzeby zewnętrznych klientów

Naturalnym drugim etapem rozwoju rynku powinno być zwiększenie stopnia użytkowania pierwszych stacji do tankowania wodoru poprzez otwarcie ich dla zewnętrznych klientów^[59]. Ich upublicznienie może szybko zachęcić prywatnych kierowców rozważających zakup pojazdów FCEV. Jednocześnie skorzystają na tym właściciele stacji, bo zwiększy się rentowność ich inwestycji.

Władze Kalifornii przyznały niedawno, że rozwój rynku samochodów wodorowych okazał się możliwy przy mniejszej liczbie stacji do tankowania niż zakładano – pierwotnie przyjęto, że 68 stacji to minimum, aby konsumenci zaczęli kupować na większą skalę samochody wodorowe. Tymczasem z zaledwie 41 stacjami do tankowania liczba tych pojazdów stale rośnie^[60].

Rekomendacja nr 6: III etap rozwoju infrastruktury: rozwój zaplecza wzdłuż najważniejszych korytarzy transportowych; stopniowe zwiększanie przepustowości stacji.

W następnych etapach, stacje do tankowania wodoru powinny być budowane wzdłuż najważniejszych korytarzy transportowych. Priorytetem są korytarze łączące wcześniej powstałe klastry. W większości przypadków możliwe będzie dostosowanie dzisiejszych stacji tankowania paliw do tankowania wodoru.

Konieczne będzie jednak podjęcie decyzji o tym, czy wodór do tych stacji ma być dostarczany ze scentralizowanych instalacji produkcyjnych, czy produkowany na miejscu, w modelu zdecentralizowanym. Decyzja ta powinna być uzależniona od dwóch czynników:

- ▶ odległość od dużych instalacji produkujących wodór
- ▶ w razie decyzji o dostosowaniu infrastruktury przesyłowej i dystrybucyjnej gazu ziemnego do potrzeb wodoru – odległość od lokalnej sieci dystrybucyjnej (co pozwoli na tańszy niż drogowy transport wodoru).

Rekomendacja nr 7: Współpraca międzynarodowa i strategiczne sojusze technologiczne

Technologie wodorowe są na bardzo wczesnym etapie rozwoju. Nie jest pewne w jakim kierunku się rozwiną. Ich potencjał jest z pewnością duży i coraz więcej państw podejmuje kroki, aby z tego skorzystać. Włączenie się Polski w działania na tym etapie, biorąc pod uwagę, że Polska jest obecnie piątym producentem wodoru na świecie, dałoby nam szansę wejścia do grupy pionierów. Sojusze technologiczne pozwolą odpowiednio wcześniej zaplanować, jakie kluczowe umiejętności i kadry są potrzebne dla rozwoju gospodarki wodorowej. Dlatego już teraz należy nawiązać strategiczną współpracę z wiodącymi ośrodkami badawczymi na świecie, aby wprowadzić do programu kształcenia w Polsce zagadnienia związane z technologiami wodorowymi.

Warto również skorzystać w tym zakresie ze wsparcia unijnego – na poziomie UE głównym ośrodkiem finansującym projekty z obszaru wodoru i ogniwi paliwowych jest Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking (FCHJU). Jest to podmiot działający w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego, w skład którego wchodzi Komisja Europejska oraz dwie organizacje reprezentujące

przemysł i sektor naukowy. W ramach programu UE Horyzont 2020 FCHJU otrzymało budżet w wysokości 1,33 mld euro, z którego sfinansowano już 246 projektów.

Rekomendacja nr 8: Przyspieszenie wydatków na innowacje i procesy badawcze w obszarze technologii wodorowych.

Rząd powinien nadać wyższy priorytet finansowaniu badań w zakresie technologii wodorowych w Polsce. Zasadniczym wyzwaniem będzie koordynacja finansowania i pracy różnych agencji rządowych, środków z funduszy unijnych, Polskiego Funduszu Rozwoju, Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, zachęt podatkowych dla firm i jednostek badawczych, które mają rozwijać technologie wodorowe.

Przykładowy system wsparcia dla rozwoju technologii wodorowych powinien uwzględniać:

- ▶ udzielanie długoterminowych niskooprocentowanych pożyczek dla podmiotów inwestujących w technologie wodorowe,
- ▶ przyznawanie dotacji na rozwój technologii wodorowych w skojarzeniu z OZE,
- ▶ zwolnienie z podatków przy zakupie pojazdów wodorowych,
- ▶ długoterminowe finansowanie B+R dla sektora publicznego i prywatnego w tym obszarze,
- ▶ dedykowane finansowanie uniwersytetów, które specjalizują się w technologiach wodorowych,
- ▶ nagrody konkursowe dla naukowców rozwijających technologie wodorowe.

Wsparcie technologii wodorowych jest szczególnie istotne dla polskiego przemysłu motoryzacyjnego, który stanowi dużą część polskiego PKB i zatrudnia ponad 300 tys.^[61] osób. Jest on szczególnie wystawiony na ryzyka związane z rewolucją elektromobilności, bo opiera się głównie na produkcji części samochodowych. Biorąc pod uwagę, że liczba części w samochodach elektrycznych jest około dwukrotnie mniejsza niż w autach z silnikiem spalinowym (4-5 tys. vs 9 tys.^[62]), rosnąca popularność samochodów elektrycznych oznaczać będzie zmniejszenie wolumenu sprzedaży polskich fabryk.

Ta potencjalna słabość polskiego przemysłu motoryzacyjnego może zostać jednak przekuta w jego siłę. Chociaż bowiem w samochodach elektrycznych części jest mniej, będą one odpowiadały za coraz większą część finalnej wartości pojazdów^[63]. Przy założeniu, oczywiście, iż polski przemysł zdąży się odpowiednio szybko przestawić na produkcję elementów do pojazdów nowego typu.

Wielu inwestorów jest ostatnio bardziej zainteresowanych producentami części samochodowych niż samymi producentami samochodów, twierdząc, że dostawcy autoczęści, którzy przetrwają zmiany na rynku będą największymi beneficjentami rewolucji elektromobilności. Biorąc pod uwagę, że technologia ogniw wodorowych jest jeszcze na wczesnym etapie rozwoju jest to bardzo obiecujący obszar do współpracy pomiędzy biznesem, nauką i rządem. Wsparcie państwa w obszarze badań i rozwoju w sektorze motoryzacyjnym może wspomóc niezbędną transformację krajowych producentów do sektora pojazdów niskoemisyjnych.

Nie wiadomo dokładnie, gdzie może nas dowieźć samochód wodorowy, wydaje się jednak, że o parę kilometrów dalej niż klasyczny samochód elektryczny BEV.

PRZYPISY

1. Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen, Paryż 2019, s. 126.
2. Ibidem, s. 126.
3. California Air Resources Board, 2018 Annual Evaluation of Fuel Cell Electric Vehicle Deployment & Hydrogen Fuel Station Network Development, Lipiec 2018, s. vi.
4. California Air Resources Board, 2019 Annual Evaluation of Fuel Cell Electric Vehicle Deployment & Hydrogen Fuel Station Network Development, Lipiec 2019, s. xii.
5. H2 Live, Hydrogen cars – All models at a glance <https://h2.live/en/wasserstoffautos>.
6. Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen, Paryż 2019, s. 129.
7. Ibidem, s. 186.
8. California Air Resources Board, 2019 Annual Evaluation of Fuel Cell Electric Vehicle Deployment & Hydrogen Fuel Station Network Development, Lipiec 2019, s. xiii.
9. Ibidem, s. 131.
10. H2 Live, Hydrogen cars – All models at a glance <https://h2.live/en/wasserstoffautos>.
11. Bloomberg New Energy Finance, A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Batteries Prices, <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/>
12. Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen, Paryż 2019, s. 132.
13. <https://cafcp.org/content/cost-refill>
14. <https://fuelcellsworks.com/news/germany-new-hydrogen-fueling-stations-now-open-in-bayreuth-and-berg/>
15. <https://insideevs.com/news/355326/tesla-charging-cost-different-countries/>
16. Hydrogen Council, Hydrogen Scaling Up, s. 31.
17. <https://www.theverge.com/2019/4/4/18293989/innolith-ev-battery-breakthrough-lithium-ion>
18. Departament Energii USA, DOE Hydrogen and Fuel Cells Program Record, Record # 16020, 30 września 2016, https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/16020_fuel_cell_system_cost_2016.pdf
19. P. Wolfram, N. Lutsey, Electric vehicles: Literature review of technology costs and carbon emissions, The International Council on Clean Transportation Working Paper 2016-14, s. 13.
20. Z. Needell, J. McNerney, M. Chang, J. Trancik, Potential for widespread electrification of personal vehicle travel in the United States, "Nature Energy" 1/2016.
21. McKinsey, How battery storage can help charge the electric-vehicle market, luty 2018 <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/how-battery-storage-can-help-charge-the-electric-vehicle-market>
22. Ibidem, s. 127.
23. H2 Live, Network expansion, live! <https://h2.live/en/>

24. Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen, Paryż 2019, s. 127.
25. Ibidem, s. 127.
26. Ibidem, s. 132.
27. Shell, Shell Hydrogen Study: Energy of the Future?, Hamburg 2017, s. 55.
28. Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen, Paryż 2019, s. 128.
29. Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Hydrogen Roadmap Europe, Luksemburg 2019, s. 30.
30. M. Robinius, J. Linßen, T. Grube, M. Reuß, P. Stenzel, K. Syranidis, P. Kuckertz, D. Stolten, Comparative Analysis of Infrastructures: Hydrogen Fuelling and Electric Charging of Vehicles, Jülich Forschungszentrum, styczeń 2018, s. 73.
31. Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Hydrogen Roadmap Europe, Luksemburg 2019, s. 28-9.
32. Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen, Paryż 2019, s. 42.
33. Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen, Paryż 2019, s. 52.
34. California Fuel Cell Partnership, The California Fuel Cell Revolution, Lipiec 2018, s. 15.
35. Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen, Paryż 2019, s. 53.
36. J. Stern, Narratives for Natural Gas in Decarbonising European Gas Markets, The Oxford Institute for Energy Studies, Luty 2019, s. 5.
37. Sekcja 3 Ustawy Senackiej Nr 1505, Kalifornia, USA
https://leginfo.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=200520060SB1505.
38. Shell, Shell Hydrogen Study: Energy of the Future?, Hamburg 2017, s. 54.
39. Ibidem, s. 25-6.
40. Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen, Paryż 2019, s. 80.
41. Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Hydrogen Roadmap Europe, Luksemburg 2019, s. 34.
42. Bloomberg, Electric Car Price Tag Shrinks Along with Battery Cost, 12 kwietnia 2019,
<https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2019-04-12/electric-vehicle-battery-shrinks-and-so-does-the-total-cost>
43. Ibidem, s. 127.
44. NPR, Japan is Betting Big On the Future of Hydrogen Cars, 18 marca 2019,
<https://www.npr.org/2019/03/18/700877189/japan-is-betting-big-on-the-future-of-hydrogen-cars?t=1568388644536>.
45. Forbes, Solaris zaprezentuje autobus wodorowy. Jako pierwsi kupią go Włosi, 31 maja 2019,
<https://www.forbes.pl/transport-i-logistyka/premiera-autobusu-wodorowego-solaris-urbino-12-hydrogen/ymwzz7h>.
46. Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen, Paryż 2019, s. 127.
47. Forbes, Hydrogen Truck Startup Nikola's Valuation Jumps To \$3 Billion With Investment From CNH Industrial, 3 września 2019,
<https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/2019/09/03/heavy-duty-fuel-hydrogen-truck-startup-nikola-gets-250-million-investment-from-cnh-industrial/#4c0e34723f58>
48. Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen, Paryż 2019, s. 142.
49. Ibidem, s. 138.
50. FLAGSHIPS, FLAGSHIPS project to deploy two hydrogen vessels,

<https://flagships.eu/2019/04/04/test-flagships-project-to-deploy-two-hydrogen-vessels/>

51. Opracowane na bazie: Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen, Paryż 2019.
52. Ministerstwo Energii, Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliwa alternatywnych, 29 marca 2017 r., s. 16.
53. Art. 4 ust. 1 Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych.
54. Art. 5 ust. 1 Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych
55. Mobilite Hydrogen France, Proposition d'un plan de deployment national des vehicules hydrogen, http://www.afhypac.org/documentation/mobilite-h2-france/H2_Mobilite_France_FR.pdf
56. A. Isenstadt, N. Lutsey, Developing hydrogen fueling infrastructure for fuel cell vehicles: A status update, The International Council on Clena Transportation briefing, Październik 2017, s. 14.
57. M. Robinius, J. Linßen, T. Grube, M. Reuß, P. Stenzel, K. Syranidis, P. Kuckertz, D. Stolten, Comparative Analysis of Infrastrucutres: Hydrogen Fuelling and Electric Charging of Vehicles, Jülich Forschungszentrum, styczeń 2018, s. 5.
58. California Air Resources Board, 2019 Annual Evaluation of Fuel Cell Electric Vehicle Deployment & Hydrogen Fuel Station Network Development, Lipiec 2019, s. xiv.
59. Międzynarodowa Agencja Energii, The Future of Hydrogen, Paryż 2019, s. 134.
60. California Air Resources Board, 2019 Annual Evaluation of Fuel Cell Electric Vehicle Deployment & Hydrogen Fuel Station Network Development, Lipiec 2019, s. xv.
61. Polski Instytut Ekonomiczny, The automotive industry in Visegrad Group countries, Warszawa 2019, s. 6.
62. Ibidem, s. 42.
63. Reuters, Investors bet on component makers in electric car shift, 7 marca 2018 r., <https://uk.reuters.com/article/us-autos-ev-investors/investors-bet-on-component-makers-in-electric-car-shift-idUKKCN1GJ1IE>



300GOSPODARKA to polska platforma dyskusji liderów życia gospodarczego oraz politycznego. Organizujemy debaty, okrągłe stoły branżowe oraz konferencje gospodarcze. Tworzymy niezależne analizy, raporty oraz briefingi spełniające najwyższe standardy rynkowe. Wydajemy również gospodarczy serwis informacyjny 300gospodarka.pl, w którym opisujemy polską gospodarkę w kontekście globalnym oraz globalną gospodarkę w kontekście polskim.