

**ARKADIUSZ KAMIŃSKI<sup>1</sup>, JANUSZ JAKÓBIEC<sup>2</sup>, ANDRZEJ KULCZYCKI<sup>3</sup>, AGNIESZKA PUSZ<sup>4</sup>, ANDRZEJ SZALEK<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Polski Koncern Naftowy ORLEN S.A., email: [arkadiusz.kaminski@orlen.pl](mailto:arkadiusz.kaminski@orlen.pl)

<sup>2</sup>Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu

<sup>3</sup>Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego

<sup>4</sup>Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska

<sup>5</sup>Toyota Central Europe sp. z o. o.

**OBIEKTY DYSTRYBUCJI PALIW – HRS**

*Strategia Komisji Europejskiej w osiągnięciu neutralności klimatycznej do 2050 r., wpłynie na zmniejszenie zużycia paliw kopalnych oraz poprawę jakości powietrza, zwłaszcza w miastach. Jednym ze sposobów osiągnięcia tego celu jest dekarbonizacja gospodarki, w tym sektora transportu, który jest kluczowym dla przedsiębiorstw w globalnych łańcuchach dostaw. Ekspert uważają, że wodór zero i nisko emisyjny stosowany w pojazdach elektrycznych z wodorowymi ogniwami paliwowymi jest kluczem w realizacji tego wyzwania, w transporcie osobowym i ciężkim (ang. heavy duty) obejmującym transport lądowy, morski oraz powietrzny. Jednak, żeby wodór stał się paliwem powszechnie używanym w transporcie, konieczny jest rozwój niezbędnej infrastruktury i właściwe regulacje prawne. W pracy przedstawiono genezę powstawania obiektów dystrybucji paliwa wodorowego – HRS, kluczowe aspekty jego wprowadzania na świecie, w Europie oraz w Polsce. Przeanalizowano dane koncernów zajmujących się dystrybucją tego rodzaju paliwa, które chcą osiągnąć neutralność klimatyczną, a jednocześnie muszą zapewnić paliwa transportowe dla odbiorców. Stwierdzono, że transformacja energetyczna oraz rodzaj stosowanych nośników energii i paliw silnikowych napędzających pojazdy samochodowe, wymagają zmiany i ewolucji obiektów dystrybucji paliw.*

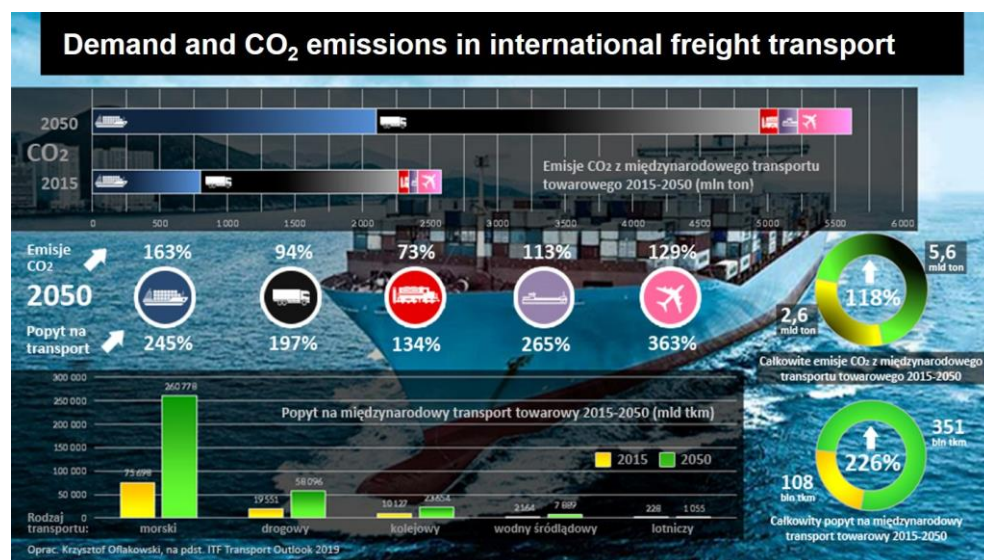
**Słowa kluczowe:** obiekty dystrybucji paliw, wodór, dekarbonizacja, zrównoważony rozwój transportu, stacja tankowania wodoru, HRS, tankowanie pojazdów.

**I. WSTĘP**

Według danych Międzynarodowej Agencji Energii – IEA (*International Energy Agency*), emisje gazów cieplarnianych pochodzące z transportu w 2021 r., kształtowały się na poziomie 8,5 GMgCO<sub>2</sub>e (gigaton ekwiwalentu CO<sub>2</sub>), czyli około 21% wszystkich światowych emisji szacowanych na 33,3 GMgCO<sub>2</sub>e [IEA 2022, Sen, Miller 2022]. Największym wyzwaniem są emisje pochodzące z transportu drogowego, stanowiące trzy czwarte emisji z transportu i tym samym 15% wszystkich światowych emisji gazów cieplarnianych – GHG (*Green House Gases*). Z przewozu osób (samochody, motocykle, autobusy i autokary) pochodzi 9% wszystkich gazów cieplarnianych dostających się każdego roku do atmosfery [IEA 2022]. Według Europejskiej Agencji Środowiska – EEA (*European Environment Agency*) około 25% całkowitej emisji CO<sub>2</sub> w UE w 2019 r. pochodziło z sektora transportu, z czego 71,7% z transportu drogowego [IEA 2017a,b, IEA 2020a-e, OECD 2020, UNFCCC 2020, Parlament

Europejski 2022]. Z drugiej strony, z tzw. strony biznesowej, transport wnosi około 55% do unijnego PKB i zatrudnia ponad 10 mln osób w Europie [Gis 2018]. W Polsce na podstawie danych Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zliczania Emisji [KOBiZE 2021], emisja z transportu drogowego kształtowała się w 2019 r. na poziomie około 63 000 Gg.

Komisja Europejska przyjęła nową strategię w zakresie gospodarki i postanowiła osiągnąć neutralność klimatyczną do 2050 r. Jednym ze sposobów osiągnięcia tego celu ma być dekarbonizacja gospodarki, w tym sektora transportowego, który jest kluczowym dla przedsiębiorstw w zakresie globalnych łańcuchów dostaw. Ta strategia KE ma wpłynąć na mniejsze zużycie paliw kopalnych oraz poprawę jakości powietrza, zwłaszcza w miastach. Wielu ekspertów uważa, że wodór zero i nisko emisyjny stosowany w pojazdach elektrycznych z wodorowymi ogniwami paliwowymi – FCEV (*Fuel Cell Electric Vehicles*) jest kluczem w realizacji tego wyzwania, szczególnie w transporcie ciężkim (*heavy duty*) obejmującym transport lądowy, morski oraz powietrzny. Jednak, żeby wodór w transporcie stał się powszechny, niezbędna jest infrastruktura i właściwe regulacje prawne [Hamelinck i in. 2019, EASAC 2019, Rąbiega i Sikora 2020, EUHH 2022, Komisja Europejska 2022 a,b]. Należy jeszcze zwrócić uwagę na fakt, że transport (w tym lotnictwo) jest największym źródłem emisji gazów cieplarnianych i jedynym sektorem, w którym obecne emisje są większe niż w 1990 r. oraz na prognozy Międzynarodowej Federacji Pracowników Transportu – ITF (*The International Transport Workers' Federation*), które wskazują na rosnący popyt, od 134 do 363%, w międzynarodowym transporcie towarowym do 2050 r. i związany z tym wzrost emisji CO<sub>2</sub> od 94 do 163%, w zależności od środowiska, w którym jest realizowany poprzez transport morski, drogowy, kolejowy, śródlądowy i lotniczy (rys. 1).



Rys. 1. Popyt i emisje CO<sub>2</sub> w międzynarodowym transporcie towarowym [OECD 2019]

Fig.1. Demand and CO<sub>2</sub> emissions in international freight transport [OECD 2019]

## II. METODA PRACY

Opracowanie jest artykułem przeglądowym, opartym na studium problemu i analizie wybranego piśmiennictwa, w tym aktów prawnych i netografii. Podjęto próbę wyjaśnienia i genezy powstawania obiektów dystrybucji paliwa wodorowego dla pojazdów. Wskazano na

kluczowe determinanty ich wprowadzania na świecie, w Unii Europejskiej oraz w Polsce, a także wymagania prawne dla takich obiektów na gruncie polskiego prawodawstwa oraz ich wpływ na środowisko. Niewątpliwie transformacja energetyczna oraz rodzaj stosowanych nośników energii i paliw silnikowych napędzających pojazdy samochodowe, wymagają zmiany i ewolucji obiektów dystrybucji paliw. W tym celu przeanalizowano dane dostępne w zakresie ilości takich obiektów na świecie, w Europie oraz w Polsce. Określono w jakich kierunkach mogą podążać koncerny zajmujące się dystrybucją paliw, w celu przejścia na gospodarkę niskoemisyjną (*low carbon economy*), aby osiągnąć neutralność klimatyczną a jednocześnie zapewnić paliwa transportowe dla odbiorców.

### III. POJAZDY WODOROWE

Historia pojazdów napędzanych wodorem jest długa i datowana na I połowę XIX w. Pojazd wodorowy to pojazd wykorzystujący paliwo wodorowe do napędu. Energia jest wytwarzana poprzez przekształcenie energii chemicznej wodoru w energię mechaniczną, albo poprzez reakcję wodoru z tlenem w ogniwie paliwowym, w celu zasilania silników elektrycznych, albo rzadziej, przez spalanie wodoru w silniku spalinowym.

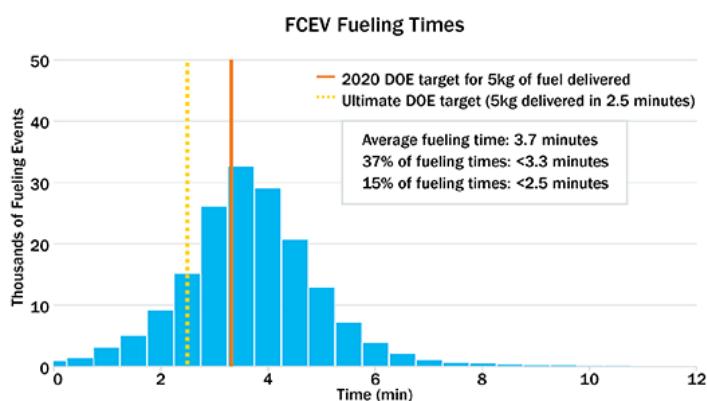
Pierwszy pojazd z silnikiem spalinowym – ICE (*Internal Combustion Engine*), który był zasilany wodorem, został wykonany przez szwajcarskiego wynalazcę Francois Isaaca de Rivaza w 1807 r., wykorzystywał balon wypełniony wodorem i tlenem. Technicznie można to nazwać pierwszym samochodem wodorowym, chociaż pierwszy, nowoczesny pojazd napędzany wodorem, pojawił się dopiero ponad 150 lat później. Jako wynalazcę ogniwa paliwowego uważa się chemika, prawnika i fizyka Williama Grove'a, który w 1847 r. wynalazł działające ogniwo paliwowe (*fuel cell*), urządzenie, które przekształcało energię chemiczną wodoru i tlenu w energię elektryczną. Jego prace zostały rozszerzone przez angielskiego inżyniera Francisa Thomasa Bacona w latach 1939-1959, a pierwszym nowoczesnym pojazdem zasilanym ogniwami paliwowymi był ciągnik rolniczy Allis-Chalmers, który został wyposażony w ogniwo paliwowe o mocy 15 kW pod koniec 1950 r. Pierwszym pojazdem drogowym, w którym zastosowano ogniwo paliwowe, był Chevrolet Electrovan, który powstał w 1966 r. w General Motors i mógł pochwalić się zasięgiem bliskim 200 km oraz prędkością maksymalną 112 km/h. W kolejnych latach, wodór był używany głównie jako źródło paliwa dla promów kosmicznych w latach 80. i 90.

Analiza dostępnych danych [FCW 2021, Samsun i in. 2021, Statista 2022] wskazuje, że na świecie, w różnych krajach, eksploatowanych do końca 2020 r. było 34 804 pojazdów wszystkich typów z ogniwami paliwowymi (FCV), tj. samochody osobowe, autobusy, pojazdy użytkowe, lekkie dostawcze i ciężkie samochody ciężarowe. Większość pojazdów znajduje się w Korei oraz w USA, Chinach i Japonii. Około 65% pojazdów znajduje się w Azji, 27% w Ameryce Północnej i 8% w Europie. Wśród pojazdów dominują samochody osobowe – 25 932 sztuki (74,5%), a następnie autobusy – 5648 sztuk (16,2%) i średnie samochody ciężarowe (9,1%). Według danych Polskiego Związku Przemysłu Motoryzacyjnego (PZPM) i Polskiego Stowarzyszenia Paliw Alternatywnych (PSPA) licznik elektromobilności, który uwzględnia dane dotyczące aut wodorowych, wykazuje, że obecnie w Polsce (marzec 2022 r.) jest ich zarejestrowanych około 119 sztuk [PZPM 2022].

### IV. STACJA TANKOWANIA WODOREM – HRS

Proces tankowania na stacji wodorowej – HRS (*Hydrogen Refueling Station*) jest podobny do konwencjonalnej stacji benzynowej, chociaż są pewne szczegóły, które powodują różnice. Wodór jest pompowany do zbiornika paliwa pojazdu, który zasila ogniwo paliwowe, które wytwarza energię elektryczną potrzebną do prowadzenia pojazdu.

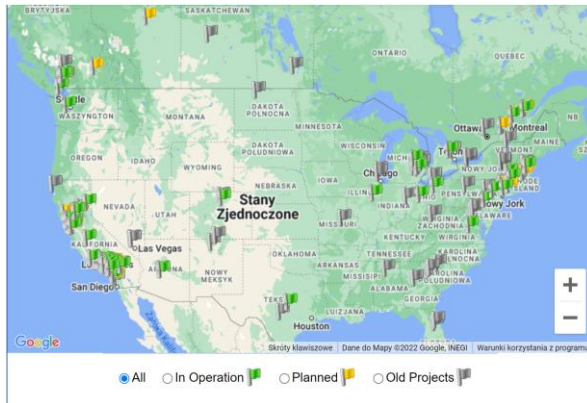
Jedynym wytwarzanym produktem odpadowym jest para wodna, która jest wydalana przez rurę wydechową. Oczekuje się, że klienci będą mieli podobne doświadczenia na stacjach paliw wodorowych, jak na stacjach benzynowych, przy czym większość dystrybutorów wodoru jest dodawana na istniejących stacjach benzynowych. Energia zawarta w 1 kg gazowego wodoru jest mniej więcej taka sama, jak energia zawarta w 2,8 kg benzyny. Ponieważ wodór ma niską objętościową gęstość energii, jest przechowywany na pokładzie pojazdu jako sprężony gaz, aby osiągnąć zasięg konwencjonalnych pojazdów. W większości obecnych zastosowań wykorzystuje się zbiorniki wysokociśnieniowe zdolne do przechowywania wodoru pod ciśnieniem na poziomie 700 bar (H70, 10 000 psi) dla pojazdów lekkich oraz 350 bar (H35, 5 000 psi) dla wszystkich innych pojazdów. Autobusy elektryczne zasilane ogniwami paliwowymi wykorzystują obecnie zbiorniki od 30 do 37,5 kilogramów pod ciśnieniem 350 bar, których napełnienie zajmuje 10-15 minut. W przeciwieństwie do konwencjonalnych stacji benzynowych wodor jest sprzedawany na kilogram, a nie na litr. Dane z detalicznych stacji paliw wodorowych, zebrane i przeanalizowane przez amerykańskie Narodowe Laboratorium Energii Odnowialnej – NREL (*National Renewable Energy Laboratory*), wskazują, że średni czas spędzony na tankowaniu FCEV wynosi mniej niż 4 minuty (rys. 2). Autobus wodorowy szacuje się, że zużywa około 8 kilogramów wodoru na 100 kilometrów [Ehrhart i in. 2019 a,b].



**Rys. 2.** Średni czas tankowania pojazdów z ogniwem paliwowym [Ehrhart i in. 2019a,b]  
**Fig.2.** The average refueling time for fuel cell electric vehicle [Ehrhart et al. 2019a,b]

W pracy wykorzystano dane dotyczące stacji tankowania wodoru z portali i map, monitorujących ten sektor, oferujących najbardziej kompleksowe informacje na całym świecie [AFDC 2022, H2 Stations Map 2022]. Dane są gromadzone i aktualizowane w sposób ciągły z wielu źródeł, aby zapewnić globalny przegląd istniejącej, planowanej i ukończonej infrastruktury.

Większość z 86 stacji wodorowych w Ameryce Północnej nadal znajduje się w Kalifornii z 60 stacjami operacyjnymi (rys. 3). W 2021 r. uruchomiono tam 11 nowych stacji paliw. Na koniec 2021 r. na całym świecie działało 685 stacji tankowania wodoru. Istnieją już konkretne plany dotyczące 252 dodatkowych lokalizacji stacji paliw. Na szczególną uwagę zasługują Hiszpania i Nowa Zelandia, które po raz pierwszy ogłosiły konkretne lokalizacje dla kilku nowych stacji. Do listy krajów oferujących instalacje do tankowania wodoru dołączyły Węgry i Słowenia. Obecnie można tankować wodór w 33 krajach.



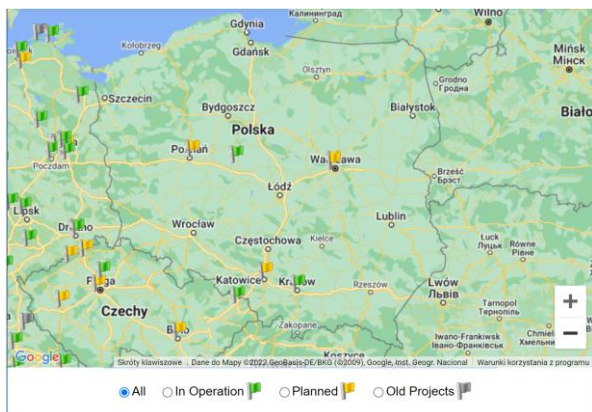
**Rys. 3.** Stacje tankowania wodoru w USA [H2 Stations Map 2022]  
**Fig. 3.** Hydrogen refueling stations in the USA [H2 Stations Map 2022]

Pod koniec ubiegłego roku w Europie (rys. 4) wg H2 Station Map było 228 stacji wodorowych, z których 101 znajduje się w Niemczech. Francja posiada 41 działających stacji i zajmuje drugie miejsce w Europie, choć inne źródła, np. H2 Live, wskazują na liczbę stacji we Francji na ok. 10. Kolejne kraje, które posiadają działające obiekty HRS to: Wielka Brytania – 19 stacji, Szwajcaria – 12 stacji i Holandia 11 stacji [AFDC 2022, H2 Stations Map 2022, H2 tanken 2022].



**Rys. 4.** Stacje tankowania wodoru w Europie [H2 Stations Map 2022]  
**Fig. 4.** Hydrogen refueling stations in the Europe [H2 Stations Map 2022]

Na koniec 2021 r. w Azji znajdowały się 363 stacje wodorowe, 159 w Japonii i 95 w Korei. W przeciwieństwie do większości innych krajów, 105 chińskich stacji wodorowych w bazie danych LBST [AFDC 2022, H2 Stations Map 2022, H2 tanken 2022] jest wykorzystywanych prawie wyłącznie do tankowania autobusów lub flot ciężarówek. Korea odnotowała najwięcej nowych stacji w 2021 r. – 36, i coraz bardziej rozbudowuje infrastrukturę dla wszystkich pojazdów elektrycznych zasilanych ogniwami paliwowymi. Rysunek 5 przedstawia stacje tankowania wodoru w Polsce, w eksploatacji i planowane. W Polsce obecnie funkcjonują już trzy stacje tankowania wodoru, w tym dwie mobilne, jedna z nich znajduje się w Krakowie (rys. 6).



**Rys. 5.** Stacje tankowania wodoru w Polsce [H2 Stations Map 2022]  
**Fig. 5.** Hydrogen refueling stations in the Poland [H2 Stations Map 2022]

Opracowywane są również mobilne tankowce wodoru, w których na przyczepie przechowywany jest skroplony lub sprężony wodór oraz sprzęt do dozowania, aby wspierać rozbudowę infrastruktury wodorowej.



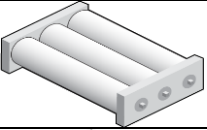
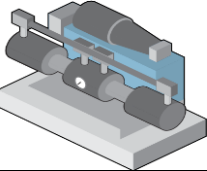

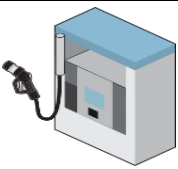
**Rys. 6.** Mobilna stacja tankowania wodoru w Krakowie [materiały własne]  
**Fig. 6.** Mobile hydrogen refueling station in Kraków [own materials]

W Krakowie wodór pochodzący z biorafinerii Grupy ORLEN w Trzebini, napędza ogniwa autobusu zeroemisyjnego testowanego w krakowskiej komunikacji miejskiej za pomocą tzw. „bateriowozu”, czyli kontenera ze zbiornikami, w którym jest zmagazynowane 400 kg wodoru. To ilość, która pozwala zatankować do pełna miejski autobus wodorowy ponad 11 razy. Autobus wodorowy, z którego będą mogli korzystać mieszkańcy Krakowa to pojazd całkowicie zeroemisyjny, który „emituje” jedynie parę wodną. Jest wyposażony w ogniwo wodorowe o mocy 70 kW i 5 zbiorników wodoru o łącznej pojemności ponad 35 kg. Autobus może przejechać na jednym pełnym tankowaniu do 350 km.

Stacje mają na ogół to samo wyposażenie (tabela 1, rys. 7), ale wykorzystują różne konstrukcje w zależności od tego, w jaki sposób wodór jest produkowany, dostarczany, przechowywany i dozowany. Każda stacja zawiera co najmniej: naziemne urządzenia do magazynowania wodoru, sprężarkę wodoru, chiller wodorowy i dystrybutor wodoru.

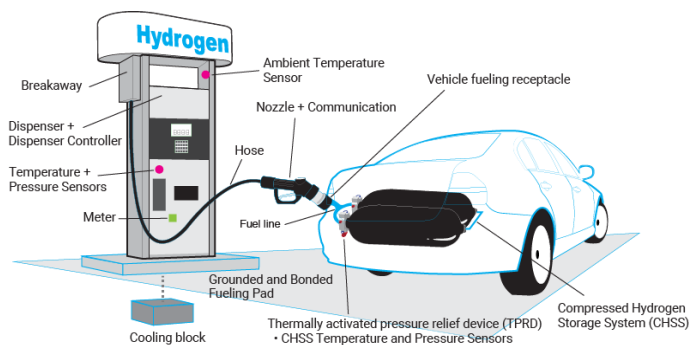
**Tabela 1 – Table 1**

Podstawowe urządzenia w stacji tankowania wodoru / *The hydrogen refueling station basic devices*

Urządzenie / <i>Equipment</i>	Opis / <i>Description</i>
	Naziemne urządzenia do magazynowania wodoru – w zależności od lokalizacji i pojemności stacji, wodór może być magazynowany jako ciecz, gaz niskociśnieniowy lub gaz wysokociśnieniowy / <i>On-ground hydrogen storage devices – depending on the location and capacity of the station, hydrogen, can be stored as a liquid, low pressure gas or high pressure gas</i>
	Co najmniej jedna sprężarka – wodór jest sprężany w celu zmniejszenia objętości i zwiększenia ciśnienia. Zazwyczaj kompresor służy do uzupełniania bufora. Zbiorniki do przechowywania cieczy i niskociśnieniowe mogą wykorzystywać wiele sprężarek / <i>One or more compressors – hydrogen is compressed to reduce volume and increase pressure. Usually the compressor is used to top up the buffer. Liquid storage and low pressure tanks can use multiple compressors</i>
	Agregat chłodniczy ( <i>chiller wodorowy</i> ) gdzie wodór jest chłodzony, aby nie przekroczyć progu temperatury zgodnego ze standardem branżowym protokołu zasilania paliwem / <i>Chiller (hydrogen chiller) where the hydrogen is cooled so as not to exceed the temperature threshold according to the industry standard fuel supply protocol.</i>
	Co najmniej jeden dystrybutor – dozowniki wyglądają podobnie do dystrybutorów benzyny. Mogą znajdować się na tej samej wyspie, co inne dystrybutory paliwa, lub na własnej wyspie. Dozowniki do urządzeń do transportu materiałów znajdują się zwykle wewnątrz magazynu / <i>At least one dispenser – the dispensers look similar to gasoline dispensers. They can be on the same island as other fuel dispensers, or on their own island. Dispensers for material handling equipment are usually located inside the storehouse</i>

Wiele dzisiejszych kodeksów i norm bezpieczeństwa dotyczących wodoru opiera się na praktykach przemysłu chemicznego i lotniczego. Polskie prawo o elektromobilności i paliwach alternatywnych [Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych z 2018], mówi o możliwości ustalenia lokalizacji punktów tankowania wodoru (HRS) na potrzeby pojazdów z ogniwem paliwowym (FCEV). Lokalizacja takich punktów musi być uzasadniona potrzebami rozwoju rynku paliw alternatywnych. Wymieniona ustawa wdraża dyrektywę PE i Rady 2014/94/UE [Dyrektywa w sprawie rozwoju .... 2014].

Stacje wodorowe mają znormalizowane systemy bezpieczeństwa, które obejmują uziemienie, węże zrywalne i czujniki przeciwpożarowe, które są wspólne dla wszystkich stacji paliw, a także czujniki mierzące ciśnienie, temperaturę i wyciek gazowego wodoru (tabela 2).



**Rys. 7.** Schemat stacji nalewania wodoru [Fuel Cells and Hydrogen 2021, zmodyf.]

**Fig.7.** The diagram of the hydrogen filling station [Fuel Cells and Hydrogen 2021, modif.]

**Tabela 2 – Table 2**

Minimalne wymagania dla stacji nalewania wodoru od strony producentów samochodów / *Minimum requirements for hydrogen filling stations from the side of car manufacturers*

Termin / Date	
od 18.11.2017	od 12.11.2021
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Specyfikacja techniczna stacji nalewania wodoru: ISO 19880-1 / <i>HRS Technical Specifications</i></li> <li>•Jakość wodoru: ISO 14687 / <i>Hydrogen quality</i></li> <li>•Algorytm tankowania: ISO 19880-1 (odnosi się do SAE J2601) / <i>Fueling algorithm</i></li> <li>•Złącza do tankowania: ISO 17268 / <i>Fueling connectors</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Specyfikacja techniczna stacji nalewania wodoru: EN 17127 / <i>HRS Technical Specifications</i></li> <li>• Jakość wodoru: EN 17124 / <i>Hydrogen quality</i></li> <li>• Algorytm tankowania: EN 17127 (odnosi się do SAE J2601) / <i>Fueling algorithm</i></li> <li>Złącza do tankowania: EN ISO 17268 <i>Fueling connectors</i></li> </ul>
Zaawansowany system sterowania bezpieczny, szybki i kompletny zgodny z SAE J2601-1 (T40) i SAE J2601-2 (T20) / <i>Advanced control system safe, fast and complete compliant with SAE J2601-1 (T40) i SAE J2601-2 (T20)</i>	

Stacje są zaprojektowane tak, aby bezpiecznie usuwać wodór w przypadku ekstremalnych sytuacji awaryjnych, takich jak pożar benzyny, który zwiększa temperaturę przechowywanego wodoru. Stacje pojazdów ciężarowych i przeładunkowych stosują te same normy i systemy bezpieczeństwa jak dla pojazdów osobowych. Szczegółowe wymagania techniczne dla stacji wodoru znajdują się w rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 7 października 2022 r. [Rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań technicznych dla stacji wodoru z 2022].

## V. TRENDY I OCZEKIWANIA

Europejskie Stowarzyszenie Producentów Samochodów (ACEA) wskazuje, że do 2030 r. w polskich miastach powinny powstawać stacje tankowania wodoru. Program budowy stacji tankowania wodoru Hydrogen Eagle jest nowym programem PKN Orlen, którego celem jest rozwój infrastruktury wodorowej. W planach koncernu PKN Orlen do 2030 r. planuje wybudować 102 stacje tankowania wodorem w Europie. Większość z nich, bo aż 54 powstanie w Polsce. Pozostałe stacje planowane są na Słowacji (26 stacji) i w Czechach (22 stacje). Dodatkowo w ramach międzynarodowego programu wodorowego ma powstać sześć hubów wodorowych, które w 2030 r. osiągną poziom produkcji wodoru ok. 50 000 ton (Mg) rocznie. Elementy sieci hubów wodorowych będą zasilane odnawialnymi źródłami energii. Elektroliza niezbędna do wytworzenia niskoemisyjnego wodoru pochłonie 250 MW energii, którą wyprodukują farmy wiatrowe oraz instalacje fotowoltaiczne. Trzy huby wodorowe powstaną w Polsce (teren Morza Bałtyckiego, północ i południe Polski). Poza tym dwa huby wodorowe pojawią się w Czechach i jeden na Słowacji. W planach są też trzy instalacje produkcji wodoru z recyklingu odpadów, dwie w Polsce i jedna w Czechach. Jeśli projekt Hydrogen Eagle zostanie zrealizowany, PKN Orlen może zostać liderem paliw wodorowych Europy Środkowej.

Stację mobilną w Krakowie zastąpi stacjonarna, gdzie będą znajdować się stanowiska do tankowania autobusów oraz samochodów osobowych tankowanych pod ciśnieniem 700 barów. Dzięki temu samochód będzie można zatankować do pełna w ciągu ok. 5 minut. W 2023 r. takie stacje pojawią się w Poznaniu i Katowicach. Oprócz tego koncern PKN Orlen podpisał listy intencyjne o współpracy z 17 miastami w Polsce (m.in. Poznań, Metropolia Śląska, Kraków, Płock, Piła, Gorzów, Wałbrzych, Wrocław). List intencyjny podpisano także z czterema przedsiębiorstwami będącymi potencjalnymi odbiorcami wodoru. Dzięki temu kolejne stacje będą powstawać w miejscach o najwyższym potencjale do rozwoju transportu wodorowego. Co więcej, powstanie także infrastruktura do produkcji wodoru (klasy automotive), który będzie trafiać na stacje. Orlen chce wytwarzać przynajmniej 19 000 ton (Mg) z przeznaczeniem dla transportu. Z czasem koncern PKN



Orlen chce produkować jeszcze większe ilości wodoru, do poziomu nawet 60 000 ton (Mg) w 2030 r. (45 000 ton (Mg) wodoru zeroemisyjnego i 15 000 ton (Mg) z przetwarzania odpadów). Będzie to możliwe dzięki 10 hubom wodorowym, które zostaną zbudowane w Polsce i Czechach. Koncern w najbliższych 15 latach dostarczy na potrzeby poznańskiej komunikacji miejskiej 1,8 mln kg paliwa wodorowego, które będzie produkowane we wrocławskim hubie wodorowym. To już kolejna inwestycja, która wpisuje się w ogłoszoną w tym roku strategię wodorową Grupy PKN Orlen. Do 2030 r. na realizację projektów wodorowych Koncern przeznaczy 7,4 mld zł.

Warto podkreślić, że w 2020 r. firma PGNiG podpisała umowę z Toyotą, w której w wyniku współpracy na warszawskiej Woli miała powstać stacja wodorowa. W tej sprawie również Toyota podpisała list intencyjny z Grupą Lotos (obecnie w Grupie PKN ORLEN).

Grupa Polsat ma zamiar uruchomić elektrolizery o łącznej mocy 100 MW. Będą one zasilane fotowoltaiką, wiatrem oraz energią powstającą podczas spalania biomasy w ZE PAK. Planowana produkcja wynosi 40 ton (Mg) wodoru dziennie. NesoBus zużywa 8 kilogramów H<sub>2</sub> na 100 kilometrów, a wytwarzana w ciągu doby ilość gazu pozwoli na pokonanie 500 000 kilometrów przez jeden autobus lub 500 kilometrów przez 1000 autobusów. Oprócz tego Grupa Polsat Plus planuje wybudować 30 stacji tankowania wodoru w całej Polsce. Pierwsza stacja powstanie przy ulicy Tango, druga w inwestycji Polsatu w Porcie Praskim. Stacje te są na etapie pozwoleń na budowę. W przeciwieństwie do dystrybutorów ulokowanych na tyłach Cyfrowego Polsatu (ul. Łubinowa), które wykorzystywane są wyłącznie na potrzeby firmowego taboru, nowo zbudowane stacje mają być dostępne publicznie.

## **VI. WIZJA PRZYSZŁOŚCI**

Olbrzymi wpływ na przyszłość będzie miała kwestia rozwiązań komunikacyjnych tzw. Akihabara News (Tokio), stacja paliw wodorowych opracowana wspólnie przez Eneos i Toyotę ma zostać otwarta w Woven City w latach 2024-2025. Oczekuje się, że wódór dostarczany na stację Woven City będzie „zielonym wodorem”, czyli wyprodukowanym w całości z energii odnawialnej. Partnerzy wskazali również, że paliwo wodorowe z tej stacji może być również podłączone do miejskiego rurociągu, skąd mogłoby dostarczać energię do lokalnych domów. Woven City, w którym będzie działać stacja, jest określane przez Toyotę jako „prototypowe miasto przyszłości”. Będzie to zasadniczo jednostka badawcza, w której energia odnawialna i urządzenia zaawansowane technologicznie będą testowane w rzeczywistych warunkach. Koncepcja Woven City została zaprezentowana przez Toyotę w 2020 r., a obecnie jest opracowywana w mieście Susono w prefekturze Shizuoka. Budowa rozpoczęła się w lutym ubiegłego roku. Na początkowym etapie będzie domem dla 360 mieszkańców, w tym pracowników Toyoty i ich rodzin, a także seniorów i naukowców zaangażowanych w projekt.

## **VII. PODSUMOWANIE**

Wódór zero oraz niskoemisyjny zarówno w strategiach europejskiej, jak i polskiej ma stać się kluczowym elementem dekarbonizacji gospodarki. W celu redukcji emisji CO<sub>2</sub> w sektorze transportu w Polsce w kontekście nie tylko zapisów polityki Zielonego Ładu, ale i przepisów z niego wynikających, a także pakietu Fit for 55, uwzględniając strategię wodorową unijną i krajową, aby wódór mógłby być zastosowany jako paliwo, niewątpliwie muszą być podjęte działania, w celu umożliwienia rozwoju technologii wodorowych. W transporcie szczególną rolę odegra wódór nisko i zeroemisyjny klasy automotive. Konieczne będzie również wprowadzenie przepisów umożliwiających sprawny rozwój infrastruktury transportowej, w tym

poprzez modernizację gazociągów przesyłowych i dystrybucyjnych, w celu umożliwienia transportu wodoru. Infrastruktura ta zapewniłaby transport wodoru z obszarów, gdzie następuje jego wytwarzanie (wodór odnawialny, dostęp do źródeł odnawialnych) do centrów popytu na wodór, nawet znajdujących się w innych regionach i państwach.

Dostępność terytorialna do pojazdów wodorowych determinowana jest dostępnością infrastruktury tankowania wodoru przede wszystkim wzdłuż sieci TEN-T, stąd najważniejszą rolę w ilościowym rozwoju pojazdów wodorowych będzie budowa stacji tankowania wodoru na terenie Polski. Zwiększona liczba detalicznych lokalizacji paliw wodorowych na wybranych rynkach wspiera początkowe wprowadzanie pojazdów elektrycznych z ogniwami paliwowymi (FCEV). Rozwija się również infrastruktura wodorowa dla autobusów, flot o średniej ładowności i urzędów do transportu materiałów. W przeciwieństwie do publicznych stacji konsumenckich dla pojazdów FCEV, które potrzebują wielu lokalizacji, aby dotrzeć do miejsca, w którym konsument może podróżować, prywatne flotowe stacje paliw wymagają mniejszej liczby lokalizacji lub nawet centralnej lokalizacji, aby zaspokoić potrzeby konkretnej floty.

Wprowadzenie na rynek ciężkich ciężarówek na wodór, takich jak ciężarówki do transportu liniowego, będzie wymagało bardzo dużych stacji w porównaniu do potrzeb pojazdów lekkich. Wzrost produkcji i dystrybucji wodoru na dużych stacjach może poprawić wydajność i wykorzystanie drogiego wyposażenia kapitałowego, prowadząc do obniżenia kosztów paliwa na kilogram, z korzyścią zarówno dla klientów pojazdów ciężkich, i lekkich.

Oprócz wyzwań technicznych podejmowanych w ramach prac badawczo-rozwojowych, istnieją przeszkody utrudniające pomyślne wdrożenie infrastruktury paliw wodorowych, które można rozwiązać jedynie poprzez integrację komponentów w kompletne systemy. W związku z tym należy opracować rozwiązania systemowe, które weryfikują zintegrowane technologie ogniw wodorowych i ogniw paliwowych dla transportu, infrastruktury i wytwarzania energii elektrycznej w kontekście systemowym, w rzeczywistych warunkach pracy.

Warto również pamiętać o ekonomii skali. Dzięki zwiększeniu podaży i dotacjom, dostępność wodoru jako paliwa wzrośnie, a obniżą się koszty samego gazu, niezbędnej infrastruktury i pojazdów. Warto zastanowić się nad wyborem autobusów wodorowych już teraz, bez postrzegania ograniczonej infrastruktury, jako poważnego ograniczenia na przyszłość.

Aktualna faza rozwoju technologii wodorowych wymagać będzie zastosowania różnych instrumentów do realizacji założonej strategii politycznej. Mogą to być instrumenty o charakterze ekonomicznym i administracyjnym, skierowane zarówno do użytkowników pojazdów elektrycznych z ogniwami paliwowymi, jak i wytwórców wodoru zero i niskoemisyjnego klasy automotive. Polska powinna w najbliższych latach zbudować sieć bazowych HRS, umożliwiając tym samym rozwój samochodów wodorowych w kraju i tranzyt samochodów wodorowych przez kraj.

#### **BIBLIOGRAFIA**

1. Alternative Fuels Data Center (AFDC) 2022. Department of Energy. [dok. elektr. [www.afdc.energy.gov/fuels/hydrogen.html](http://www.afdc.energy.gov/fuels/hydrogen.html); data wejścia 03.10.2022].
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z 22.10.2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych [Dz. Urz. UE L 307 z 28.10.2014].
3. Ehrhart B., Bran-Anleu G., Dongmei Ye, Hecht E., Muna A., Sena E., LaFleur C., Rivkin C. 2019a. Reference Design of Hydrogen Stations for Urban Sites, Presentation at Joint Hydrogen Delivery, Codes & Standards, and Storage Tech Team Meeting. March 13. SAND2019-2734PE.
4. Ehrhart B., Bran-Anleu G., Dongmei Ye, Hecht E., Muna A., Sena E., LaFleur C., Rivkin C. 2019b. Hydrogen Stations for Urban Sites, Presentation at 2019 DOE Hydrogen and Fuel Cells, Program Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting. May 1. SAND2019-2422PE.

5. European Academies Science Advisory Council (EASAC). 2019. Decarbonization of transport options and challenges. Decarbonization of transport: options and challenges. EASAC policy report 37. March. ISBN: 978-3-8047-3977-2.
6. European Union Hydrogen Highway (EUHH) 2022. [dok. elektr. <http://www.hydrogenearonow.com/eu-hydrogenhighway.html>; data wejścia 03.10.2022].
7. Fuel Cells and Hydrogen – joint undertaking June 2021. Hydrogen refuelling stations & infrastructure. [dok. elektr. [https://hyresponder.eu/wp-content/uploads/2021/06/L12\\_HyResponder\\_LA\\_210622.pdf](https://hyresponder.eu/wp-content/uploads/2021/06/L12_HyResponder_LA_210622.pdf); data wejścia 03.10.2022].
8. Fuel Cells Works (FCW). 2021. Worldwide Sales Of Hydrogen Fuel Cell Cars Double from Last Year. [dok. elektr. <https://fuelcellworks.com/news/worldwide-sales-of-hydrogen-fuel-cell-cars-double-from-last-year/>; data wejścia 03.10.2022].
9. Gis M. 2018. Emisja dwutlenku węgla z transportu drogowego – cz. 2 samochody klasy hdv. Instytut Transportu Samochodowy 1-2018.
10. Hamelinck C., Spöttle M., Mark L., Staats M. 2019. Możliwości dekarbonizacji transportu do 2030 roku. Ecofys 2019 na zlecenie: Farm Europe. [dok. elektr. <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20190313STO31218/emisje-co2-z-samochodow-fakty-i-liczby-infografiki>; data wejścia 03.10.2022].
11. H2 Stations Map 2022. Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH. [dok. elektr. <https://www.h2stations.org/stations-map/>; data wejścia 03.10.2022].
12. H2 tanken. 2022. Wasserstoffmobilität beginnt jetzt. [dok. elektr. <https://h2.live/>; data wejścia 03.10.2022].
13. International Energy Agency (IEA). 2017a. Future of Trucks.
14. International Energy Agency (IEA). 2017b. Energy Technology Perspectives. Deloitte Analysis.
15. International Energy Agency (IEA). 2020a. CO<sub>2</sub> emission by sector, World 1990-2018.
16. International Energy Agency (IEA). 2020b. CO<sub>2</sub> emission 1) industry, 2) transport and 3) heavy duty vehicles in sustainable development scenario 2000-2030. Deloitte Analysis.
17. International Energy Agency (IEA). 2020c. Transport sector CO<sub>2</sub> emissions by mode.
18. International Energy Agency (IEA). 2020d. Tracking Transport. Deloitte analysis.
19. International Energy Agency (IEA). 2020e. Energy Technology Perspectives.
20. International Energy Agency (IEA). 2022. Global EV Outlook 2022 Securing supplies for an electric future. [dok. elektr. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e0d2081d-487d-4818-8c59-69b638969f9e/GlobalElectricVehicleOutlook2022.pdf>; data wejścia 03.10.2022].
21. Komisja Europejska 2022a. Wydajny, bezpieczny i przyjazny dla środowiska transport. [dok. elektr. [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/transport-and-green-deal\\_pl](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/transport-and-green-deal_pl); data wejścia 03.10.2022].
22. Komisja Europejska 2022b. Dekarbonizacja europejskiego sektora transportu. [dok. elektr. <https://cordis.europa.eu/article/id/436498-decarbonising-europe-s-transport-sector/pl>; data wejścia 03.10.2022].
23. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zliczania Emisji (KOBiZE) 2021. Emisje gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń w sektorze transportu samochodowego w Polsce – uwarunkowania i możliwości redukcji. IV Forum Innowacyjności. Polska droga do czystego transportu. 05.03.2021 r.
24. Organization for Economic CO-Operation and Development (OECD) 2020. Road Freight Transport TKM. [dok. elektr. <https://data.oecd.org/transport/freight-transport.htm>; data wejścia 03.10.2022].
25. Organization for Economic CO-Operation and Development (OECD) 2019. ITF Transport Outlook. [dok. elektr. [https://www.oecd-ilibrary.org/transport/itf-transport-outlook-2019\\_transp\\_outlook-en-2019-en](https://www.oecd-ilibrary.org/transport/itf-transport-outlook-2019_transp_outlook-en-2019-en); data wejścia 03.10.2022].

26. Parlament Europejski 2022. Emisje CO<sub>2</sub> z samochodów: fakty i liczby (infografiki). [dok. elektr. <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20190313STO31218/emisje-co2-z-samochodow-fakty-i-liczby-infografiki>; data wejścia 03.10.2022].
27. Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego (PZPM) 2022. [dok. elektr. <https://www.pzpm.org.pl/pl/Rynek-motoryzacyjny/Licznik-elektromobilnosci/Marzec-2022>; data wejścia 03.10.2022].
28. Rabięga W. P., Sikora P. 2020. Ścieżki redukcji emisji CO<sub>2</sub> w sektorze transportu w Polsce w kontekście „europejskiego zielonego ładu”. Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy (IOŚ-PIB). Warszawa październik 2020 r.
29. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 7 października 2022 r. w sprawie szczegółowych wymagań technicznych dla stacji wodoru (Dz.U. 2022 poz. 2158).
30. Samsun R., Antoni L., Rex M., Stolten D. 2021. Deployment Status of Fuel Cells in Road Transport: 2021 Update. Energie & Umwelt /Energy & Environment Band/Volume 542 ISBN 978-3-95806-556-7.
31. Sen A., Miller J. 2022. Emissions reduction benefits of a faster, global transition to zero-emission vehicles. Working Paper 2022-15. ICCT International Council on Clean Transportation. [dok. elektr. <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/03/Accelerated-ZEV-transition-wp-final.pdf>; data wejścia 03.10.2022].
32. Statista 2022. Number of hydrogen-fueled road vehicles worldwide as of 2020, by type. [dok. elektr. <https://www.statista.com/statistics/1291480/hydrogen-fueled-road-vehicles-worldwide/>; data wejścia 03.10.2022].
33. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) 2020. Race To Zero. [dok. elektr. <https://unfccc.int/climate-action/race-to-zero/campaign>; data wejścia 03.10.2022].
34. Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych [t.j. Dz.U. 2022 poz. 1083, ze zm.].

## FUEL DISTRIBUTION FACILITIES – HRS

### Summary

*The European Commission's strategy to achieve climate neutrality by 2050 aims at reducing the consumption of fossil fuels and improve air quality, especially in cities. One way to achieve this goal is to decarbonize the economy, including the transport sector, which is crucial for companies in terms of global supply chains. Many experts believe that the zero emission and low emission hydrogen used in electric vehicles with hydrogen fuel cells is the key to meeting this challenge in passenger and heavy duty transport including land, sea and air transport. However, for hydrogen to become a commonly used fuel in transport, it is necessary to develop the essential infrastructure and adequate legal regulations. The paper presents the genesis of the creation of hydrogen fuel distribution facilities, and indicates the key aspects of the implementation of hydrogen fuels in the world, in Europe and in Poland. The paper also discusses the data available on the number of facilities distributing this type of fuel owned by gas and oil corporations that want to achieve climate neutrality and, at the same time, have to provide transport fuels for recipients. It was found that the energy transformation and the type of energy carriers and motor fuels used to power motor vehicles will be related to the change and evolution of fuel distribution facilities.*

**Key words:** fuel distribution facilities, environmental impact, new, trends, feeling station of the future.