

## Bezpieczeństwo na interoperacyjnych kolejowych stacjach tankowania wodoru

Informację opracował Adrian KAŻMIERCZAK<sup>1</sup>

### Streszczenie

W informacji opisano główne założenia pakietu WP 9 dotyczącego zagadnień bezpieczeństwa stacji tankowania wodoru realizowanego z projektu utworzonego przez partnerstwo publiczno-prywatne Europe's Rail. W projekcie bierze udział Instytut Kolejnictwa wspólnie z Polskimi Kolejami Państwowymi oraz podmiotami stowarzyszonymi. Innowacyjne technologie wodoro-  
we, aby mogły być powszechnie stosowane w kolejnictwie, muszą mieć odpowiednie umocowanie m.in. w standardach, normach, technicznych specyfikacjach, które będą stanowiły o bezpieczeństwie całego systemu kolejowego. Udział Instytutu Kolejnictwa w pracach pakietu WP 9, ma przyczynić się właśnie do wypracowania odpowiednich kodeksów postępowania i standardów opracowanych dla stacji tankowania wodoru i wpływających bezpośrednio na bezpieczeństwo kolejowe.

**Słowa kluczowe:** transport kolejowy, stacje tankowania wodoru, bezpieczeństwo

Wykorzystanie alternatywnych źródeł napędów w kolejnictwie wymaga wytworzenia całkowicie nowego modelu struktury bezpieczeństwa m.in. w obszarze technologii wodorowych. W celu zapewnienia akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa w technologiach wodorowych, począwszy od wytworzenia wodoru, tankowania wodoru, a kończąc na eksploatacji i utrzymaniu stacji tankowania, należy stworzyć standardy i ramy prawne, które będą bezpośrednio determinowały ryzyko związane z nowymi technologiami. W ramach powstałego partnerstwa publiczno-prywatnego Europe's Rail został utworzony flagowy projekt FP4 odnoszący się do zrównoważonych, ekologicznych i innowacyjnych technologii na kolei, rozwoju budownictwa modułowego, wykorzystania gospodarki obiegu zamkniętego oraz prac związanych z wypracowaniem rozwiązań w ramach holistycznego zarządzania energią elektryczną na potrzeby ruchu trakcyjnego

W strukturze programu FP4 RAIL4EARTH (*Europe's Rail Flagship Project 4 – Sustainable and green rail systems* – akronim Rail4EARTH) został wyodrębniony pakiet WP9, którego celem jest usprawnienie stacji tankowania wodoru dla sektora kolejowego przez standaryzację jej elementów. W zadaniu dotyczącym stacji tankowania wodoru Instytut Kolejnictwa podejmuje prace, które swoim zakresem obejmują

zagadnienia bezpieczeństwa dla stacji tankowania wodoru, w tym m.in. przechowywania wodoru, załadowania stacji tankowania wodoru oraz procesu tankowania stacji. Obowiązujące na poziomie europejskim dokumenty, dotyczące interoperacyjnych sieci, nie wyszczególniają pojazdów z alternatywnymi źródłami zasilania, w tym również napędów wodorowych i towarzyszących im instalacji, które należą do stosunkowo nowych rozwiązań technicznych.

Stosowanie wodoru jako paliwa o nieograniczonych zasobach, a także najbardziej neutralnego klimatycznie (zielony wodór) ze względu na korzyści z jego stosowania jest jedną z alternatyw, która staje się coraz bliższą perspektywą również w transporcie kolejowym. Zastosowanie wodoru, tak jak w przypadku pozostałych paliw niesie za sobą określone ryzyko. Z punktu widzenia zarządzania bezpieczeństwem, prawidłowe rozpoznanie ryzyka i zrozumienie zagrożeń jest kluczowe do opracowania bezpiecznych praktyk dla całego cyklu faz życia (produkcja i magazynowanie wodoru, eksploatacja i utrzymanie stacji tankowania).

Jedną z podstawowych zalet wodoru jest jego duży współczynnik dyfuzji<sup>2</sup> w powietrzu, dzięki temu łatwo tworzy jednorodną mieszaninę palną. Wodór jest najlżejszym pierwiastkiem w każdym stanie skupienia, ma najwyższą wartość opałową paliw w przeliczeniu na masę (120 MJ/kg),

<sup>1</sup> Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji; e-mail: akazmierczak@ikolej.pl.

<sup>2</sup> Dyfuzja (łac. *diffusio* „rozprzestrzenianie”) – proces samorzutnego rozprzestrzeniania i przenikania się cząsteczek lub energii w każdym ośrodku (o temperaturze  $T > 0$  K) (np. w gazie, cieczy lub ciele stałym itd.), będący konsekwencją chaotycznych zderzeń cząsteczek dyfundującej substancji między sobą lub z cząsteczkami otaczającego ją ośrodka.

jest paliwem bardzo reaktywnym, o dużej liczbie oktanowej i prędkości spalania.

Jednak należy wziąć pod uwagę, że wodór ma niestety wady. Jest on bezbarwnym, bezwonny gazem, niewykrywalnym w żadnym stężeniu ludzkimi zmysłami a do tego łatwo palnym, który może tworzyć z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Gaz ten ma względnie niską dolną granicę wybuchowości i może spalać się w powietrzu w bardzo szerokim zakresie koncentracji. Zainicjowanie spalania wymaga niewielkiej energii (ogrzanie pojemnika ciśnieniowego powyżej 50°C grozi jego wybuchem). Bardzo istotnym dla bezpieczeństwa jest również fakt, że płomień wodoru spalającego się w powietrzu przy ciśnieniu atmosferycznym jest niewidoczny. Ponadto, wodór cechuje stosunkowo niska temperatura inwersji<sup>3</sup> (około 205 K), co sprawia, że podczas rozprężania gazu (np. przy wypływie z nieuszczelnności) temperatura wypływającej strugi gazu rośnie (z uwagi na ujemny efekt Joule'a-Thompsona) [3].

Stworzenie sieci stacji tankowania wodoru dla pojazdów kolejowych jest jednym z podstawowych działań podejmowanych w celu zwiększenia udziału kolei wodorowej w transporcie szynowym i zbudowania jednolitego europejskiego obszaru kolejowego w tym zakresie. Jednym z wyzwań stojących przed rynkiem kolejowym jest stworzenie sieci odpowiedniej infrastruktury do tankowania pojazdów kolejowych.

Brak uregulowań prawnych dotyczących budowania stacji tankowania wodoru dla pojazdów kolejowych, a także brak jednolitych przepisów dla interoperacyjnej sieci kolejowej dla pojazdów z alternatywnymi źródłami napędów w konsekwencji powoduje, że międzynarodowe normy techniczne nie są uwzględnione w powszechnie obowiązujących dokumentach kolejowych.

Stacje tankowania wodoru są z zasady obiektami budowlanymi, pełniącymi określoną rolę funkcjonalno-użytkową. Z tego powodu projektowanie, budowa, dopuszczenie do eksploatacji oraz zasady użytkowania są regulowane przez przepisy budowlane, techniczne i środowiskowe. Dodatkowo istnieją normy techniczne (krajowe i międzynarodowe), które regulują kwestie techniczne i ustalają standardy do budowy tego typu obiektów.

Brak regulacji dotyczących budowy stacji tankowania wodoru w sektorze kolejowym nie powoduje, że takie stacje nie mogą powstać lub nie powstają (przykład: rysunek 1).

Obecna sytuacja powoduje, że istnieje potencjalny obszar wchodzący w skład systemu kolejowego, który nie jest objęty wymaganiami technicznymi z zakresu bezpieczeństwa, a co za tym idzie pozostawia się określony podsystem do indywidualnej (subiektywnej) oceny w zakresie bezpieczeństwa.

Uwzględniając opisane informacje podczas projektowania, budowy, utrzymania i eksploatacji stacji tankowania wodoru, należy wziąć również pod uwagę specyficzne uwarunkowania występujące w sektorze kolejowym.



Rys. 1. Kolejowa stacja tankowania wodoru w Bremervörde, Niemcy [4]

Wprowadzenie w transporcie kolejowym pojazdów trakcyjnych zasilanych wodorem, jak również zabudowy stacji tankowania wodoru na potrzeby takich pojazdów (zgodnie z obowiązującymi regulacjami) muszą być potraktowane jako znacząca zmiana techniczna wpływająca na bezpieczeństwo transportu. Pojazdy muszą być także poddane szczegółowej analizie i akceptacji zgodnie z rozporządzeniem w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka (rozporządzenie CSM RA) [1, 2].

## Bibliografia

1. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) nr 402/2013 z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka i uchylające rozporządzenie (WE) nr 352/2009 (Dz.U. UE L 121/8 z dnia 3.5.2013).
2. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2015/1136 z dnia 13 lipca 2015 r. zmieniające rozporządzenie wykonawcze (UE) nr 402/2013 w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka (Dz.U. UE L 185/6 z dnia 14.7.2015).
3. Woliński M.: *Zbiornik wodoru w samochodzie. Realne zagrożenie w pożarze?* Warszawa, Zeszyty naukowe SGSP 2018, nr 65, s. 47–61.
4. <https://www.linde-engineering.com/en/plant-components/hydrogen-refueling-technologies/index.html> [dostęp: 29.09.2023].

<sup>3</sup> Inwersja temperatury – zjawisko wzrostu temperatury w troposferze wraz ze wzrostem wysokości, zamiast normalnie obserwowanego tam spadku temperatury z wysokością.