



**Łukasiewicz**

Instytut Organizacji i Zarządzania  
w Przemysle ORGMASZ



## **BEZPIECZEŃSTWO W TECHNOLOGIACH WODOROWYCH**

**VII - ZAŁOŻENIA TECHNICZNE I  
TECHNOLOGICZNE ORAZ PRZEGLĄD  
STRATEGII WODOROWYCH**

# **BEZPIECZEŃSTWO W TECHNOLOGIACH WODOROWYCH**

## **VII**

### **ZAŁOŻENIA TECHNICZNE I TECHNOLOGICZNE ORAZ PRZEGLĄD STRATEGII WODOROWYCH**

Warszawa, czerwiec 2023 r.

Recenzenci: prof. dr. hab. inż. Piotr Wolański, dr inż. Katarzyna Stec, dr inż. Renata Kulesza, dr hab. inż. Grzegorz Wojtasiewicz, dr inż. Antoni Migdał, dr inż. Piotr Wieczorek, Damian Wijatyk, dr inż. Kamil Kulesza

Kierownik projektu: dr Katarzyna Iwińska

Zespół projektu: dr Katarzyna Iwińska, dr inż. Kamil Kulesza, dr hab. Michał Wróblewski, Joanna Grudowska

Publikacja dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą „Nauka dla Społeczeństwa” nr projektu NdS 545480/2022/2022, kwota dofinansowania 1 410 152 zł, całkowita wartość projektu 1 410 152 zł.



Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemśle ORGMASZ  
ul. Żelazna 87 00-879 Warszawa

## SPIS TREŚCI

Spis treści .....	1
1. Wstęp .....	2
2. Analiza systemów zabezpieczeń dla technologii wodorowych .....	3
3. Strategie bezpieczeństwa wodorowego dla systemów przemysłowych i użytkowych .	5
3.1. Stacje tankowania detalicznego .....	5
3.2. Intermodalne rozwiązania transportowe drogowe, kolejowe, morskie .....	8
3.3. Systemy przemysłowe i przesyłowe .....	11
3.4. Systemy magazynowania i konwersji wodoru .....	15
3.5. Pozostałe kwestie .....	17
4. Strategie wodorowe dla systemów przemysłowych i użytkowych .....	18
4.1. Rozwiązania w obszarze detalicznym .....	18
4.2. Rozwiązania w obszarze samorządowym .....	20
4.3. Rozwiązania dla systemów przemysłowych .....	21
4.4. Pozostałe kwestie .....	23
5. Identyfikacja obszarów koniecznych do opracowania w istniejącym otoczeniu prawnym i technicznym .....	25
6. Scenariusze kryzysowe - cyberbezpieczeństwo i zapobieganie atakom terrorystycznym .....	26
7. Wnioski i rekomendacje .....	31
Bibliografia .....	36

## 1. WSTĘP

W niniejszym opracowaniu poddane analizie zostaną strategie wodorowe związane z bezpieczeństwem technologii wodorowych, oparte między innymi na wynikach wywiadów przeprowadzonych z przedstawicielami kluczowych gałęzi gospodarki wodorowej w Polsce.

Badanie polegało na przeprowadzeniu łącznie 24 wywiadów: 23 indywidualnych wywiadów pogłębionych (IDI, *Individual in-Depth Interview*) oraz jednego zogniskowanego wywiadu grupowego (FGI, *Focus Group Interview*) z ekspertami reprezentującymi instytucjonalnych interesariuszy gospodarki wodorowej. Badanie było realizowane od 31.01.2023 r. do 03.03.2023 r. w formule online. Wywiady były prowadzone techniką średnio-standaryzowaną (*semi-structured interview*). Badacz korzystał z opracowanego scenariusza wywiadu w zależności od grupy, jaką reprezentował respondent, lecz dysponował swobodą co do kolejności zadawania pytań, ich sformułowania oraz możliwości pogłębiania wątków, które w toku badania czy pojedynczych wywiadów zostały ocenione za wartę eksploracji ze względu na cele badania.

Badanie miało następujące cele:

- poznanie stanowiska ekspertów co do szans, ryzyk, zagrożeń i potrzeb wynikających z zapewnienia bezpiecznego i stabilnego funkcjonowania oraz wdrażania technologii wodorowych w polskiej gospodarce,
- określenie luk i deficytów, a także koniecznych i możliwych działań w obszarze szeroko pojętego bezpieczeństwa technologii wodorowych,
- porównanie perspektyw ekspertów wielu dyscyplin i branż gospodarki wodorowej w wymienionych aspektach,
- określenie aktualnego stanu polskiej gospodarki wodorowej i potencjalnych scenariuszy jej rozwoju na podstawie wiedzy eksperckiej.

Ekspertów, czyli uczestników wywiadów, do badania dobierano w sposób celowy. Główne kryteria jakie były brane pod uwagę to:

- reprezentowanie jednej z grup: przemysł, administracja publiczna, nauka,
- reprezentowanie poszczególnego ogniwa łańcucha wartości technologii wodorowych: wytwarzanie, transport, magazynowanie, użytkowanie i/lub istotnego otoczenia łańcucha,
- reprezentowanie instytucji o znacznym oddziaływaniu na rozwój gospodarki wodorowej i/lub specjalnych kompetencjach w zakresie gospodarki wodorowej.

Badani eksperci reprezentowali: przemysł, transport, publiczne instytucje naukowe i badawczo-rozwojowe, administrację publiczną oraz stowarzyszenia i instytucje branżowe. Badani często byli afiliowani jednocześnie przedsiębiorstwem, organizacjami branżowymi oraz innymi instytucjami związanymi z polską gospodarką wodorową. Taki dobór pozwala na opracowanie szerokiego spektrum możliwych problemów, widzianych z perspektyw różnych grup interesów. Uczestnicy badania pozostali zanonimizowani. Raport z wywiadów stanowi Załącznik nr 1 do niniejszego dokumentu.

## 2. ANALIZA SYSTEMÓW ZABEZPIECZEŃ DLA TECHNOLOGII WODOROWYCH

Dobór systemów zabezpieczeń w technologiach wodorowych podyktowany jest przede wszystkim wymogami legislacyjnymi oraz wytycznymi branżowymi w tym obszarze.

Do wyznaczenia takich zabezpieczeń konieczne jest przeprowadzanie wielopoziomowej analizy ryzyka dla danego produktu czy procesu związanego z technologią wodorową, zarówno w podejściu ilościowym, jak i jakościowym. W zależności od rozmiarów oraz charakterystyki projektu wodorowego wyznaczeniem rodzajów zabezpieczeń dla tej technologii zajmuje się interdyscyplinarny zespół złożony z członków organizacji na poziomie technicznym i organizacyjnym<sup>1</sup>.

Wprowadzenie technologii wodorowych do organizacji musi implikować powstanie spójnej polityki bezpieczeństwa wodorowego. Poza kwestiami technicznymi, konieczne jest wyznaczenie obszarów odpowiedzialności oraz wyznaczenie jasnych procedur. Technologie wodorowe wymuszają na organizacji wypracowania tzw. kultury bezpieczeństwa, która łączy techniki informacyjne z identyfikacją zagrożeń oraz metodami zapobiegania scenariuszom kryzysowym. Ważne jest, aby obszar bezpieczeństwa wodorowego został włączony do programów jakościowych w organizacji oraz równie ważna jest edukacja obszaru zarządczego.

Głównymi obszarami koniecznymi do zabezpieczenia w technologiach wodorowych związanych z właściwościami wodoru, są m.in.<sup>2</sup>:

- możliwość tworzenia się mieszanin wybuchowych wodoru z innymi gazami,
- możliwość zapłonu wodoru oraz jego mieszanin,
- ekspozycja na niskie oraz wysokie temperatury.

Minimalizacja konsekwencji wynikających z zagrożeń związanych z technologiami wodorowymi obejmuje m.in.<sup>2</sup>:

- utrzymywanie zapasów wodoru na minimalnym, niezbędnym poziomie,
- minimalizacja technicznej możliwości tworzenia się mieszanin wodoru z tlenem,
- separacja możliwych źródeł zapłonu lub odpowiednie ich zabezpieczenie oraz dobór,
- kontakt z instalacją wodorową przez obsługę/użytkownika tylko w niezbędnym wymiarze,
- stosowanie odpowiednich technik usuwania wodoru,
- stosowanie specjalnych zabezpieczeń ochrony osobistej,
- wprowadzenie odpowiedniego systemu sygnalizacji zagrożeń oraz procedur i instrukcji postępowania.

Zabezpieczenia oraz technologie optymalizacyjne powinny być wprowadzone do cyklu życia technologii wodorowych już na etapie projektowym.

W przypadku minimalizacji możliwości tworzenia się niebezpiecznych mieszanin wodoru z tlenem stosuje się następujące zabezpieczenia:

- zabezpieczenia zbiorników oraz instalacji wodorowej przed wyciekiem czynnika, tj. zastosowanie odpowiednich urządzeń i aparatów,
- zabezpieczenia przed możliwością kontaktu wodoru z powietrzem,
- przeprowadzanie prób ciśnieniowych w etapie produkcyjnym urządzeń związanych z magazynowaniem, przesyłem i dystrybucją wodoru,
- stosowanie odpowiednich systemów wentylacyjnych, odprowadzających niebezpieczne mieszaniny wodoru z tlenem (rodzaj, lokalizacja)
- stosowanie odpowiedniego systemu detekcji wodoru (rodzaj, lokalizacja),
- system przedmuchowy oraz inne systemy usuwania wodoru z instalacji.