

## D 4.4

# Wytyczne i dobre praktyki dla służb ratowniczych



The project is supported by the Clean Hydrogen Partnership and its members.

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the Clean Hydrogen Partnership. Neither the European Union nor the Clean Hydrogen Partnership can be held responsible for them.

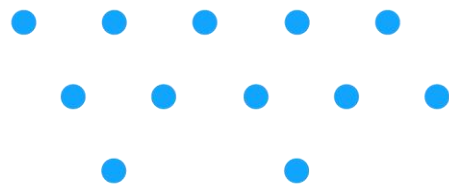


 [www.hypop-project.eu](http://www.hypop-project.eu)

 [info@hypop-project.eu](mailto:info@hypop-project.eu)

**#HYPOPPROJECT**





<b>D 4.4</b>	Wytyczne i dobre praktyki dla służb ratowniczych
TYP DOKUMENTU	Raport
MIESIĄC I DATA REALIZACJI	Miesiąc 28, 30.09.2025
PAKIET ROBOCZY	WP 4
LIDER	ENVI
POZIOM ROZPOWSZECHNIANIA	Publiczny
AUTORZY	Mattia Miglietta
PROGRAM	HORIZON EUROPE
UMOWA DOTACYJNA	101111933
ROZPOCZĘCIE	Czerwiec 2023
CZAS TRWANIA	28 miesięcy





## Współautorzy

NAZWA	ORGANIZACJA
Mattia Miglietta	ENVI
IMIĘ I NAZWISKO	ORGANIZACJA 2
NAZWA TRZY TUTAJ	ORGANIZACJA 3

## Recenzje

NAZWA	ORGANIZACJA
Ilaria Schiavi	ENVI
María Panadero	CNH2

## Historia zmian

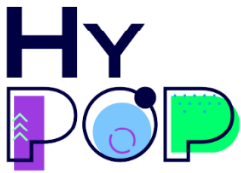
WERSJA	ORGANIZACJA	RECENZENT	MODYFIKACJE
1	ENVI	Ilaria Schiavi	Pierwsza wersja do przeglądu konsorcjum
2	ENVI	Mattia Miglietta	Druga wersja po uwagach CNH2
3	ENVI	Ilaria Schiavi	Ostateczna wersja do przesłania

Informacje i opinie zawarte w niniejszym sprawozdaniu są opiniami autora (autorów) i nie muszą odzwierciedlać oficjalnego stanowiska Unii Europejskiej, instytucji i organów Unii Europejskiej ani osób działających w ich imieniu.



## Spis treści

1	O projekcie HYPOP .....	8
2	Dokumenty zawierające wytyczne HYPOP .....	8
3	Jak korzystać z wytycznych bezpieczeństwa HYPOP .....	9
4	Podstawowe zasady bezpieczeństwa wodoru i technologii wodorowych .....	11
4.1	Bezpieczeństwo wodoru: właściwości i porównania z paliwami konwencjonalnymi .....	12
4.1.1	Zalety bezpieczeństwa .....	15
4.1.2	Wady bezpieczeństwa .....	16
4.2	Bezpieczeństwo instalacji: podstawowe zasady analizy ryzyka i atmosfery potencjalnie wybuchowe – ATEX .....	19
4.3	Współdziałanie z planowaniem: wybór lokalizacji i charakterystyka .....	22
4.4	Podjęcia do bezpieczeństwa w projektach związanych z wodorem: środki zapobiegawcze i ograniczające .....	22
4.4.1	Produkcja wodoru odnawialnego poprzez elektrolizę do zastosowań przemysłowych .....	22
4.4.2	Magazynowanie sprężonego wodoru dla sektora przemysłowego i transportowego .....	29
4.4.3	Stacje tankowania wodoru .....	30
4.4.4	Ogniwa paliwowe dla sektora energetycznego i mieszkaniowego .....	33
5	Metody oceny ryzyka .....	38
6	Zalecenia i działania HYPOP mające na celu przyspieszenie procedur akceptacyjnych i bezpieczeństwa .....	40
7	Metodologia .....	47
8	Wnioski .....	54
9	Załącznik A .....	56
i.	Wytyczne UE .....	56
ii.	Dowody na istnienie przepisów dotyczących bezpieczeństwa projektów związanych z wodorem w UE .....	58
iii.	Podstawowe odniesienia do przepisów, kodeksów i norm (RCS) .....	66
iv.	Warsztaty techniczne HYPOP .....	69
	Warsztaty techniczne: Hiszpania .....	69
	Warsztaty techniczne: Włochy .....	70
	Warsztaty techniczne: Belgia .....	72
	Warsztaty techniczne: Bułgaria .....	72
	Warsztaty techniczne: Polska .....	73
v.	Analiza techniczna wymagań i barier bezpieczeństwa: uzupełnienie z HYPOP D2.1 .....	74
	CHORWACJA .....	74



CYPR .....	76
CZECHY .....	77
LITWA .....	82
MALTA .....	84
SŁOWACJA .....	84

#### Indeks tabel

Tabela 1 Przewodnik po treści wytycznych bezpieczeństwa HYPOP .....	9
Tabela 2 Główne właściwości wodoru (dodatkowe materiały edukacyjne) .....	12
Tabela 3 Typowe formy wodoru, warunki pracy i zastosowania .....	13
Tabela 4 Parametry przydatne do bezpiecznego opracowywania projektów i zarządzania nimi (dodatkowe materiały edukacyjne) .....	13
Tabela 5 Zakresy palności paliw w porównaniu z H <sub>2</sub> .....	17
Tabela 6 Awaryjne, zagrożenia i środki zapobiegawcze/łagodzące dla stosu elektrolitycznego ...	24
Tabela 7 Zagrożenia związane z produkcją wodoru Elementy BoP mające wpływ na bezpieczeństwo oraz stosowane środki zapobiegawcze i ograniczające .....	26
Tabela 8 Zagrożenia i środki zapobiegawcze/łagodzące dla magazynowania sprężonego wodoru dla przemysłu i transportu .....	29
Tabela 9 Potencjalne awaryjne oraz środki wykrywania i bezpieczeństwa dla elementów HRS ..	31
Tabela 10 Rodzaje ogniwo paliwowych i ich zastosowania (dodatkowe materiały edukacyjne) 33	
Tabela 11 Zagrożenia i środki zapobiegawcze/łagodzące dla systemów ogniwo paliwowych stosowanych w energetyce i gospodarstwach domowych .....	34
Tabela 12 Dlaczego analiza ryzyka „CO, DLACZEGO i KIEDY” jest ważna dla projektów 2 .....	38
Tabela 13 Jakościowa i ilościowa analiza ryzyka na podstawie najlepszych praktyk HYPOP ...	38
Tabela 14 Praktyczne działania/zalecenia HYPOP i oczekiwane korzyści .....	40
Tabela 15 Mocne strony i ograniczenia podejść normatywnych i opartych na wynikach .....	43
Tabela 16 Korzyści wynikające z wczesnego przedstawienia projektu organom publicznym ...	43
Tabela 17 Działania przeprowadzone w ramach pakietów roboczych 2 i 4 w celu uzyskania informacji na temat podejść do bezpieczeństwa w projektach 2 .....	47
Tabela 18 Podmioty współpracujące z HYPOP: projekty UE, organy publiczne i podmioty prywatne .....	48
Tabela 19 Parametry bezpieczeństwa i wydawania zezwoleń wykorzystane do przeprowadzenia analizy mocnych i słabych stron .....	52
Tabela 20 Wytyczne UE dotyczące bezpieczeństwa określone w projekcie HYPOP .....	56
Tabela 21 Obowiązujące przepisy UE dotyczące bezpieczeństwa projektów 2 .....	59
Tabela 22 Podstawowe odniesienia do przepisów, kodeksów i norm .....	66
Tabela 23 Ilości graniczne substancji niebezpiecznych określone w rozporządzeniu w sprawie zapobiegania poważnym awariom związanym z substancjami niebezpiecznymi .....	74
Tabela 24 Odległości bezpieczeństwa zgodnie z normą NFPA-2/2020 (z Chorwacji) .....	75
Tabela 25 Odległości bezpieczeństwa wymagane w Czechach .....	79

#### Indeks rysunków

Rysunek 1 Wytyczne bezpieczeństwa HYPOP .....	41
---	----



Rysunek 2 Zasięg geograficzny badań dotyczących bezpieczeństwa, wydawania zezwoleń i certyfikacji .....	52
Rysunek 3 Mapa mocnych i słabych stron według parametrów bezpieczeństwa (po lewej) i parametrów dotyczących pozwoleń (po prawej) z WP2.....	53

## Skrócone nazwy partnerów

ENVI	Parco Scientifico Tecnologico Per L'ambiente Environment Park Torino Spa
IMI	Instytut Innowacji Metodologicznych
IME	Fundacja IMDEA Energia
APRE	Agencja ds. Promocji Badań Europejskich
CNH2	Krajowe Centrum Wodoru
RIGP	Regionalna Izba Gospodarcza Pomorza
KLASTER TWEED	Klaster Tweed
BH2C	Bałkański Klaster Wodorowy

## Skróty

ATEX	<i>Atmosphères Explosibles</i> – dyrektywy UE dotyczące urządzeń i miejsc pracy w atmosferach potencjalnie wybuchowych
BoP	Balance of Plant
EES	Systemy awaryjnego wyłączenia
HAZID	Identyfikacja zagrożeń
HAZOP	Analiza zagrożeń i operacyjności
IEC	Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna
ISO	Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna
LEL	Dolna granica wybuchowości
LOI	Wskaźnik graniczny tlenu
LPG	Skroplony gaz ropopochodny
PPE	Środki ochrony indywidualnej
PSV	Zawór bezpieczeństwa ciśnieniowego
WFMPT	Badanie metodą mokrej fluorescencji cząstek magnetycznych



## Streszczenie

HYPOP powstał w oparciu o prosty, ale ambitny cel: pomóc obywatelom, organom publicznym, producentom i pierwszym użytkownikom zaufać technologiom wodorowym, zwłaszcza w nowych sektorach, takich jak mobilność i budownictwo mieszkaniowe, gdzie transformacja jest bardziej złożona. W szczególności skupiono się na bezpieczeństwie, wydawaniu zezwoleń i certyfikacji technologii wodorowych, aby zrozumieć, czy możliwe jest wypracowanie wspólnego podejścia w całej Europie. Jednak po wysłuchaniu opinii zainteresowanych stron i przeanalizowaniu przypadków w różnych krajach okazuje się, że sytuacja w zakresie zezwoleń dotyczących bezpieczeństwa jest niejednolita: przepisy są różnie interpretowane w różnych regionach; poziom znajomości technicznej właściwości  $H_2$  jest zróżnicowany, a ponadto wydaje się, że występują wahania między przepisami nakazowymi a podejściami opartymi na ryzyku i „wynikach”. Przekłada się to na długie i nieprzewidywalne procesy wydawania zezwoleń, niespójne marginesy bezpieczeństwa (czasami nadmierne, a czasami być może niewystarczające), wyższe koszty pośrednie i, nierzadko, nieufność społeczeństwa.

Wytyczne bezpieczeństwa HYPOP wspierają wspólne podejście i opierają się na dwóch filarach: **działaniach technicznych i transferze wiedzy w celu podnoszenia świadomości społecznej**.

Od strony technicznej dokument zawiera podstawową terminologię i pojęcia dotyczące bezpieczeństwa wodorowego i technologii je umożliwiających, poczynawszy od ogólnych zasad (podstawowe właściwości gazu, ocena ryzyka, wybór lokalizacji) po konkretne kwestie wymagające uwagi w przypadku poszczególnych technologii wodorowych. Ponieważ **palność i wybuchowość** wodoru stanowią istotne zagrożenie, odwołujemy się wyraźnie do **ram ATEX** (urządzenia/operacje w atmosferach potencjalnie wybuchowych) i podsumowujemy **najczęściej stosowane metody analizy ryzyka** zidentyfikowane podczas konsultacji z zainteresowanymi stronami w ramach projektu HYPOP (od jakościowych narzędzi HazID/HAZOP po narzędzia ilościowe). W oparciu o te podstawowe elementy przedstawiamy **główne zagrożenia, środki zapobiegawcze i łagodzące oraz, w stosownych przypadkach, praktyczne korzyści** dla zainteresowanych stron.

Drugi filar dotyczy **wymiaru społecznego i akceptacji**, oferując zalecenia i praktyczne działania mające na celu rozwiązanie następujących problemów: (i) luki regulacyjne lub rozbieżne interpretacje (w tym między regionami/urzędami lokalnymi); (ii) ograniczonym praktycznym doświadczeniem organów w zakresie norm technicznych, metod oceny ryzyka i specyfiki wodoru; (iii) defensywnym opieraniem się na przepisach dotyczących innych paliw (gaz ziemny/LPG) oraz częściowym stosowaniem innych przepisów, które nie pasują do projektów związanych z wodorem; (iv) powtarzalnymi, powolnymi procedurami wynikającymi z doraźnych wniosków o dane; oraz (vi) brakiem zaufania społecznego.

Zalecenia te zostały zebrane w propozycji **standardowej, stopniowej ścieżki bezpieczeństwa** – od wczesnego zaangażowania organów władzy po proporcjonalną ocenę ryzyka, podział na strefy ATEX, wybór barier i planowanie awaryjne – mającej na celu **przyspieszenie procesu zatwierdzania** przy jednoczesnym zapewnieniu **udokumentowanego, solidnego uzasadnienia bezpieczeństwa** projektów wodorowych.



## 1 O projekcie HYPOP

HYPOP – Hydrogen Public Opinion and Acceptance (Opinia publiczna i akceptacja wodoru) to projekt finansowany przez partnerstwo Clean Hydrogen Partnership w ramach europejskiego programu Horizon Europe (nr GA 101111933). Jego ogólnym celem jest podniesienie świadomości społecznej i zaufania do technologii wodorowych oraz ich systemowych korzyści, ze szczególnym uwzględnieniem mobilności i zastosowań mieszkaniowych.

**Wyniki przedstawione w niniejszym dokumencie odnoszą się do jednego z głównych przewidywanych rezultatów projektu HYPOP: opracowania wytycznych i dobrych praktyk, które pomogą skuteczniej określić, w jaki sposób obywatele, konsumenci/użytkownicy końcowi i zainteresowane strony mogą być zaangażowani we wdrażanie technologii wodorowych.**

Dokument powstał w wyniku analizy aktualnych praktyk i współpracy z wieloma zainteresowanymi stronami. Grupami docelowymi działań angażujących były przedsiębiorstwa produkujące technologie, pierwsi użytkownicy takich technologii oraz organy publiczne (np. służby ratownicze, gminy itp.) zajmujące się bezpieczeństwem, wydawaniem zezwoleń i certyfikacją w różnych krajach UE.

## 2 Dokumenty zawierające wytyczne HYPOP

Niniejszy dokument stanowi część zestawu wytycznych, z których każda dotyczy jednego z następujących zagadnień:

- Bezpieczeństwo (niniejszy dokument),
- Wydawanie zezwoleń (wynik D4.3) oraz
- Certyfikacja (wynik D4.5).

Bezpieczeństwo jest jednym z filarów ram wydawania zezwoleń, omówionym w niniejszym dokumencie D4.3, ale wymaga szczególnej uwagi, ponieważ obejmuje zarówno kwestie społeczne, jak i techniczne. Procedury bezpieczeństwa często odnoszą się do aspektów certyfikacji i/lub norm, które są omówione w dokumencie D4.5. Ze względu na te istniejące powiązania, w miarę możliwości w trzech wytycznych umieszczono odniesienia, aby ułatwić użytkownikom korzystanie z nich.

### 3 Jak korzystać z wytycznych bezpieczeństwa HYPOP

Użytkownicy niniejszych wytycznych powinni zapoznać się z poniższą tabelą zawierającą opis treści niniejszego dokumentu. Zaleca się przeczytanie w całości sekcji 4 oraz 5 przynajmniej raz, jednak później można odwołać się wyłącznie do konkretnych zastosowań opisanych w sekcji 4.3. Sekcja 6 przedstawia ogólne podejście, które może wspierać interakcję między różnymi zainteresowanymi stronami.

Tabela 1 Przewodnik po treści wytycznych bezpieczeństwa HYPOP

Sekcja	Treść
<p>4 -Podstawowe zasady bezpieczeństwa wodoru i technologii wodorowych</p>	<p>Opisuje <b>właściwości wodoru jako substancji, podkreślając ich wpływ na bezpieczeństwo</b>. Znajomość tych właściwości jest niezbędna do zrozumienia podstawowych środków zapobiegawczych i ograniczających ryzyko. Opisuje, <b>co interesariusz musi wziąć pod uwagę przy ocenie projektu obejmującego poszczególne technologie wodorowe</b> (połączenie wielu technologii wodorowych zazwyczaj mieści się w zakresie zastosowań przemysłowych, mobilności itp., opisanych w podsekcji 4.3). Ponadto wspomniano o ocenie ryzyka i <b>zwrócono szczególną uwagę na dyrektywę ATEX</b>, którą należy uwzględnić w przypadku wszystkich technologii stosowanych w środowiskach, w których wykorzystuje się wodór, ponieważ dotyczy ona palności, a zatem zjawisk wybuchowych, które mogą dotyczyć osób przebywających w zakładach przemysłowych zajmujących się produkcją i/lub magazynowaniem wodoru, na stacjach paliwowych, zarówno stacjonarnych, jak i mobilnych, oraz w zastosowaniach mieszkaniowych.</p>
<p>4.4 -Współdziałanie z planowaniem: wybór lokalizacji i charakterystyka</p> <p>Wybór lokalizacji instalacji wodorowej staje się <b>dotychczasowym czynnikiem o znaczącym znaczeniu, obok kwestii bezpieczeństwa poszczególnych technologii</b>.</p> <p>Dlatego wybór lokalizacji powinien opierać się na analizie wielokryterialnej, która uwzględnia:</p>	<p>W niniejszym podrozdziale zebrano wszystkie informacje dotyczące bezpieczeństwa, począwszy od podstawowych właściwości wodoru, poprzez działanie i bezpieczeństwo poszczególnych technologii, aż po analizy ATEX i metody analizy ryzyka. Wiedza ta ma znaczenie w sytuacji, gdy wiele technologii wodorowych musi zostać dostosowanych do konkretnego kontekstu zastosowania. <b>Rozdziały tej podsekcji przedstawiają zatem ogólne podejście do bezpieczeństwa w różnych kontekstach, takich jak produkcja wodoru w procesie elektrolizy do zastosowań przemysłowych i innych, dla stacjonarnych i mobilnych stacji paliwowych oraz dla systemów ogni w paliwowych instalowanych w kontekstach mieszkaniowych.</b></p>

Sekcja	Treść
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Przeznaczenie gruntów i zgodność z planem zagospodarowania przestrzennego, w tym ograniczenia dotyczące gatunków chronionych lub inne ograniczenia środowiskowe.</li> <li>• Odległości od obszarów o dużym natężeniu ruchu i budynków użyteczności publicznej. Lepiej unikać obszarów o dużym natężeniu ruchu.</li> <li>• Dostępność energii elektrycznej i wody. (Dostępność wody stanowi czynnik ryzyka, jeśli miejsce znajduje się na obszarze, gdzie występują niedobory wody).</li> <li>• Brak przeszkód, które mogłyby sprzyjać stagnacji gazów.</li> <li>• Weryfikacja dostępu straży pożarnej/pojazdów ratowniczych oraz lokalizacji hydrantów (w powiązaniu z odległościami bezpieczeństwa).</li> </ul>	

Sekcja	Treść
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ocena zakłóceń: napowietrzne linie energetyczne, linie kolejowe, duże natężenie ruchu, istniejące strefy ATEX, inne zbiorniki paliwa.</li> </ul> <p>Więcej szczegółów na temat niektórych z tych aspektów znajduje się w dokumencie D4.3.</p> <p>Podejścia do bezpieczeństwa w projektach związanych z wodorem: środki zapobiegawcze i łagodzące</p>	
<p>5 - <i>Metody oceny ryzyka</i></p>	<p>W niniejszym rozdziale opisano, <b>czym są analizy ryzyka, dlaczego się je stosuje i kiedy</b>. Następnie przedstawiono ogólne informacje na temat metodologicznych podejść, które powinny zawsze towarzyszyć projektom związanym z wodorem, niezależnie od ich zastosowania.</p>
<p>6 - <i>Zalecenia i działania HYPOP mające na celu przyspieszenie procedur akceptacyjnych i bezpieczeństwa</i></p>	<p>Klasyfikuje główne krytyczne kwestie, praktyczne działania i zalecenia oraz korzyści płynące z ich rozwiązania. <b>HYPOP proponuje standardową procedurę („Wytyczne bezpieczeństwa HYPOP”)</b> mającą na celu ułatwienie <b>współpracy między organami publicznymi a projektantami</b>. Dzięki temu projektanci będą mogli w jak najkrótszym czasie przedkładać projekty wodorowe zgodne z filozofią bezpieczeństwa, która jest wspólna, zrozumiała i akceptowana przez organy publiczne (np. służby ratownicze itp.) oraz obywateli.</p>
<p>7 - <i>Metodologia</i> „Metodologia</p>	<p><b>Opisuje podejście metodologiczne</b> zastosowane do zebrania danych niezbędnych do opracowania wytycznych. Następnie przedstawia przegląd podmiotów, które wniosły swój wkład, rodzaj przeprowadzonych badań oraz graficzne podsumowanie wyników uzyskanych w wyniku badań technicznych dotyczących wymagań bezpieczeństwa i barier zidentyfikowanych w Deliverable 2.1.</p>



Sekcja	Treść
8 - Wnioski z badania Wnioski	Zawiera podsumowanie badań HYPOP przeprowadzonych w celu opracowania wytycznych dotyczących bezpieczeństwa.



## 4 Podstawowe zasady bezpieczeństwa wodoru i technologii wodorowych

Bezpieczeństwo jest pojęciem niematerialnym, otwartym na interpretację, co stanowi ograniczenie zarówno dla zrozumienia naukowego, jak i praktycznego wdrożenia. W inżynierii bezpieczeństwa proponuje się różne definicje bezpieczeństwa. Poniżej przedstawiono kilka powszechnie cytowanych definicji:

- „Brak niedopuszczalnego ryzyka dla otoczenia ze strony rozpatrywanych jednostek funkcjonalnych i fizycznych” – z internetowego słownika elektrotechnicznego<sup>1</sup> ;
- „Brak ryzyka, które jest nie do przyjęcia” – z przewodnika ISO/IEC 51:2014<sup>2</sup> , gdzie ryzyko definiuje się jako „połączenie prawdopodobieństwa wystąpienia szkody i jej dotkliwości”;
- „Brak niedopuszczalnego ryzyka” – z normy ISO 11014:2009<sup>3</sup> .

Bezpieczeństwo każdej instalacji jest ściśle związane z pojęciem ryzyka, które, zgodnie z powyższą definicją, wynika z połączenia:

- **Prawdopodobieństwa** wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego (przypadkowego zdarzenia) oraz
- **Nasilenia** jego skutków (jak poważne mogą być potencjalne szkody).

Prawdopodobieństwo to nie jest jedynie teoretyczną prawdopodobieństwem – uwzględnia ono również:

- częstotliwość narażenia na niebezpieczną sytuację,
- czy szkodliwe zdarzenie faktycznie ma miejsce, oraz
- czy możliwe jest uniknięcie lub ograniczenie szkód (np. poprzez systemy alarmowe, bezpieczne odległości lub szkolenia personelu).

Wykorzystanie wodoru wiąże się z pewnym ryzykiem, związanym z właściwościami samej substancji, jak opisano poniżej. Jednak dzięki odpowiednim protokołom bezpieczeństwa i środkom ograniczającym ryzyko **wodór i technologie oparte na wodorze nie są z natury bardziej niebezpieczne niż paliwa konwencjonalne lub inne zrównoważone rozwiązania alternatywne dla paliw kopalnych**. Ponadto ryzyko to nie zależy od kraju. Innymi słowy, **bezpieczeństwo wodorowe może i musi być zapewnione w ten sam sposób we wszystkich krajach UE**. Daje to możliwość przyjęcia **rozwiązań, które można powielać** ponad granicami, co prowadzi do usprawnienia procesów biurokratycznych i obniżenia kosztów projektów.

Poniższe podrozdziały mają na celu przedstawienie podstawowych informacji niezbędnych do zrozumienia ogólnych zasad postępowania z wodorem i konkretnymi technologiami wodorowymi.

<sup>1</sup> <https://www.electropedia.org/>

<sup>2</sup> <https://www.iso.org/standard/53940.html>

<sup>3</sup> <https://www.iso.org/standard/44690.html>

#### 4.1 Bezpieczeństwo wodoru: właściwości i porównanie z paliwami konwencjonalnymi

Wodór jest najlżejszym i najmniejszym pierwiastkiem, a w warunkach atmosferycznych (**standardowa temperatura i ciśnienie, 25 °C i 1 atm**) występuje w postaci gazowej. Wodór jest substancją bezbarwną, bezwoną, bezsmakową, nietoksyczną i nie trującą. Nie jest również korozyjny, ale może powodować kruchość niektórych metali. Typowe właściwości fizykochemiczne wodoru przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 2 Główne właściwości wodoru (dodatkowe materiały edukacyjne<sup>4</sup>)

Właściwość	Wartość	Jednostka (SI)
Temperatura samozapłonu	500	°C
Temperatura wrzenia (1 atm)	-252,9	°C
Gęstość (NTP)	0,08375	kg m <sup>-3</sup>
Współczynnik dyfuzji w powietrzu (NTP)	0,610	cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
Entalpia (NTP)	3858,1	kJ kg <sup>-1</sup>
Entropia (NTP)	53,14	J g <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Temperatura płomienia w powietrzu	2045	°C
Zakres palności w powietrzu	4,0 – 75,0	% obj.
Energia zapłonu w powietrzu	2 × 10 <sup>-5</sup>	J
Energia wewnętrzna (NTP)	2648,3	kJ kg <sup>-1</sup>
Masa cząsteczkowa	2,02	g mol <sup>-1</sup>
Ciężar właściwy (powietrze = 1) (NTP)	0,0696	–
Objętość właściwa (NTP)	11,94	m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup>
Ciepło właściwe, Cp (NTP)	14,29	J g <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Ciepło właściwe, Cv (NTP)	10,16	J g <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Przewodność cieplna (NTP)	0,1825	W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Lepkość (NTP)	8,813 × 10 <sup>-5</sup>	g cm <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup>

\*NTP = 1 atm, 20 °C (normalne warunki temperatury i ciśnienia).

Wodór może również występować w postaci ciekłej, gdy spełnione są określone warunki temperatury i ciśnienia (jego temperatura wrzenia wynosi -253 °C przy 1 atm). Termin „wodór kriogeniczny” jest często używany w bardziej ogólnym znaczeniu w odniesieniu do wodoru w ekstremalnie niskich temperaturach (wodór ciekły jest zatem formą kriogeniczną).

<sup>4</sup> <https://www.h2euro.org/hyfacts/2014/06/26/training-material/>



W zależności od konkretnego zastosowania wodór jest wytwarzany i wykorzystywany w różnych warunkach i w różnych postaciach fizycznych.

Tabela3 Typowe formy wodoru, warunki pracy i zastosowania

Stan	Zakres temperatur	Zakres ciśnienia	Typowe zastosowania
Gazowy (sprężony)	Otoczenie (20–25 °C)	Do 700 bar	Ogniwa paliwowe do pojazdów; zastosowania przemysłowe
Ciekłe (kriogeniczne)	Poniżej – 252,87 °C	1 atm	Napęd kosmiczny; magazynowanie o wysokiej gęstości
Sprężone kriogenicznie	– od – 240 do – 253 °C	200–350 bar	Transport i dystrybucja

Poniższa tabela zawiera dalsze właściwości przydatne do bezpiecznego opracowywania projektów i zarządzania nimi, w tym na przykład podział na strefy ATEX miejsc instalacji, odległości bezpieczeństwa, detektory gazu i wycieków oraz systemy zabezpieczeń.

Tabela4 Parametry przydatne do bezpiecznego opracowywania projektów i zarządzania nimi (dodatkowe materiały edukacyjne<sup>5</sup>)

Parametr	Deflagracja	Detonacja	Jednostka
Dolna granica palności	4,1	18,3	% obj.
	3,6	16,1	g m <sup>-3</sup> powietrza
Górna granica palności	74,0	59,0	% obj.
	67	51,8	g m <sup>-3</sup> powietrza
Wartość stechiometryczna detonacji w powietrzu	–	29,53	% obj.
Temperatura samozapłonu	574	574	°C
Minimalna energia zapłonu	0,02	≥ 10 <sup>7</sup>	mJ
Maksymalna temperatura płomienia	2318	2318	K
Energia wybuchu	–	2,02	kg TNT m <sup>-3</sup> (gaz w warunkach NTP)
Prędkość spalania w powietrzu (zależna od stężenia)	102 – 325	–	cm s <sup>-1</sup>

<sup>5</sup> <https://hyresponder.eu/e-platform/training-materials/educational-training/lecture-2-properties-of-hydrogen-relevant-to-safety/>



Parametr			Deflagracja	Detonacja	Jednostka
Prędkość powietrza	detonacji	w	—	1,48 - 2,15	km s <sup>-1</sup>



Główne właściwości wodoru mające wpływ na bezpieczeństwo obejmują:

- Względna gęstość pary
- Emisyjność i temperaturę płomienia
- Zakres palności
- Rozpraszalność
- Temperatura wrzenia

**Właściwości H<sub>2</sub> zostaną sklasyfikowane poniżej na podstawie ich wpływu na bezpieczeństwo:**

- Jeśli właściwość wodoru zapewnia większe bezpieczeństwo dla środowiska i ludzi, nazywamy ją **zaletą bezpieczeństwa**.
- Jeśli nieodłączna właściwość wodoru wymaga podjęcia **środków ograniczających ryzyko**, aby osiągnąć taki sam poziom bezpieczeństwa jak w przypadku tradycyjnych paliw, nazywamy ją **wadą lub niedogodnością pod względem bezpieczeństwa**.

#### 4.1.1 Zalety bezpieczeństwa

##### Względna gęstość pary

Odnosi się do tego, jak ciężki jest gaz lub para w porównaniu z powietrzem.

- Jeśli wartość jest **większa niż 1**, gaz jest **cięższy od powietrza** → ma tendencję do gromadzenia się w niskich obszarach (takich jak piwnice lub rowy).
- Jeśli wartość jest **mniejsza niż 1**, gaz jest **lżejszy od powietrza** → ma tendencję do unoszenia się i rozpraszania w górę.
- Jeśli wartość jest **równa 1**, zachowuje się jak powietrze i ma tendencję do rozprzestrzeniania się bez preferowanego kierunku.

##### **WPŁYW NA BEZPIECZEŃSTWO:**

W kontekście bezpieczeństwa paliwowego zrozumienie względnej gęstości pary ma kluczowe znaczenie dla:

- Projektowania odpowiednich systemów wentylacyjnych;
- Oceny ryzyka gromadzenia się w zamkniętych przestrzeniach;
- określenia umiejscowienia detektorów wycieku gazu (np. wysoko w przypadku gazów lekkich, takich jak H<sub>2</sub>, nisko w przypadku gazów cięższych, takich jak propan).

Wodór jest cząsteczką znacznie lżejszą od powietrza i innych konwencjonalnych paliw. W rzeczywistości wodór jest:

- **14 razy lżejszy od powietrza,**
- **6 razy lżejszy od gazu ziemnego i**



- 57 razy lżejszy od oparów benzyny<sup>6</sup>.

W zastosowaniach zewnętrznych (takich jak pojazdy wodorowe i stacje paliwowe) wodór ma tendencję do bardzo szybkiego rozpraszania się w górę, co zmniejsza prawdopodobieństwo kontaktu lub interakcji z iskrą. W zamkniętych przestrzeniach wodór ma tendencję do natychmiastowego gromadzenia się w pobliżu sufitu. Dla porównania, w przypadku wycieków paliwa kopalne, zazwyczaj cięższe, mają tendencję do gromadzenia się i tworzenia rozległych chmur palnych, zwiększając tym samym ryzyko pożaru lub wybuchu.

#### Emisyjność i temperatura płomienia

Promieniowanie ciepłe emitowane przez płomień wodorowy jest niskie w porównaniu z innymi konwencjonalnymi paliwami kopalnymi. **Niższe obciążenie cieplne zmniejsza prawdopodobieństwo pożarów domów lub uszkodzeń konstrukcyjnych innych elementów, które mogą znajdować się w danym miejscu.**

Jednak niska emisyjność sprawia, że płomień jest prawie niewidoczny gołym okiem, co w połączeniu z faktem, że temperatura płomienia może osiągnąć 2400 °C, stanowi zagrożenie. Mimo to w obecnych zakładach produkcji, magazynowania i wykorzystania wodoru jest mało prawdopodobne, aby doszło do narażenia bez uruchomienia urządzeń awaryjnych. Normalne środki ograniczające ryzyko obejmują stosowanie minimalnych odległości bezpieczeństwa.

#### 4.1.2 Wady bezpieczeństwa

##### Zakres palności i minimalna energia zapłonu

Wodór ma cechę szczególną, która sprawia, że zasługuje on na uwagę organów publicznych odpowiedzialnych za zapewnienie bezpieczeństwa i zdrowia obywateli oraz podmiotów realizujących projekty odpowiedzialnych za zapewnienie funkcjonowania sąsiednich lub bezpośrednio powiązanych rodzajów działalności gospodarczej: jest to jego palność.

Ważne jest również uwzględnienie granicznego wskaźnika tlenowego (LOI), czyli minimalnego stężenia tlenu, które sprzyja rozprzestrzenianiu się płomienia w mieszaninie paliwa, powietrza i azotu. Żadna mieszanina wodoru, powietrza i azotu w warunkach NTP nie spowoduje rozprzestrzeniania się płomienia, jeśli zawiera mniej niż 5% objętości tlenu:  $LOI_{H_2} = 5$

**Zakres palności** odnosi się do zakresu stężeń gazu między **dolną granicą palności (LFL)** a **górną granicą palności (UFL)**.

- **LFL to minimalne stężenie** substancji palnej w gazowym utleniaczu (zazwyczaj powietrzu), które może sprzyjać rozprzestrzenianiu się płomienia.
- **UFL to maksymalne stężenie**, przy którym nadal może zachodzić spalanie.

Wodór (i każdy gaz) może się zapalić, gdy jego stężenie w powietrzu spadnie **poniżej LFL i powyżej UFL**, pod warunkiem, że jest **źródło zapłonu**.

---

<sup>6</sup> <https://h2tools.org/bestpractices/gaseous-gh2-and-liquid-h2-fueling-stations/hydrogen-compared-to-other-fuels>

### ZNACZENIE DLA BEZPIECZEŃSTWA:

W kontekście bezpieczeństwa paliwowego ważne jest monitorowanie różnych źródeł zapłonu, które mogą powodować zapłon wodoru:

- Źródła elektryczne: silniki, przełączniki, przekaźniki lub telefony komórkowe
- Elektryczność statyczna
- Ładunki elektryczne powstające podczas pracy urządzeń: z powodu słabego uziemienia lub nieprzewodzących rur
- Źródła mechaniczne i uderzenia: iskry powstające w wyniku uderzeń
- Zjawiska tarcia (ścieranie się powierzchni)
- Źródła termiczne: gorące powierzchnie itp.
- Inne źródła otwartego ognia: otwarte płomienie i iskry powstające podczas spawania, spalania lub szlifowania
- Gorące powierzchnie (np. kolektor wydechowy)
- Spaliny pojazdów
- Źródła chemiczne

Biorąc pod uwagę takie źródła zapłonu, właściwością wodoru związaną z palnością jest minimalna energia zapłonu (MIE). Jest ona definiowana jako minimalna energia elektryczna potrzebna do zapalenia mieszaniny substancji palnych i może się różnić w zależności od temperatury i ciśnienia: MIE = 0,017 mJ. Jest to mniej niż jedna dziesiąta wartości dla innych popularnych paliw, takich jak metan, LPG lub benzyna.

Gdy stężenie wodoru w powietrzu osiąga 4% do 75% (granice wybuchowości), może on ulegać deflagracji pod wpływem otwartego ognia, elektryczności statycznej lub wysokiej temperatury ( $\geq 500 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Ten zakres palności jest znacznie szerszy niż w przypadku innych konwencjonalnych paliw (np. benzyna ma zakres palności 1–7,6%, propan 2,2–9,6%, a metan 5,3–15%).

Tabela 5 Zakresy palności paliw w porównaniu z  $\text{H}_2$ <sup>7</sup>

Paliwo	Temperatura zapłonu ( $^\circ\text{C}$ )	Zakres palności w powietrzu (vol %)
Wodór	-231	4 - 75
Metan	-188	5,3 - 15
Propan	-104	2,2 - 9,6
Benzyna	-45	1 - 7,6
Metanol	11	6 - 36,5
Etanol (70 %)	17	3,3 - 19
Nafta	36	0,7 - 5
Paliwo lotnicze	60	0,7 - 5
Olej napędowy	62	0,6 - 5,5

<sup>7</sup> <https://hyresponder.eu/e-platform/training-materials/educational-training/lecture-2-properties-of-hydrogen-relevant-to-safety/>



Paliwo	Temperatura zapłonu (°C)	Zakres palności w powietrzu (vol %)
Biodiesel	130	0,6 – 6

**Temperatura zapłonu:** najniższa temperatura, w której paliwo wytwarza na swojej powierzchni wystarczającą ilość oparów, aby utworzyć mieszaninę z powietrzem zdolną do zapłonu (w tym przypadku nadal potrzebne jest źródło zapłonu).

### Rozpraszalność

Określa on szybkość, z jaką cząsteczki gazu przemieszczają się z obszaru o wysokim stężeniu do obszaru o niskim stężeniu, zgodnie z gradientem stężenia. Chociaż właściwość ta jest związana z niską względną gęstością par wodoru, która skraca czas utrzymywania się atmosfery wybuchowej, nie można jej uznać za ogólną zaletę pod względem bezpieczeństwa.

#### WPŁYW NA BEZPIECZEŃSTWO:

W kontekście bezpieczeństwa paliwowego wodór może przenikać przez wiele materiałów, zwiększając prawdopodobieństwo powstania mieszanek wybuchowych nawet w bardzo ograniczonych przestrzeniach. Podobnie, po zapaleniu się takiej mieszanki front płomienia rozprzestrzenia się znacznie szybciej właśnie ze względu na wysoką dyfuzyjność wodoru.

### Temperatura wrzenia

Temperatura wrzenia jest podstawową właściwością, która ma bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo i potencjalne zagrożenia dla zdrowia w przypadku bezpośredniego kontaktu z ciekłym wodorem lub oparami wodoru. **Normalna temperatura wrzenia (NBP)** wodoru wynosi około 20,3 K (-252,9 °C).

#### WPŁYW NA BEZPIECZEŃSTWO:

Negatywne skutki wynikające z szybkich zmian stanu skupienia wodoru z ciekłego na inne, np. gazowy, mogą obejmować:

- **Bezpośredni kontakt skóry** z ciekłym wodorem może spowodować **oparzenia kriogeniczne**. Podobnie, **wdychanie oparów wodoru** może prowadzić do **problemów z oddychaniem, takich jak uduszenie**, spowodowane wypieraniem tlenu w zamkniętych lub słabo wentylowanych pomieszczeniach.
- Znaczne rozprężenie wodoru, prowadzące do gwałtownego wzrostu ciśnienia i możliwego **rozprzestrzeniania** się uwolnionego wodoru **w poziomie**.

**Środki ograniczające:** Odpowiednia wentylacja, systemy monitorowania tlenu i izolacja termiczna są niezbędnymi środkami ograniczającymi, zapewniającymi bezpieczne obchodzenie się z ciekłym/kriogenicznym wodorem. Ponadto należy stosować specjalne pojemniki kriogeniczne, takie jak zbiorniki dwuoscienne i izolowane próżniowo, oraz wybierać materiały odporne na ekstremalne obciążenia termiczne, które nie ulegają kruchości.



## 4.2 Bezpieczeństwo instalacji: podstawowe zasady analizy ryzyka i atmosfer potencjalnie wybuchowych – ATEX

W przypadku każdej instalacji ocena bezpieczeństwa projektu musi zawierać informacje na temat analiz ryzyka przeprowadzonych dla:

- prawidłowego działania samych technologii (wodorowych);
- potencjalnych usterek i skutków kaskadowych dla innych urządzeń;
- urządzeń znajdujących się w obszarze instalacji;
- zjawiska starzenia się, które mogą wpływać na prawidłowe działanie urządzeń;
- błędów ludzkich wynikających z niewłaściwego użytkowania i konserwacji różnych systemów.

Ważne jest przeprowadzenie jakościowej oceny ryzyka (QRA) w przypadkach objętych obowiązującymi przepisami krajowymi/lokalnymi, a także ukierunkowanej QRA w bardziej złożonych sytuacjach pod względem stosowanej technologii, charakterystyki obiektu lub aspektów nieobjętych istniejącymi przepisami bezpieczeństwa (jeśli takie istnieją). Więcej informacji na temat wspólnych metodologii oceny ryzyka określonych w projekcie HYPOP można znaleźć w sekcji 5.

Analiza ryzyka musi być zintegrowana z klasyfikacją obszarów ATEX, która obejmuje:

- mapowanie stref 1/2 wokół prawdopodobnych/sporadycznych punktów uwolnienia;
- określenie efektywnej objętości na podstawie parametrów wentylacji;
- oddzielenie urządzeń nieposiadających certyfikatu Ex;
- optymalizację układu w celu zminimalizowania nakładania się stref niebezpiecznych i dróg ewakuacyjnych.

**Dyrektywa 2014/34/UE (ATEX) jest najczęściej stosowanym rozporządzeniem mającym na celu zapobieganie i ochronę obiektów przed przypadkowymi wybuchami<sup>8</sup>.** Ma to szczególne znaczenie w przypadku wszelkich instalacji wykorzystujących gaz, w tym technologie wodorowe. W połączeniu z analizami ryzyka opisanymi w sekcji 5, dokumentacja ATEX koncentruje się na klasyfikacji obszarów zagrożonych wybuchem. Jest to warunek wstępny projektowania i instalowania systemów elektrycznych, a w szerszym ujęciu ma zasadnicze znaczenie dla każdej ogólnej oceny bezpieczeństwa. Z tego powodu – oraz biorąc pod uwagę cechy opisane powyżej – klasyfikacja ATEX pojawia się w różnych raportach bezpieczeństwa, które inżynierowie ds. ochrony przeciwpożarowej przedkładają właściwym organom.

<sup>8</sup> [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/mechanical-engineering/equipment-potentially-explosive-atmospheres-atex\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/mechanical-engineering/equipment-potentially-explosive-atmospheres-atex_en)

### Jaki jest cel klasyfikacji obszarów niebezpiecznych?

- Wspieranie oceny ryzyka związanego z „atmosferą wybuchową”.
- Zdefiniowanie kluczowych wymagań dotyczących bezpieczeństwa przeciwwybuchowego dla urządzeń elektrycznych i nieelektrycznych oraz ich instalacji w strefach zagrożenia wybuchem, w celu wyeliminowania ryzyka zapłonu zidentyfikowanych atmosfer wybuchowych

### Kto potrzebuje klasyfikacji obszarów zagrożonych wybuchem?

W zależności od krajowej lub lokalnej struktury administracyjnej klasyfikacja ta jest przydatna dla wielu zainteresowanych stron, ale ogólnie jest wymagana przez:

- Osoby przeprowadzające ocenę ryzyka związanego z atmosferą wybuchową.
- Służby ds. zdrowia, bezpieczeństwa i zapobiegania.
- Każdy, kto kupuje sprzęt (urządzenia, maszyny itp.) do tych obszarów.
- Wszystkim pracownikom, którzy pracują w tych obszarach lub w inny sposób do nich wchodzi.
- Pracowników, którzy używają tam narzędzi lub sprzętu (np. ekipy konserwacyjne).
- Organ regularnie i kontrolnie

Ogólnie rzecz biorąc, wybuch może nastąpić tylko wtedy, gdy w tym samym miejscu i czasie występują jednocześnie trzy następujące elementy:

1. **Gaz palny lub pył palny (paliwo);**
2. **Powietrze, którego tlen działa jako utleniacz (utleniacz);**
3. **Źródło zapłonu** – na przykład iskra, łuk elektryczny lub wysoka temperatura powierzchni (zapłon).

**Bezpieczeństwo przeciwwybuchowe osiąga się, gdy prawdopodobieństwo współwystępowania paliwa, utleniacza i źródła zapłonu zostanie zmniejszone do akceptowalnego poziomu.** Wokół każdego elementu wyposażenia instalacji wodorowej obszary są klasyfikowane poprzez określenie zasięgu przestrzennego stref niebezpiecznych i odpowiadającego im ryzyka wybuchu. Ryzyko to jest oceniane – i w razie potrzeby ograniczane do dopuszczalnych granic – poprzez oddziaływanie na źródła emisji, środowisko (wentylacja, monitorowanie itp.) oraz potencjalne źródła zapłonu (zarówno elektryczne, jak i nieelektryczne).

Obszary są podzielone na **strefy niebezpieczne** i **strefy bezpieczne** na podstawie źródła zagrożenia (np. gazy, opary lub mgły łatwopalne; pyły palne) oraz charakterystyki eksploatacyjnej, takiej jak systemy zabezpieczające, urządzenia procesowe i procedury konserwacyjne.

- **Strefa 0:** Atmosfera wybuchowa występuje w sposób ciągły, przez długi czas lub często.
- **Strefa 1:** Atmosfera wybuchowa może wystąpić podczas normalnej pracy, ale tylko sporadycznie.
- **Strefa 2:** Atmosfera wybuchowa prawdopodobnie nie wystąpi podczas normalnej pracy, a jeśli wystąpi, będzie utrzymywać się tylko przez krótki czas.



Ta metoda podziału na strefy ma również zasadnicze znaczenie dla wyboru technologii, które same w sobie nie staną się potencjalnymi źródłami zapytania.



### 4.3 Współdziałanie z planowaniem: wybór lokalizacji i charakterystyka

Wybór lokalizacji instalacji wodorowej staje się dodatkowym czynnikiem o znaczącym znaczeniu, obok kwestii bezpieczeństwa poszczególnych technologii.

Dlatego wybór lokalizacji powinien opierać się na analizie wielokryterialnej, która uwzględni:

- Przeznaczenie gruntów i zgodność z planem zagospodarowania przestrzennego, w tym ograniczenia dotyczące gatunków chronionych lub inne ograniczenia środowiskowe.
- Odległości od obszarów o dużym natężeniu ruchu i budynków użyteczności publicznej. Lepiej unikać obszarów o dużym natężeniu ruchu.
- Dostępność energii elektrycznej i wody. (Dostępność wody stanowi czynnik ryzyka, jeśli miejsce znajduje się na obszarze, gdzie występują niedobory wody).
- Brak przeszkód, które mogłyby sprzyjać stagnacji gazów.
- Weryfikacja dostępu straży pożarnej/pojazdów ratowniczych oraz lokalizacji hydrantów (w powiązaniu z odległościami bezpieczeństwa).
- Ocena zakłóceń: napowietrzne linie energetyczne, linie kolejowe, duże natężenie ruchu, istniejące strefy ATEX, inne zbiorniki paliwa.

Więcej szczegółów na temat niektórych z tych aspektów znajduje się w dokumencie D4.3.

### 4.4 Podejścia do bezpieczeństwa w projektach związanych z wodorem: środki zapobiegawcze i łagodzące

Poniżej omówiono główne źródła zagrożeń bezpieczeństwa związane z poszczególnymi technologiami produkcji, magazynowania i wykorzystania wodoru.

Zrozumienie właściwości wodoru ma zasadnicze znaczenie dla bezpiecznej eksploatacji zakładów. Celem tej sekcji jest podkreślenie kluczowych aspektów bezpieczeństwa, które należy wziąć pod uwagę. Sekcja zawiera przegląd następujących instalacji wodorowych:

- Produkcja wodoru ze źródeł odnawialnych poprzez elektrolizę do zastosowań przemysłowych (4.4.1 )
- Magazynowanie sprężonego wodoru dla sektora przemysłowego i transportowego (4.4.2 )
- Stacje tankowania wodoru (4.4.3 )
- Ogniwa paliwowe dla sektora energetycznego i mieszkaniowego (4.4.4 )

Instalacja wodorowa może zawierać elementy opisane w niniejszej sekcji (np. stację tankowania wodoru z lokalną produkcją i magazynowaniem, elektrolizer z lokalnym magazynowaniem itp.), dlatego informacje dotyczące bezpieczeństwa zawarte w niniejszych wytycznych należy połączyć, aby uwzględnić wszystkie zawarte w nich elementy.

#### 4.4.1 Produkcja wodoru ze źródeł odnawialnych poprzez elektrolizę do zastosowań przemysłowych

Wodór odnawialny można wytwarzać przy użyciu energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych, takich jak energia słoneczna, wiatrowa i wodna. Energia prądu przemiennego



jest przekształcana na prąd stały, aby zasilać elektrolizer stałym, jednokierunkowym prądem. Energia elektryczna zasila również wszystkie elementy wyposażenia dodatkowego (BoP) towarzyszące stosowi elektrolitycznemu, aby zapewnić wydajną pracę w warunkach projektowych i ogólne bezpieczeństwo instalacji.

Balans instalacji może składać się z:

- 1) Systemów gospodarki wodnej;
- 2) Systemu zasilania energią;
- 3) Systemów recyrkulacji i oczyszczania elektrolitu;
- 4) Systemów oczyszczania gazu dla produktów elektrolizera;

W skład BoP wchodzi również systemy monitorowania i kontroli, które uruchamiają funkcje bezpieczeństwa. Ogólnie rzecz biorąc, systemy monitorowania, kontroli i bezpieczeństwa, takie jak systemy awaryjnego wyłączenia (EES), są zautomatyzowanymi urządzeniami, które mogą uruchamiać procedury wyłączenia. W przypadku wykrycia wycieku lub innych sytuacji awaryjnych systemy automatyczne mogą natychmiast wyłączyć odpowiednie procesy i urządzenia. Ponadto operatorzy mogą w razie potrzeby ręcznie uruchomić procedury wyłączenia, zapewniając dodatkową warstwę kontroli w sytuacjach awaryjnych.

System elektrolizy ma podstawowy element, którym jest stos **ogniw elektrolitycznych**. Na przykład elektrolizery PEM działają pod ciśnieniem od 15 do 30 barg i zawierają następujące elementy:

- 1) Membrana/przegroda;
- 2) Warstwa katalizatora;
- 3) PTL (porowate warstwy transportowe);
- 4) Zbieracz prądu/pole przepływu (siatki);
- 5) Płyta bipolarna.

**Żadna technologia nie jest całkowicie pozbawiona ryzyka.** Dlatego prawdopodobieństwo awarii elementu prowadzącej do wycieku wodoru nie jest zerowe, choć jest mało prawdopodobne. Zarówno producenci, jak i integratorzy systemów są zobowiązani do przeprowadzania własnych analiz i testów w celu zapewnienia prawidłowego działania elementów systemu, a także systemów alarmowych i bezpieczeństwa, których zadaniem jest uruchomienie się w przypadku wystąpienia różnych rodzajów zagrożeń. Podczas normalnej pracy elektrolizera należy wziąć pod uwagę kilka rodzajów ryzyka, które mogą wynikać z wielu źródeł.

Poniżej przedstawiono przykładowe źródła ryzyka, ich opis oraz niezbędne środki zapobiegawcze i ograniczające, które należy zastosować, gdy rozpatrywany projekt obejmuje produkcję wodoru na miejscu w drodze elektrolizy do wszystkich zastosowań, w tym przemysłowych, transportowych i mieszkaniowych. Skupiono się na ogniwie elektrolitycznym, ale poniżej uwzględniono również informacje na temat BoP jako uzupełnienia zintegrowanego systemu (BoP+Stack).

Tabela 6 Awarie, zagrożenia i środki zapobiegawcze/łagodzące dla stosu elektrolitycznego

Przyczyna awarii	Opis ryzyka	Środki zapobiegawcze/łagodzące
<p><b>Zmiany ciśnienia w systemie</b></p>	<p>Wysokie ciśnienie spowodowane awariami może powodować niebezpieczne pęknięcia i wycieki.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Należy ocenić nadmiarowe zawory bezpieczeństwa (PSV) dobrane pod kątem scenariuszy „zablokowanego wylotu”, „narażenia na działanie ognia” i „rozszerzalności cieplnej”.</li> <li>• Należy rozważyć zastosowanie płyt bezpieczeństwa jako drugiej linii zabezpieczenia lub jako rozwiązania równoległego do zaworów bezpieczeństwa (PSV) w krytycznych rurociągach i zbiornikach.</li> <li>• Należy zapewnić, aby przewody odciążające odprowadzały gaz do pionowego komina wentylacyjnego na wysokości, wyposażonego w odpylacz, zawór zwrotny i zabezpieczenie przeciwpożarowe na wylocie.</li> </ul>
<p><b>Wodór i tlen wchodzi w kontakt, tworząc potencjalnie wybuchową mieszaninę</b></p>	<p>W tym przypadku ryzyko wynika z nieprawidłowego działania elementu, który utrzymuje te dwa gazy w stanie oddzielnym – membrany. W niektórych fazach przejściowych (np. podczas uruchamiania systemu) może dojść do pęknięcia lub przeniknięcia tlenu i wodoru przez membranę. Wszystkie systemy elektrolizy mają określoną selektywność membrany, ale nie jest ona absolutna. Efekty przenikania mogą zatem prowadzić do spalania lub wybuchów wewnątrz ogniwa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Należy zapewnić stosowanie systemów kontroli bezpieczeństwa z zaworami odcinającymi.</li> </ul>

Przyczyna awarii	Opis ryzyka	Środki zapobiegawcze/łagodzące
	elektrolitycznego, w rurociągach i systemach magazynowania.	
<b>Wyciek wodoru</b> poza system	Wodór, który przenika na zewnątrz elektrolizera, musi być stale monitorowany, a ryzyko wybuchu należy zapobiegać poprzez wymuszoną cyrkulację powietrza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Należy stosować czujniki H<sub>2</sub> odnoszące się do dolnej granicy wybuchowości (<math>\leq 25\%</math> LEL) oraz czujniki O<sub>2</sub> (<math>\geq 23\%</math> obj.), z alarmami przy 10% LEL i wyłączeniem (wymuszone zatrzymanie instalacji), gdy parametr przekroczy np. <math>&gt; 25\%</math> LEL.</li> <li>• Zapewnij wymuszoną wentylację, określając wymaganą liczbę wymian powietrza na godzinę.</li> </ul>
<b>Wycieki wodoru w strumieniach odpadów elektrolizera i powiązanych systemach</b> (np. suszarniach...)	Wodór może również przedostawać się na zewnątrz systemu elektrolizy poprzez strumienie odpływowe/odpowietrzające z suszarki, elektrolitu i przewodów odpowietrzających. Po usunięciu fazy ciekłej wodór w postaci gazowej może się gromadzić i osiągnąć granice palności.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Należy upewnić się, że obszar, w którym odbywa się odprowadzanie, jest dobrze wentylowany i znajduje się z dala od źródeł zapłonu.</li> <li>• Wymiaruj i rozmieszczaj przewody odpowietrzające tak, aby gaz był bezpiecznie rozpraszany do atmosfery.</li> <li>• Strumienie spustowe elektrolitu muszą być również obsługiwane w wentylowanych obszarach; dodatkowo należy używać narzędzi nieiskrzących i utylizować odpady żące zgodnie z przepisami dotyczącymi odpadów niebezpiecznych.</li> </ul>
<b>Ładunki elektryczne/źródła</b>	Ładunki elektryczne gromadzące się na powierzchni elementów elektrolizera mogą stanowić źródło zapłonu.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Należy używać sprzętu odpowiedniego dla stref ATEX (konieczne jest sprawdzenie, czy wszystkie systemy posiadają oznaczenie CE).</li> </ul>

Poniżej przedstawiono różne rodzaje ryzyka związane z potencjalnymi przyczynami awarii elementów BoP, które mają wpływ na bezpieczeństwo, oraz odpowiednie środki zapobiegawcze i ograniczające.

*Tabela 7 Zagrożenia związane z produkcją wodoru Elementy BoP mające wpływ na bezpieczeństwo oraz stosowne środki zapobiegawcze i ograniczające*

Element BoP	Potencjalne przyczyny awarii i związane z nimi zagrożenia	Opis ryzyka	Środki zapobiegawcze/łagodzące
<p><b>System zarządzania wodą</b></p>	<p>Obecność zanieczyszczeń powodujących degradację/awarię części z uwolnieniem gazów i/lub cieczy</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zanieczyszczenia różnego rodzaju – jony, substancje organiczne, cząstki stałe itp. – mogą być obecne z powodu nieprawidłowego działania systemów filtracji, odwróconej osmozy lub dejonizacji. Zanieczyszczenia te powodują przede wszystkim degradację membran typu „ ”.</li> <li>• Zużycie systemów zarządzania jakością wody może spowodować przedostanie się zanieczyszczeń do elektrolizera lub prowadzić do wycieków gazów i/lub cieczy.</li> <li>• Zjawiska korozyjne mogą również wpływać na materiały stosowane w stosach, zwiększając ryzyko wycieków</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorowanie jakości wody (np. całkowita zawartość węgla organicznego – TOC – dla zanieczyszczeń organicznych, przewodność dla jonów rozpuszczonych);</li> <li>• Dodatkowe zabezpieczenie zbiorników przed wyciekiem wody i elektrolitu z naczyń i rur ( );</li> <li>• Stosowanie środków ochrony indywidualnej (PPE) w połączeniu z jasnymi procedurami postępowania z chemikaliami;</li> <li>• Czujniki poziomu w zbiornikach i studzienkach oraz alarmy w przypadku przekroczenia ustalonych limitów.</li> </ul>

Element BoP	Potencjalne przyczyny awarii i związane z nimi zagrożenia	Opis ryzyka	Środki zapobiegawcze/łagodzące
		wodoru/tlenu i elektrolitu.	
<b>System zasilania energią, prostowniki, transformatory</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zakłócenia w sieci;</li> <li>• Przeciążenie elektryczne;</li> <li>• Niewłaściwe dobranie rozmiaru;</li> <li>• Przegrzanie, słabe chłodzenie;</li> <li>• Starzenie się izolacji, degradacja;</li> <li>• Skorodowane połączenia;</li> <li>• Wibracje, wstrząsy mechaniczne</li> </ul> <p>Wszystkie powyższe czynniki mogą powodować iskrzenie, zwarcia i inne zjawiska elektryczne.</p>	<p>Wystąpienie awarii wskazanych jako przykłady może spowodować porażenie prądem, iskrzenie itp. Zjawiska te są niebezpieczne dla operatorów mających kontakt z urządzeniami, ale co więcej, stwarzają ryzyko kaskadowe (wywołują pożar lub wybuch), zwłaszcza w obszarach ATEX.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Należy rozważyć zastosowanie paneli przeznaczonych do obszarów nieklasyfikowanych lub o odpowiednim stopniu ochrony IP/Ex;</li> <li>• Należy określić okresowe testy izolacji;</li> <li>• Należy rozważyć odpowiednie uziemienie i połączenia wyrównawcze</li> </ul>
<b>Recyrkulacja elektrolitu, jeśli ma to zastosowanie.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zanieczyszczenia;</li> <li>• Mikroprzecieki;</li> <li>• Nadciśnienie;</li> <li>• Mieszanie się gazów.</li> </ul> <p>Wszystkie powyższe czynniki mogą powodować wycieki cieczy/gazu.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Degradacja membrany może prowadzić do zanieczyszczenia elektrolitu i ogniwa, powodując wzrost temperatury ( ) i uwalnianie niepożądanych gazów.</li> <li>• Mikroprzecieki mogą powodować wycieki roztworów żrących, które</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Należy prowadzić ciągłe monitorowanie wraz z wymianą elektrolitu. Jednocześnie należy sprawdzić harmonogramy wymiany filtrów.</li> <li>• Należy zidentyfikować obecność dodatkowych zabezpieczeń i zapewnić czujniki przepływu/ciśnienia z alarmami.</li> <li>• Sprawdź działanie automatycznych</li> </ul>

Element BoP	Potencjalne przyczyny awarii i związane z nimi zagrożenia	Opis ryzyka	Środki zapobiegawcze/łagodzące
		<p>mogą powodować oparzenia.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nadciśnienie i mieszanie się niepożądanych gazów może spowodować wewnętrzne wybuchy w ogniwie.</li> </ul>	<p>wyłączników w przypadku wycieku elektrolitu z rur w przypadku aktywacji czujników T/P.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Natychmiastowe przedmuchiwanie/obojętnienie w przypadku mieszania i kontrolowanego rozładowania.</li> </ul>
<p><b>Systemy oczyszczania gazu</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Awarie</li> <li>Nadciśnienie</li> <li>Nieprawidłowe działanie systemu osuszacza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uszkodzenia mogą powodować mikroprzecieki z obwodów gazowych (<math>H_2 / O_2</math>), które mogą wpływać na bezpieczeństwo stref ATEX.</li> <li>Możliwe nadciśnienie może spowodować uszkodzenie zaworów i kołnierzy.</li> <li>Awaria osuszaczy/systemó w osuszania gazu może również obejmować skroplone ciecze zawierające wodór.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Przeprowadzaj okresowe kontrole w celu wykrycia ewentualnych wycieków</li> <li>Upewnij się, że elementy mają certyfikowane uszczelnienie (PED + ATEX)</li> <li>Upewnij się, że są zawory bezpieczeństwa ciśnieniowego (PSV).</li> <li>Należy stosować materiały odporne na kruchość.</li> <li>Wentylowane odpływy i kontrolowane procedury przedmuchiwania</li> </ul>

Podczas eksploatacji należy zapewnić bezpieczeństwo w celu ochrony elementów. **Dlatego zaleca się przeprowadzanie:**

- Regularna konserwacja:** Planowa konserwacja może mieć charakter zapobiegawczy i predykcyjny i obejmować rutynowe czyszczenie elementów elektrolizerów oraz wymianę elementów, jeśli jest to konieczne ( ). Zapobiega to zanieczyszczeniu spowodowanemu zużyciem, korozją lub awarią elementów związanych z obsługą gazu i wody/elektrolitu.



- **Protokoły testowe:** Regularne testowanie przechowywanych gazów zapewnia, że spełniają one wymagane specyfikacje czystości przed wykorzystaniem lub dystrybucją.

#### 4.4.2 Magazynowanie sprężonego wodoru dla sektora przemysłowego i transportowego

Jeśli projekt wodorowy – przemysłowy lub stacja paliwowa – obejmuje magazynowanie wodoru, zainteresowane strony powinny wziąć pod uwagę następujące ryzyka i odpowiednie środki zapobiegawcze/łagodzące.

Systemy magazynowania wodoru to elementy instalacji, które zazwyczaj działają w najbardziej wymagających warunkach pod względem ciśnienia (np. ciśnienie do 700 barów). Z tego powodu do ich budowy wykorzystuje się wiele materiałów zaprojektowanych tak, aby wytrzymać typowe zjawiska degradacji, które mogłyby zagrozić integralności materiału, a tym samym bezpieczeństwu ludzi i konstrukcji. Magazynowanie wodoru może odbywać się w postaci gazowej, ciekłej lub stałej (np. wodorki metali). Poniżej przedstawiamy zagrożenia dla bezpieczeństwa oraz możliwe środki zapobiegawcze i łagodzące dla systemów magazynowania sprężonego wodoru, które są obecnie najczęściej stosowaną technologią.

Biorąc pod uwagę właściwości fizykochemiczne wodoru i typowe warunki pracy systemu magazynowania – wysokie ciśnienie i oczekiwana długa żywotność – w poniższej tabeli wymieniono trzy główne zagrożenia związane ze sprężonym wodorem, które należy uwzględnić, jeśli projekt wodorowy obejmuje stacjonarny lub mobilny (np. zestawy butli wodorowych) system magazynowania.

Tabela 8 Zagrożenia i środki zapobiegawcze/łagodzące związane z magazynowaniem sprężonego wodoru dla przemysłu i transportu

Opis ryzyka	Środki zapobiegawcze/łagodzące
<p><b>Kruchość wodorowa</b> metali jest spowodowana przenikaniem wodoru. Pod wysokim ciśnieniem cząsteczka wodoru (lub atom po dysocjacji) jest wystarczająco mała, aby wślizgnąć się w szczeliny sieci krystalicznej, a nawet zastąpić atomy w strukturze krystalicznej metalu. Proces ten osłabia wiązania chemiczne, pogarsza właściwości mechaniczne, a tym samym prowadzi do kruchości.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Należy sprawdzić, czy arkusze danych technicznych dołączone do dokumentacji wyraźnie informują o kruchości wodorowej stosowanych metali.</li> <li>• Jeśli otoczenie miejsca instalacji wymaga dodatkowych środków bezpieczeństwa, należy rozważyć modyfikacje konstrukcyjne elementu, aby zapobiec powstaniu nowych źródeł zapłonu lub awarii.</li> <li>• Należy uwzględnić środki zabezpieczające przed awarią, takie jak automatyczne systemy odcinające, systemy wentylacyjne, wentylacja i bariery fizyczne, aby chronić personel i znajdujący się w pobliżu sprzęt w przypadku zapłonu.</li> </ul>

Opis ryzyka	Środki zapobiegawcze/łagodzące
<p><b>Pęknięcie wywołane wodorem:</b> Wady lub pęknięcia w materiale mogą być wzmacniane przez wodór, zwłaszcza gdy znajduje się on w postaci ciekłej ( ) w cieczach, które mają kontakt z powierzchnią materiału, a następnie dyfundują do niego.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zjawisku korozji można zapobiec poprzez kontrolę i badania przy użyciu technik takich jak (również na miejscu): mokre badanie fluorescencyjne cząstek magnetycznych (WFMPT), metody badań ultradźwiękowych itp.</li> </ul>
<p><b>Oddziaływanie wodoru w wysokiej temperaturze (HTHA)</b> Gdy temperatura robocza przekracza 200 °C, materiały mają tendencję do silnej reakcji z wodorem, który pod wysokim ciśnieniem i w wysokiej temperaturze przenika do struktury i wraz z zanieczyszczeniami materiału tworzy gazy, takie jak metan. Rozprzestrzeniając się, gazy te pozostawiają pory i inne wady.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konieczne jest stosowanie stopów metali zgodnych z normą API RP 941 – <i>Stale do zastosowań w środowisku wodoru w podwyższonych temperaturach i ciśnieniach.</i></li> <li>• Zapobieganie polega na regularnych kontrolach powierzchni i specjalnych metodach testowania, takich jak (również na miejscu): badanie ultradźwiękowe metodą fazową (PAUT); dyfrakcja czasu przelotu (ToFD); oraz metoda pełnego przechwytywania matrycy/całkowitego ogniskowania (FMC/TFM).</li> </ul>

#### 4.4.3 Stacje tankowania wodoru

Stacje tankowania wodoru (HRS) to obiekty, w których w sąsiednich obszarach działa wiele technologii wodorowych. Dlatego **środki zapobiegawcze i łagodzące opisane dla technologii produkcji i magazynowania – powiązane z możliwymi scenariuszami ryzyka – mają również zastosowanie do HRS, ponieważ technologie te mogą stanowić część stacji.**

HYPOP sugeruje ogólne podejście do bezpieczeństwa, które można zastosować na przykład do:

- HRS z produkcją na miejscu;
- HRS bez produkcji na miejscu;
- standardowym HRS z magazynowaniem stacjonarnym lub mobilnym (np. wiązki wodorowe, przyczepy rurowe);
- mobilnych HRS ze zintegrowanym magazynowaniem.

Poniższe filary przedstawiają ogólne kroki, które należy podjąć, aby zapewnić bezpieczeństwo projektu stacji tankowania wodoru. Ogólnie rzecz biorąc, kroki te można zastosować w różnych wymienionych przypadkach; poziom uwagi zależy od liczby obecnych elementów niebezpiecznych i kontekstu wokół obwodu terenu. **Bardziej złożone projekty zarządzania bezpieczeństwem – takie jak HRS z elektrolizą na miejscu lub rozwiązania**

kontenerowe/mobilne – wymagają większej uwagi i bardziej szczegółowej dokumentacji technicznej od dostawców technologii (np. analizy ryzyka, protokoły bezpieczeństwa i konserwacji itp.) w celu wsparcia fazy projektowania. W każdym przypadku podstawowe kryteria bezpieczeństwa są wskazane w Tabeli 9.

Jeśli występują elektrolizery lub systemy magazynowania, należy zapoznać się z sekcjami 4.4.1 oraz 4.4.2.

### Projekt techniczny i ogólne zabezpieczenia

Projekt systemu musi obejmować otwarty, modułowy układ zapewniający bezpieczeństwo.

Informacje dotyczące bezpieczeństwa zawarte w poniższej tabeli stanowią syntezę uwzględniającą funkcjonalne i fizyczne powiązania między różnymi komponentami występującymi w stacji tankowania wodoru. Bardziej szczegółowe informacje na temat poszczególnych technologii, takich jak elektrolizery i systemy magazynowania, można znaleźć w sekcjach 4.4.1 i 4.4.2, które dotyczą przypadków HRS z produkcją na miejscu i magazynowaniem mobilnym/stacjonarnym.

Tabela 9 Potencjalne awarie oraz środki wykrywania i bezpieczeństwa dla elementów HRS

Element HRS, którego dotyczy awaria	Możliwa awaria	Środki wykrywania i bezpieczeństwa
Produkcja (więcej szczegółów na temat elektrolizera w Tabeli 6 oraz na temat BoP w Tabeli 7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niepożądane wahania ciśnienia i przegrzanie modułu spowodowane ładunkami elektrycznymi;</li> <li>Zanieczyszczenia spowodowane awariami systemu zarządzania wodą;</li> <li>Niewielkie wycieki H<sub>2</sub>;</li> <li>;</li> <li>niepożądane mieszanie gazów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Czujniki H<sub>2</sub>, ciśnienia i temperatury z wartościami zadanymi wyłączenia; automatyczne wyłączenie i izolowanie urządzenia;</li> <li>systemy monitorowania jakości wody, dodatkowe zabezpieczenia zbiorników, stosowanie środków ochrony indywidualnej i czujników poziomu w zbiornikach</li> <li>skuteczna wentylacja naturalna i/lub wymuszona;</li> <li>planowe przeglądy i konserwacja zapobiegawcza;</li> <li>szkolenie operatorów w zakresie rozpoznawania anomalii</li> </ul>
Gaz pod wysokim ciśnieniem (więcej szczegółów na temat awarii związanych z materiałami w magazynach)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nadciśnienie w</li> <li>nieszczelności w</li> <li>złączach/zaworach;</li> <li>przegrzanie sprężarki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitorowanie ciśnienia i temperatury;</li> <li>zawory bezpieczeństwa w bezpiecznym miejscu;</li> </ul>

Element HRS, którego dotyczy awaria	Możliwa awaria	Środki wykrywania i bezpieczeństwa
można znaleźć w Tabeli 8 – dotyczy również sprężarek)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• automatyczne wyłączenie sprężarki;</li> <li>• wykrywanie wycieków H<sub>2</sub>;</li> <li>• wentylacja i potencjalne chłodzenie zewnętrzne;</li> <li>• konserwacja zapobiegawcza</li> </ul>
Dystrybutor (tankowanie pojazdów)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wyciek przy złączu;</li> <li>• Niewłaściwe użytkowanie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkcjonalne kontrole przed tankowaniem;</li> <li>• lokalne detektory H<sub>2</sub>;</li> <li>• natychmiastowe wyłączenie i przedmuchiwanie w przypadku wycieku;</li> <li>• instrukcje obsługi z przewodnikiem;</li> <li>• kontrolowany dostęp dla uprawnionych użytkowników</li> </ul>
Systemy elektryczne i sterujące instalacji i jej części	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Źródła zapłonu w strefie klasyfikowanej;</li> <li>• awaria systemu bezpieczeństwa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• urządzenia z certyfikatem ATEX;</li> <li>• fizyczne oddzielenie paneli;</li> <li>• diagnostyka i autotesty;</li> <li>• selektywne wyłączenie i izolowanie wadliwych obwodów;</li> <li>• okresowe przeglądy i testy funkcjonalne;</li> <li>• udokumentowane zarządzanie zmianami</li> </ul>
Ogólny obszar i osoby (użytkownicy, personel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nieautoryzowany dostęp;</li> <li>• opóźniona reakcja;</li> <li>• słaba koordynacja działań w sytuacjach awaryjnych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ogrodzenie i kontrola dostępu;</li> <li>• wywieszane aktualne procedury awaryjne;</li> <li>• regularne ćwiczenia z udziałem straży pożarnej;</li> <li>• zdalne monitorowanie i rejestrowanie zdarzeń;</li> <li>• ciągłe szkolenia i kwalifikacje;</li> <li>• bieżąca analiza zdobytych doświadczeń</li> </ul>

Oprócz rozwiązań projektowych bezpieczeństwo HRS zapewniają różne rodzaje barier zintegrowanych z instalacją i rozmieszczonych w określonych wewnętrznych odległościach bezpieczeństwa (elektroliza → sprężanie → magazynowanie → dystrybutor).



#### Rodzaje barier:

- **Pasywne (stosowane w przypadkach uzasadnionych przez QRA):** ściany z betonu zbrojonego, ściany przeciwwybuchowe, ogrodzenia uniemożliwiające dostęp przeszkolonemu/nieuprawnionemu personelowi itp.
- **Aktywne:** systemy uruchamiające się automatycznie w przypadku przekroczenia parametrów kontrolnych (czujniki temperatury/ciśnienia/przepływu z logiką wyłączenia; połączone wykrywanie gazu i płomienia w obszarach sprężania i magazynowania; szybkie zawory odcinające – ESD – i linie rozprężające do podwyższonego komina wentylacyjnego w celu rozproszenia pionowego).
- **Ciągłe:** systemy działające nieprzerwanie w celu utrzymania warunków w bezpiecznym zakresie, np. systemy wentylacyjne zapobiegające powstawaniu atmosfer wybuchowych.

#### 4.4.4 Ogniwa paliwowe dla sektora energetycznego i mieszkaniowego

Ogniwa paliwowe to urządzenia elektrochemiczne, które podobnie jak baterie dostarczają energię elektryczną do różnych zastosowań końcowych – od mobilnych po stacjonarne w sektorze energetycznym i mieszkaniowym. Ogniwa paliwowe mogą działać tak długo, jak długo są zasilane wodorem (lub paliwami bogatymi w wodór) i do momentu, gdy ich komponenty osiągną koniec okresu użytkowania.

Istnieje kilka rodzajów ogniw paliwowych, które działają w różnych temperaturach, wykorzystują różne materiały i służą różnym celom. Można je rozróżnić na podstawie charakteru elektrolitu – płynnego (kwaśnego lub zasadowego) lub stałego – oraz temperatury roboczej.

**Podobnie jak w przypadku innych technologii wodorowych, należy uwzględnić zagrożenia związane z chemikaliami, gdy projekt obejmuje ogniwa paliwowe do zasilania w energię elektryczną w środowisku przemysłowym, energetycznym lub mieszkaniowym.** Niektóre ogniwa paliwowe wykorzystują elektrolity zawierające substancje żrące lub drażniące. W przypadku uszkodzenia ogniwa paliwowego substancje te mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia. Jednak w prawidłowo działającym, zamkniętym systemie prawdopodobieństwo narażenia jest zazwyczaj niskie.

Główne typy ogniw paliwowych wymieniono w poniższej tabeli.

*Tabela 10 Rodzaje ogniw paliwowych i ich zastosowania (dodatkowe materiały edukacyjne<sup>9</sup>)*

Ogniwo paliwowe	Rodzaj elektrolitu	Temperatura robocza	Zastosowania
Membrana polimerowa (PEMFC)	Polimer na bazie fluorowęglowodorów (stały)	60–90 °C	Mobilne/stacjonarne

<sup>9</sup> <https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/learn-about-hydrogen/education-materials/hydrogen-basics>

Ogniwo paliwowe	Rodzaj elektrolitu	Temperatura robocza	Zastosowania
Ogniwa paliwowe z kwasem fosforowym (PAFC)	Warstwa kwasu fosforowego zawarta w matrycy fluorowęglowej (ciekła)	>150 °C	Stacjonarne wytwarzanie energii, mikro-CHP w budynkach mieszkalnych
Alkaliczne ogniwa paliwowe (AFC)	Wodny roztwór wodorotlenku potasu (ciecz)	100 < T < 250 °C	Mobilność
Ogniwa paliwowe z tlenkiem stałym (SOFC)	Ceramika przewodząca (ciało stałe)	600 < T < 1000 °C	Stacjonarne - Power-to-x
MCFC: ogniwo paliwowe z roztopionym węglanem	Stopione węglany litu i sodu/potasu w matrycy	600 < T < 1000 °C	Stacjonarne - przemysł

W poniższej tabeli wymieniono scenariusze ryzyka oraz środki zapobiegawcze/łagodzące, które należy wziąć pod uwagę – lub szczególnie zwrócić na nie uwagę – podczas analizowania podejścia do bezpieczeństwa zaproponowanego przez dewelopera projektu przedkładającego projekt organowi publicznemu.

Tabela 11 Zagrożenia i środki zapobiegawcze/łagodzące dla systemów ogniw paliwowych stosowanych w energetyce i budownictwie mieszkaniowym

Przyczyna awarii	Opis ryzyka	Środki zapobiegawcze/łagodzące
Wyciek H <sub>2</sub>	Wodór może ulatniać się przez mikroprzecieki lub uszkodzenia uszczelnień/przewodów, gromadząc się w zamkniętych przestrzeniach → pożar/wybuch.	Upewnij się, że projekt obejmuje: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detektory gazu + wymuszona wentylacja</li> <li>• Certyfikowaną szczelność przewodów, kotłowni, złączy (ATEX/IECEX)</li> </ul> Procedury konserwacyjne muszą obejmować inertyzację i przedmuchiwanie przed interwencją.
Uwalnianie utleniaczy (O <sub>2</sub> lub	Podobnie jak w przypadku ogólnych wycieków, lokalny wzrost stężenia O <sub>2</sub> może	• Nadmiarowe rurociągi i zawory nadciśnieniowe

Przyczyna awarii	Opis ryzyka	Środki zapobiegawcze/łagodzące
sprężone powietrze)	zwiększyć prawdopodobieństwo pożaru.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Odległości od materiałów palnych.</li> </ul>
Przegrzanie i gorące powierzchnie	Awarie mogą spowodować wzrost temperatury obszarów/powierzchni do poziomu powodującego oparzenia lub wydzielanie niebezpiecznych oparów (np. > 120 °C dla PEM i do 800 °C dla SOFC).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zapewnij izolację termiczną i osłonę</li> <li>• Sprawdź termostaty/bezpieczniki i automatyczne wyłączenie powyżej z góry określonych bezpiecznych temperatur.</li> </ul>
Nadciśnienie w stosach lub zbiornikach gazu/cieczy	Zablokowane zawory, tworzenie się lodu w komponentach/przewodach lub niekontrolowane reakcje mogą powodować nadciśnienie i pęknięcia mechaniczne.	<p>Projekt instalacji musi obejmować:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrowane dyski bezpieczeństwa i urządzenia ograniczające ciśnienie (PRD)</li> <li>• Ciągłe monitorowanie ciśnienia i temperatury z logiką sterowania w celu wykrywania nieprawidłowych trendów i uruchamiania wyłączenia</li> <li>• Bezpieczne przewody spustowe odprowadzające powietrze na zewnątrz</li> <li>• W przypadku oblodzenia należy sprawdzić, czy zapewniono zarządzanie temperaturą/wilgotnością.</li> </ul>
Zagrożenie elektryczne (niskie i wysokie napięcie)	Ryzyko porażenia prądem, iskrzenia, zwarc (szczególnie w stosach o dużej mocy).	<p>Sprawdź:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obudowy IPxxB i wyłączniki bezpieczeństwa</li> <li>• Wyłączniki różnicowoprądowe (GFCI) wyzwalające się przy zwarciach doziemnych o natężeniu mA, zapobiegające porażeniom prądem i pożarom</li> <li>• Okresowe testy izolacji kabli, uzwojeń i urządzeń.</li> </ul>

Przyczyna awarii	Opis ryzyka	Środki zapobiegawcze/łagodzące
Kompatybilność materiałów z przenikaniem H <sub>2</sub>	Niewłaściwy dobór stali może powodować kruchość wodorową w stopach o wysokiej wytrzymałości.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Należy upewnić się, że stopy metali są odporne (np. stal nierdzewna 316L – na bazie Fe-Cr-Ni; Inconel – nadstop Ni-Cr; Hastelloy – nadstop Ni-Mo i/lub Ni-Cr-Mo).</li> </ul>

W ramach projektu HYPOP zaangażowanie interesariuszy i przegląd wielu najlepszych praktyk wykazały, że zastosowania w budynkach mieszkalnych nadal mają trudności z uzyskaniem popularności w Europie. W rezultacie dostępne dane nie są jeszcze wystarczające, aby zdefiniować podstawowe podejście do bezpieczeństwa w tych kontekstach (tak jak miało to miejsce w przypadku systemów HRS). Aby przyspieszyć integrację wodoru jako zasobu równoważącego zużycie energii w gospodarstwach domowych, potrzebne są dalsze projekty demonstracyjne i szersza wymiana informacji.

Niemniej jednak dyskusje z ekspertami branżowymi i wymiana doświadczeń w ramach projektu HYPOP pozwoliły nam nakreślić ogólne podejście do bezpieczeństwa oparte na jednej z najlepszych praktyk opisanych w wynikach 2.1 i 2.2.

Biorąc pod uwagę instalację systemu rSOC (odwracalnego ogniwa tlenku stałego) zdolnego do pracy w trybie SOEC w celu magazynowania nadwyżki energii elektrycznej poprzez produkcję wodoru oraz w trybie SOFC w celu wytwarzania energii elektrycznej i ciepła użytkowego, przyjęto następującą metodę.

### Metodologiczne podejście do bezpieczeństwa

Zarządzanie ryzykiem powinno przebiegać zgodnie z logiką typu HAZOP: odchylenie – przyczyna – konsekwencja – zabezpieczenie:

1. Systematyczna identyfikacja odchyleń w działaniu.
2. Analiza przyczyn (awarie przyrządów, nieprawidłowe działanie zaworów, błędy operatora).
3. Ocena konsekwencji bez uwzględnienia istniejących zabezpieczeń (nadciśnienie, uwolnienie H<sub>2</sub>, pożar/wybuch).
4. Wykaz istniejących zabezpieczeń (zaworów bezpieczeństwa, blokad, detektorów H<sub>2</sub>, wentylacji, elementów z certyfikatem EX).
5. Dodatkowe zalecenia w przypadku, gdy ryzyko resztkowe przekracza kryteria akceptacji.

Przykładowe zdarzenia krytyczne, które należy zbadać w przypadku tego typu zastosowań, to:

- **E1 – Zablokowany wylot sprężarki:** ryzyko nadciśnienia w przewodzie i uwolnienia H<sub>2</sub> → ograniczone przez zawory bezpieczeństwa PSV do bezpiecznego odpowietrzania, blokady ciśnieniowe, wykrywanie gazu H<sub>2</sub> przy 10% LEL z wymuszoną wentylacją + alarm, automatyczne rozhermetyzowanie do bezpiecznego odpowietrzania.



- **E2 - Awaria chłodzenia:** nadmierna temperatura sprężarki, uszkodzenie membrany, wewnętrzny/zewnętrzny wyciek  $H_2$  → czujniki temperatury i przepływu z wyłącznikami, komponenty z certyfikatem EX (strefa 2), detektory  $H_2$ .
- **E3 - Wtargnięcie powietrza (niskie ciśnienie):** tworzenie się mieszanek palnych w magazynie wysokociśnieniowym → wyłącznik niskiego ciśnienia, sprężarki umieszczone w obudowie klasy REI I.
- **E4 - Niewielkie wycieki (połączenia):** lokalne uwolnienie  $H_2$  → wykrywanie gazu + wymuszona wentylacja + alarm, komponenty EX Zone 2.

### Środki przekrojowe

Naturalna wentylacja wysokiego poziomu, wykrywanie gazu (ustawione na 10% LEL), selektywne wyłączanie, automatyczna wentylacja wymuszona, zdalnie uruchamiane zawory odpowietrzające, alarmy optyczne/akustyczne, urządzenia z certyfikatem EX w klasyfikowanej strefie 2, systemy szybkiego rozhermetyzowania.

## 5 Metody oceny ryzyka

*Tabela 12 CO, DLACZEGO i KIEDY analiza ryzyka jest ważna dla projektów H<sub>2</sub>*

<p><b>CO?</b></p> <p>Analizy ryzyka to podejścia metodologiczne oparte na wiedzy technicznej oraz narzędziach modelowania/prognostowania, które pomagają zapobiegać i łagodzić awarie mogące spowodować szkody dla ludzi lub mienia.</p>
<p><b>DLACZEGO?</b></p> <p>Bezpieczeństwo komponentów może być zagrożone przez awarie lub zdarzenia zewnętrzne, potencjalnie wywołujące efekt domina w pobliskich obszarach gospodarczych i publicznych. Niepewność wynikająca z luk w wiedzy i niejasnych przepisów często prowadzi do myślenia typu „im bardziej rygorystyczne, tym bezpieczniejsze”, co może spowolnić innowacje i sprawić, że projekty staną się technicznie lub ekonomicznie niewykonalne. Z tego powodu stosuje się różne metody analizy ryzyka związanego z przypadkowymi zdarzeniami o różnym prawdopodobieństwie i nasileniu. <b>Analiza ryzyka jest zatem potężnym narzędziem, które można zastosować na wielu etapach projektu wodorowego.</b></p>
<p><b>KIEDY?</b></p> <p>Główne metody dzielą się na dwie makrokategorie: techniki jakościowe i ilościowe.</p> <p><b>Analizy jakościowe ryzyka</b> są stosowane głównie we wczesnych fazach projektu, aby szybko wykryć oczywiste zagrożenia, gdy szczegółowe dane techniczne nie są jeszcze dostępne; mogą one również dostarczyć wstępnych odległości separacyjnych. <b>Techniki ilościowe</b> dodają dane liczbowe – dane dotyczące wskaźnika awaryjności, prawdopodobieństwa zapłonu, statystyki pogodowe, dane dotyczące populacji, sprawdzone modele – w celu udoskonalenia i uzasadnienia projektu bezpieczeństwa.</p>

Poniżej znajduje się zwięzłe podsumowanie głównych analiz ryzyka zidentyfikowanych przez HYPOP na podstawie najlepszych praktyk zawartych w Deliverable 2.1 oraz wywiadów z różnymi interesariuszami i europejskimi projektami wodorowymi.

*Tabela 13 Jakościowe i ilościowe analizy ryzyka zidentyfikowane na podstawie najlepszych praktyk HYPOP*

<p><b>Techniki jakościowe</b></p>
<p><b>HAZOP (badanie zagrożeń i operacyjności):</b></p> <p>Systematyczna technika, która bada jeden element (lub węzeł) na raz i opisuje konsekwencje nieprawidłowego działania. Poprzez identyfikację odchyleń i ich przyczyn – za pomocą słów przewodnich (np. <i>nie/nie; więcej; mniej; a także</i>) powiązanych z parametrami procesu (np. przepływ, ciśnienie, temperatura) – proponuje działania naprawcze.</p>
<p><b>HAZID (identyfikacja zagrożeń):</b></p> <p>Wielodyscyplinarne ćwiczenie zespołowe mające na celu identyfikację potencjalnych zagrożeń w szerokim zakresie – projektowanie, budowa, instalacja, likwidacja i proponowane zmiany w istniejących operacjach. Często jest to wstęp lub element ilościowej analizy ryzyka.</p>

**Analiza „co jeśli”:**

Podejście polegające na badaniu potencjalnych zagrożeń i przyczyn awarii poprzez zadawanie pytań „co jeśli” i ocenę wynikających z nich scenariuszy.

**Analiza rodzajów i skutków awarii (FMEA):**

Metoda półościowa, która wymienia możliwe tryby awarii procesu/komponentu i ich skutki, zazwyczaj pojedynczo, bez uwzględniania wielu jednoczesnych awarii. Każda awaria jest klasyfikowana (numer priorytetu ryzyka) według powagi, częstotliwości występowania i wykrywalności, dzięki czemu działania mogą być ukierunkowane najpierw na najbardziej krytyczne problemy.

**Techniki ilościowe****Ilościowa ocena ryzyka (QRA):**

Dogłębna analiza łącząca wyniki drzewa błędów z narzędziami modelowania w celu ilościowego określenia ogólnego ryzyka związanego z instalacją lub procesem wodorowym – obejmująca częstotliwość awarii, prawdopodobieństwo zapłonu i konsekwencje.

**Analiza drzewa awarii (FTA):**

Metoda graficzna, która mapuje niepożądane zdarzenia najwyższego rzędu i kombinacje zdarzeń podstawowych prowadzących do nich, przypisując prawdopodobieństwa w celu oszacowania prawdopodobieństwa awarii.

Szerszy zestaw technik jakościowych, półościowych i ilościowych można znaleźć w „Wytycznych EHSP dotyczących inżynierii bezpieczeństwa wodoru – dokumencie wytycznych” opublikowanym przez wspólne przedsięwzięcie „Czysty wodór”<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> <https://www.clean-hydrogen.europa.eu/system/files/2023-05/EHSP%20Guidance%20on%20Hydrogen%20Safety%20Engineering%20-%20v1-Final.pdf>

## 6 Zalecenia i działania HYPOP mające na celu przyspieszenie procedur akceptacyjnych i bezpieczeństwa

W ramach HYPOP zaobserwowano, że **każdy projekt wodorowy musi być oceniany pod kątem wielu czynników: miejsca instalacji, otoczenia zakładu oraz krajowych i lokalnych ram regulacyjnych**. Zapewnienie wytycznych dotyczących bezpieczeństwa, które oferują jasne podejście, a jednocześnie pozostają dostosowane do konkretnych wymagań i barier w poszczególnych krajach UE i zastosowaniach, będzie czynnikiem przyspieszającym akceptację i rozwój projektów wodorowych. Wytyczne te stanowią również zachętę dla zainteresowanych stron w krajach, które są mniej zaawansowane pod względem praktycznego i regulacyjnego rozwoju sektora wodorowego oraz jego zastosowań przemysłowych, transportowych i mieszkaniowych. Najlepsze praktyki, a także wymagania i bariery wynikające z różnych ram regulacyjnych krajów europejskich, które miały wpływ na opracowanie niniejszych wytycznych, można szczegółowo sprawdzić zarówno w załączniku do niniejszego dokumentu, jak i w Deliverable 2.1.

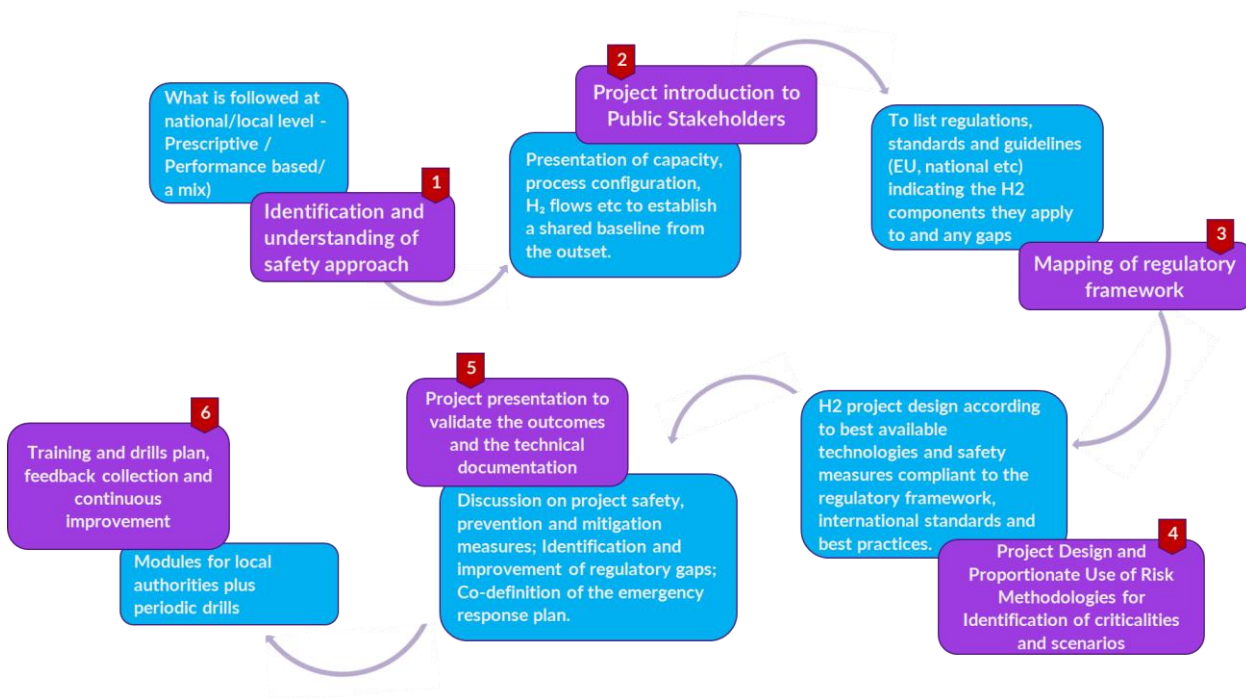
Poniżej podsumowujemy główne kwestie krytyczne, praktyczne działania i zalecenia oraz korzyści płynące z ich uwzględnienia. Jednocześnie HYPOP proponuje standardową procedurę („Wytyczne bezpieczeństwa HYPOP”) mającą na celu ułatwienie współpracy między organami publicznymi a projektantami. Dzięki temu projektanci będą mogli w jak najkrótszym czasie przedkładać projekty wodorowe zgodne z filozofią bezpieczeństwa, która jest wspólna, zrozumiała i akceptowana przez organy publiczne i obywateli.

Tabela 14 Praktyczne działania/zalecenia HYPOP i oczekiwane korzyści

Kwestia	Praktyczne działania/zalecenia	Oczekiwane korzyści
Luki regulacyjne lub rozbieżne interpretacje (nawet między regionami lub lokalnymi urzędami)	Wspólny kompendium „równoważnych praktyk” (stworzony wspólnie z organami i operatorami)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jednolitość podstawowa;</li> <li>• Mniejsza swoboda decyzyjna</li> </ul>
Niewielkie doświadczenie praktyczne organów w zakresie norm technicznych, metod analizy i specyfiki wodoru.	Modułowe szkolenia (prawne / techniczne / społeczne) dla urzędników i straży pożarnej	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Szybsze i lepiej uzasadnione decyzje</li> </ul>
Niewłaściwe stosowanie i defensywne opieranie się na przepisach dotyczących innych paliw (gaz ziemny, LPG), które nie zawsze odpowiadają właściwościom wodoru.	Porównawcze arkusze właściwości + wytyczne dotyczące dostosowania	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unikanie nieuzasadnionego nadmiernego projektowania</li> </ul>
Częściowe i niespójne stosowanie elementów dyrektywy Seveso w odniesieniu do małych zakładów	Przestrzegaj ogólnych zasad bezpieczeństwa (dla przypadków poniżej progu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spójne traktowanie małych zakładów</li> </ul>

Kwestia	Praktyczne działania/zalecenia	Oczekiwane korzyści
poniżej progu, co powoduje zamieszanie.	SEVESO) + lista kontrolna oparta na ryzyku	
Powtarzalny i powolny proces powoduje wydłużenie terminów z powodu doraźnych wniosków o dane i nieustrukturyzowanych cykli wyjaśniających.	Formalne konsultacje wstępne („spotkanie dotyczące zakresu”) przed złożeniem wniosku	• Mniej późniejszych wniosków o integrację
Brak zaufania społecznego	Wczesne zaangażowanie (sesje pytań i odpowiedzi) z uproszczoną mapą ryzyka	• Większa akceptacja społeczna, mniej sprzeciwów

**Wytyczne bezpieczeństwa HYPOP** są zatem wynikiem zaangażowania zainteresowanych stron i mają strukturę serii kroków, które należy wykonać, wraz z wskazaniem błędów i zagrożeń, zaleceń i praktycznych działań. Wszystkie informacje techniczne dotyczące bezpieczeństwa wodoru, technologii wodorowych i związanych z nimi środków zapobiegawczych/łagodzących opisane w niniejszym raporcie są istotne dla prawidłowego zarządzania następującymi 6 krokami (zwłaszcza krokami 2, 3 i 4).



Rysunek1 Wytyczne bezpieczeństwa HYPOP



- 1) Pierwszym krokiem jest **zidentyfikowanie i zrozumienie ogólnego podejścia do bezpieczeństwa stosowanego na poziomie krajowym lub lokalnym (normatywne/oparte na wynikach)**.

W niektórych kontekstach związanych z mobilnością i mieszkalnictwem projekty wodorowe są traktowane przez przepisy lub właściwe organy jako projekty przemysłowe i stosuje się odpowiednie wymagania i podejścia. W przypadku braku praktycznego doświadczenia lub konkretnych odniesień regulacyjnych, zaleca się zapoznanie się z innymi krajami lub ustalonymi przepisami dotyczącymi bardziej znanych paliw i dostosowanie tych wymagań. Na podstawie tych informacji można określić odpowiednie podejście do bezpieczeństwa.

W ramach projektu HYPOP zidentyfikowano studia przypadków, w których zastosowano dwa rodzaje podejść do bezpieczeństwa – czasami jako alternatywę, a czasami jako uzupełnienie:

- **Podejście normatywne:** ustanawia stałe zasady (niektóre przykłady podano poniżej). Jest to typowe dla dojrzałych regulacji lub zasad pierwotnie opracowanych dla innych paliw (gaz ziemny, LPG), a następnie „dostosowanych” do wodoru. Międzynarodowe normy techniczne stają się skutecznie częścią pakietu normatywnego po ich transpozycji do ustaw lub rozporządzeń.

#### Przykłady typowych wymagań normatywnych

- Minimalne odległości między technologiami H<sub>2</sub> (głównie produkcja wodoru i magazynowanie pod wysokim ciśnieniem) a granicami terenu.
- Ograniczenia ciśnienia lub wydajności powodujące uruchomienie poziomów ochrony biernej.
- Specyfikacja certyfikowanego sprzętu w obszarach sklasyfikowanych jako niebezpieczne (ATEX).
- **Podejście oparte na wydajności:** określa cel bezpieczeństwa (akceptowalny poziom ryzyka) i pozostawia swobodę w wyborze sposobu jego osiągnięcia. W tym przypadku do gry wchodzi analiza ryzyka: identyfikują one krytyczne scenariusze i wspierają ukierunkowane wybory dotyczące układu, barier i procedur.

#### Przykłady typowych wymagań opartych na wydajności

- Odległości bezpieczeństwa wynikające z narzędzi modelowania i symulacji.
- Stosowanie międzynarodowych norm dotyczących urządzeń, eksploatacji i konserwacji.
- Stosowanie środków zapobiegawczych/łagodzących i materiałów, jeśli jest to uzasadnione specyfiką miejsca instalacji lub wynikiem oceny ryzyka.
- Optymalizacja układu za pomocą symulacji CFD w celu zmniejszenia stref gromadzenia się/stagnacji.

W praktyce oba podejścia **współistnieją**: HYPOP stwierdziło, że w przypadku jasnych zasad stosuje się wymagania tabelaryczne, a w przypadku luk lub innowacyjnych przypadków stosuje się podejście oparte na wydajności w celu wykazania równoważnego poziomu bezpieczeństwa.

Tabela 15 Mocne strony i ograniczenia podejścia normatywnego i opartego na wynikach

Aspekt	Normatywne	Oparte na wydajności
Szybkość podejmowania decyzji	Szybkie, jeśli przypadek jest „standardowy”, analiza ograniczona do niektórych technologii H <sub>2</sub>	Wolniejsza (zawsze wymagana analiza dla całego zakładu)
Elastyczność innowacyjna	Niska (sztywne ograniczenia)	Wysoka (możliwość dostosowania do nowych technologii)
Przejrzystość dla władz lokalnych	Wysoka (proste zasady)	Zależy od jakości raportu dotyczącego ryzyka i wymaga wiedzy technicznej
Ryzyko związane z nadmierną inżynierią	Średnie/wysokie	Możliwe do kontrolowania (bariery dostosowane do rzeczywistego ryzyka)

Zrozumienie tego podejścia jest niezbędne do zrozumienia, jakie może być preferowane podejście władz krajowych/lokalnych do projektu wodorowego.

## 2) Przedstawienie projektu interesariuszom publicznym

Drugi krok obejmuje zwięzłą prezentację (cel, wydajność, konfiguracja procesu, przepływy H<sub>2</sub>, profil użytkownika) w celu ustalenia wspólnej podstawy od samego początku.

Współpracę z organami publicznymi zaleca się od najwcześniejszych etapów projektowania, kiedy to nadal określa się typ instalacji, technologie i miejsce instalacji. Należy wcześniej zająć się potencjalnymi krytycznymi kwestiami technicznymi (np. dostępność wody; obecność innych obiektów zajmujących się substancjami niebezpiecznymi; bliskość obszarów miejskich, które nakładają ograniczenia budowlane lub wymagają dodatkowych środków zapobiegawczych/łagodzących itp.) oraz kwestiami akceptacji – zwłaszcza wśród opinii publicznej i władz lokalnych (np. bezpieczeństwo przeciwpożarowe, ochrona środowiska itp.).

Tabela 16 Korzyści wynikające z wczesnego przedstawienia projektu organom publicznym

Ryzyko/kwestie, którymi należy się zająć	Korzyści wynikające z podjęcia działań
Niska świadomość i wiedza techniczna na temat wodoru wśród władz lokalnych i obywateli;	Obywatele są poinformowani i świadomi lokalnych możliwości oraz znaczenia lokalnych działań na rzecz zrównoważonego rozwoju.
Sprzeciw wobec projektu złożonego z opóźnieniem. Nieprzedłożenie wstępnej prezentacji przed złożeniem wniosku do	Wstępna informacja zwrotna od władz lokalnych, nawet w przypadku projektów zgodnych z obowiązującymi przepisami, może przyspieszyć całą procedurę, pozwalając uniknąć opóźnień lub

Ryzyko/kwestie, którymi należy się zająć	Korzyści wynikające z podjęcia działań
właściwych organów może być ryzykowne.	krytycznych problemów podczas dalszej procedury.
Trudności w interpretacji przepisów lub brak wiedzy na temat istniejących ram regulacyjnych	Władze podejmują działania zapobiegawcze, gromadząc informacje i sugerując przepisy, które należy wziąć pod uwagę – co jest niezbędne w przypadku luk regulacyjnych.

Przedstawienie projektu jest tylko pierwszym krokiem w zaangażowaniu organów, po którym muszą nastąpić dalsze spotkania z bardziej szczegółowymi informacjami na temat proponowanej filozofii bezpieczeństwa.

- 3) **Mapowanie ram regulacyjnych (prawdopodobnie równoległe z krokiem 2)**  
Tabela zawierająca przepisy, normy i wytyczne (unijne, krajowe, lokalne, dobrowolne międzynarodowe) wskazujące elementy, do których mają zastosowanie, oraz wszelkie luki.

Zdecydowanie zaleca się zbadanie istniejącego otoczenia regulacyjnego. W większości krajów europejskich istnieją znaczne luki i niejasności interpretacyjne; w najgorszych przypadkach wodór nie jest nawet wymieniony w przepisach, które wprowadzają w życie krajowe i lokalne dokumenty strategiczne. Czasami jednak istnieją dokumenty uzupełniające – czasami traktowane przez organy publiczne jako quasi-oficjalne regulacje – które zawierają odpowiednie ramy i wykaz dokumentacji wymaganej do zastosowań wodoru w przemyśle, transporcie i sektorze mieszkaniowym. W przypadku braku takich zasobów zaleca się zainteresowanym stronom zwrócenie się do organów publicznych i utworzenie grup roboczych zdolnych do opracowania równoważnego dokumentu. HYPOP stwierdził, że:

- **Wytyczne zapewniają jasność** poprzez identyfikację przeszkód, określenie roli organów oraz wypełnienie luk regulacyjnych.
- **Wytyczne stanowią dostępne narzędzia** umożliwiające dotarcie do szerszego grona zainteresowanych stron i zaangażowanie ich w działania.
- **Wytyczne prezentują najlepsze praktyki** w całej UE, budując zaufanie i zwiększając świadomość wśród władz lokalnych.
- **Wytyczne wzmacniają współpracę** między zainteresowanymi stronami a organami, ponieważ ich opracowanie wymaga konsensusu i współpracy.

**Kluczowa korzyść:** opracowanie wytycznych wzmacnia relacje z organami publicznymi, buduje zaufanie i ujawnia luki regulacyjne, wiążące wymagania i wyzwania interpretacyjne. Aby zapoznać się z przykładami i dalszymi szczegółami dotyczącymi kilku wytycznych przeanalizowanych w ramach projektu HYPOP, zachęcamy czytelników do zapoznania się z załącznikiem do niniejszego dokumentu oraz dokumentem HYPOP Deliverable 2.1.

- 4) **Techniczno-ekonomiczny projekt i proporcjonalne wykorzystanie metodologii ryzyka do identyfikacji krytycznych elementów i scenariuszy:**



Projektowanie projektów wodorowych zgodnie z najlepszymi dostępnymi technologiami i środkami bezpieczeństwa zgodnymi z ramami regulacyjnymi, normami międzynarodowymi i najlepszymi praktykami.

Nie każdy projekt wymaga pełnej ilościowej oceny ryzyka (najwyższy poziom złożoności zidentyfikowany w HYPOP). Zaleca się stosowanie proporcjonalnej skali, unikając marnotrawstwa i zachowując wiarygodność:

- **Strukturalna ocena jakościowa** (HazID + macierz ryzyka) jako minimalna domyślna wartość bazowa.
- **Analiza półilościowa** (np. pomiędzy podejściem jakościowym a ilościowym, patrz sekcja 5), jeśli nadal istnieje niepewność co do decyzji lub pojawiają się scenariusze umiarkowane.
- **Pełna QRA** tylko w przypadku:
  - gęsty układ / ograniczona przestrzeń;
  - urządzenia wysokociśnieniowe;
  - wniosek o odstępstwo od ustalonych odległości bezpieczeństwa określonych w przepisach;
  - bliskość budynków publicznych i obszarów gromadzenia się ludzi;
  - skumulowane ryzyko / potencjał efektu domina.

#### 5) **Prezentacja projektu w celu zatwierdzenia wyników pierwszego spotkania i opracowanej dokumentacji technicznej.**

Dyskusja na temat bezpieczeństwa projektu, środków zapobiegawczych i łagodzących; identyfikacja i usuwanie luk regulacyjnych; wspólne określenie planu działania w sytuacjach awaryjnych.

Dyskusja między organami władzy a projektantami powinna opierać się co najmniej na następującym **minimalnym zestawie dokumentacji**: schemat przebiegu procesu (PFD)/schemat rurociągów i oprzyrządowania (P&ID), układ, klasyfikacja ATEX, matryca scenariuszy, raport ryzyka, logika kontroli bezpieczeństwa systemu awaryjnego wyłączenia (ESD) i filozofia wykrywania, uzasadnione odległości bezpieczeństwa itp.

Weryfikacja podejścia do bezpieczeństwa i projektu może wymagać **wspólnego określenia środków zapobiegawczych i barier**, jeśli to konieczne. W szczególności można zażądać bardziej szczegółowych informacji na temat monitorowania, wykrywania parametrów bezpieczeństwa i powiązanych instrumentów oraz zakresu wentylacji. **Dodatkowe** bariery, takie jak ściany zabezpieczające, mogą być również wymagane w kierunku obszarów wrażliwych i zatłoczonych budynków publicznych.

Ten etap jest momentem, w którym organy publiczne mogą zadawać pytania, omawiać i gromadzić informacje o brakach i spostrzeżeniach od projektantów, aby lepiej zrozumieć sytuację i opracować skuteczniejsze przyszłe regulacje.

Zaleca się, aby organy **zatwierdziły lub wspólnie określiły plan reagowania kryzysowego.**



#### 6) Plan szkoleń i ćwiczeń, zbieranie informacji zwrotnych i ciągłe doskonalenie

Moduły dla władz lokalnych (właściwości fizyczne H<sub>2</sub>, różnice w stosunku do NG / LPG, bezpieczeństwo technologii H<sub>2</sub>) oraz okresowe ćwiczenia (wyciek, ESD, pożar w otoczeniu).

W razie potrzeby zaleca się opracowanie planu szkoleń, który poprzez rozpowszechnianie wiedzy będzie miał również pozytywny wpływ na ogólne procedury wydawania zezwoleń. Przygotowanie operacyjne obejmuje szkolenie personelu, okresowe testowanie procedur i systemów (wykrywanie, ewakuacja itp.) oraz tworzenie cyklu ciągłego doskonalenia w oparciu o rzeczywiste dowody i informacje zwrotne. Doskonalenie to można mierzyć za pomocą takich wskaźników, jak: średni czas oczekiwania na dodatkowe informacje, całkowity czas wydawania pozwoleń, czas reakcji w sytuacjach awaryjnych, wspólny roczny przegląd działania, konserwacji i awarii itp.

Kroki 5 i 6 są przeznaczone dla tej fazy przejściowej, w której wodór i technologie wodorowe będą wykorzystywane w nowych sektorach oraz w przypadkach, w których wiedza praktyczna na temat projektów wodorowych jest niewielka, a świadomość niska. Gdy wiedza praktyczna rozprzestrzeni się w różnych krajach UE, nastąpi większa konwergencja i bardziej zharmonizowane podejście do bezpieczeństwa instalacji wodorowych. W związku z tym kroki te można utrzymać tylko wtedy, gdy zostanie to uznane za konieczne, w przeciwnym razie może to skutkować powtarzającymi się konsultacjami i wyższymi kosztami projektu.

## 7 Metodologia

HYPOP opiera się na zaangażowaniu zainteresowanych stron. Informacje, które przyczyniły się do opracowania ostatecznych wytycznych dotyczących bezpieczeństwa dla służb ratowniczych, zostały zebrane na podstawie wyników krajowych warsztatów HYPOP oraz przy zastosowaniu tej samej metodologii, która została wykorzystana do zebrania informacji na potrzeby analizy technicznej wymagań bezpieczeństwa i barier w ramach pakietu roboczego 2.

**Warsztaty krajowe odbyły się w Hiszpanii, Włoszech, Belgii, Polsce i Bułgarii, a ich wyniki przedstawiono w załączniku.** Dane zostały zebrane głównie za pomocą narzędzi internetowych (np. Google Forms, Slido), a we Włoszech i Belgii uzupełniono je dyskusjami przy okrągłym stole. Celem było zebranie doświadczeń interesariuszy z całego łańcucha wartości wodoru, stworzenie ogólnego obrazu tych doświadczeń oraz porównanie podobieństw i różnic między krajami, w których odbyły się warsztaty, a innymi krajami analizowanymi w ramach projektu.

Ponadto środki zapobiegawcze i łagodzące zebrane z najlepszych praktyk oraz ogólne podejścia do bezpieczeństwa poprawiły ostateczne zalecenia i praktyczne działania zawarte w wytycznych HYPOP opisanych w sekcji 6. Było to możliwe dzięki ciągłej realizacji badań rozpoczętych w pakiecie roboczym 2 dotyczącym „Wymogów bezpieczeństwa i barier” (uzupełnienie danych z pakietu roboczego 2 znajduje się w załączniku). W niniejszym dokumencie zastosowano więc tę samą metodologię. Opiera się ona głównie na badaniach literaturowych dotyczących konkretnych krajowych/lokalnych przepisów i wytycznych, na synergii z innymi projektami zajmującymi się tematyką regulacyjną (np. projekt HYLAW, GA nr 737977 itp.) oraz na doświadczeniach interesariuszy zaangażowanych przez partnerów HYPOP. **W poniższej tabeli podsumowano główne działania charakteryzujące wspomnianą metodologię, w której bezpieczeństwo i certyfikacja technologii wodorowych są zazwyczaj powiązane, oraz wskazano zainteresowane strony, które mogą odnieść korzyści z każdego działania i tematu.**

*Tabela 17 Działania przeprowadzone w ramach pakietów roboczych 2 i 4 w celu uzyskania informacji na temat podejść do bezpieczeństwa w projektach H<sub>2</sub>*

Rodzaj działania	Interesariusze	Temat odniesienia
Analiza ram regulacyjnych w krajach docelowych UE w zakresie wdrażania projektów wodorowych (przydatna do formułowania zaleceń technicznych i działań praktycznych)	Producenci, pierwsi użytkownicy, twórcy projektów, organy publiczne	Bezpieczeństwo
Przegląd literatury i norm dotyczących technologii wodorowych	Producenci	Bezpieczeństwo i certyfikacja
Wywiady z zainteresowanymi stronami w celu uzyskania informacji na temat krajowych/lokalnych podejść do bezpieczeństwa, osobistych doświadczeń (np. projektów pilotażowych i rzeczywistych), opinii i postrzegania	Producenci, pierwsi użytkownicy, twórcy projektów, organy publiczne	Bezpieczeństwo i certyfikacja

Rodzaj działania	Interesariusze	Temat odniesienia
Analiza ograniczonej liczby kluczowych projektów/najlepszych praktyk (opisanych w dokumencie Deliverable 2.1)	Producenci, pierwsi użytkownicy, twórcy projektów, organy publiczne	Bezpieczeństwo i certyfikacja
Organizacja krajowych warsztatów i międzynarodowego warsztatu (działanie łączące WP2 i WP4)	Producenci, pierwsi użytkownicy, twórcy projektów, organy publiczne	Bezpieczeństwo i wydawanie zezwoleń

Analiza została przeprowadzona w następujących krajach UE, a poniższa tabela przedstawia rodzaje zainteresowanych stron i doświadczenia wniesione do wytycznych HYPOP.

*Tabela 18 Podmioty współpracujące z HYPOP: projekty UE, organy publiczne i podmioty prywatne*

Kraj	Rodzaj interesariuszy	Odniesienia i doświadczenia
<b>Kraje HYPOP</b>		
Belgia	Klaster wodorowy; prywatna firma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Waterstofnet – bezpieczeństwo, pozwolenia i certyfikacja;</li> <li>• Lotnisko w Brukseli – koordynator projektu STARGATE;</li> <li>• Technifutur – zaangażowany w kilka projektów związanych z wodorem (Green SKHy, KnowWHY, HySCHOOL itp.);</li> <li>• VITO – badanie BAT dotyczące stacji tankowania H<sub>2</sub>;</li> <li>• Sertius, organ wydający zezwolenia w Belgii;</li> <li>• RESA, operator sieci dystrybucji gazu i energii elektrycznej;</li> <li>• Uniwersytet Brukselski (ULB);</li> <li>• Grupa Colruyt, administracja regionu Walonii (departament ds. pozwoleń i środowiska)</li> </ul>
Włochy	Organ publiczny; prywatna firma; uniwersytet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Port w Trieście – bezpieczeństwo i wydawanie zezwoleń, projekt RENEWPORT;</li> <li>• RINA Consulting – eksperci ds. bezpieczeństwa i certyfikacji;</li> <li>• Tecnodelta – partner projektu HYCARE – certyfikacja;</li> </ul>

Kraj	Rodzaj interesariuszy	Odniesienia i doświadczenia
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• ATENA Scarl – certyfikacja – partner projektu H2ports;</li> <li>• Uniparthenope – certyfikacja – partner projektu FuelSOME;</li> <li>• Firma A2A – bezpieczeństwo i pozwolenia – projekt Valcamonica hydrogen;</li> <li>• Tenova – bezpieczeństwo i pozwolenia – projekt GrInHy 2.0;</li> <li>• Fondazione Bruno Kessler – bezpieczeństwo, pozwolenia i certyfikacja – koordynator projektu SWITCH;</li> <li>• UNI – Ente Italiano Normazione – certyfikacja – partner projektu e-SHyIPS;</li> <li>• SAGAT – bezpieczeństwo, pozwolenia i certyfikacja – partner projektu TULIPS</li> </ul>
Hiszpania	Prywatna firma, stowarzyszenie firm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redexis (projekty OCEANH2, GREEN HYSLAND);</li> <li>• Tecnalia (projekt ARENHA)</li> <li>• TECNIBERIA</li> <li>• Clúster Andaluz del Hidrógeno;</li> <li>• Hiszpańska Platforma Technologiczna Wodoru</li> </ul>
<b>Kraje UE-13</b>		
Bułgaria (kraj HYPOP)	Stowarzyszenie wodorowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bałkański Klaster Wodoru – bezpieczeństwo i pozwolenia</li> </ul>
Polska (kraj HYPOP)	Prywatna firma;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TUV SUD Polska – eksperci ds. bezpieczeństwa i certyfikacji;</li> </ul>
Chorwacja	Centrum badawcze; organ publiczny	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instytut Energetyki Hrvoje Pozar – pozwolenia środowiskowe – projekty Interreg;</li> <li>• Ministerstwo Gospodarki – bezpieczeństwo;</li> <li>• Instytut Energii i Ochrony Środowiska (EKONERG) – pozwolenia;</li> <li>• Green Sustainable Solutions – pozwolenia.</li> </ul>
Cypr	Przedsiębiorstwo prywatne; podmiot publiczny	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Future Fuels Ltd – koordynator projektu GreenH2CY – bezpieczeństwo i wydawanie zezwoleń;</li> <li>• Cypryjski Urząd Regulacji Energetyki – bezpieczeństwo i wydawanie zezwoleń;</li> <li>• Trinomics</li> </ul>

Kraj	Rodzaj interesariuszy	Odniesienia i doświadczenia
Czechy	Prywatna firma; Klaster wodorowy; Regionalne agencje energetyczne; Agencja regionalna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ORLEN Unipetrol – ekspert ds. bezpieczeństwa i pozwoleń;</li> <li>• Krajowa czeska platforma technologii wodorowych – ekspert w zakresie bezpieczeństwa i uzyskiwania pozwoleń;</li> <li>• Centrum Energetyczne Regionu Ústí;</li> <li>• Agencja Energetyczna Regionu Zlín (EAZK);</li> <li>• Rada gospodarcza i społeczna regionu Usti;</li> <li>• Firma DEVINN – integrator systemów w zakresie bezpieczeństwa, pozwoleń i certyfikacji;</li> </ul>
Estonia	Centrum badawcze	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instytut metrologiczny Metrosert – koordynacja projektu Hydrogen Valley</li> </ul>
Węgry	Prywatna firma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PBN Advanced Management – partner projektu SMART-HY-AWARE – bezpieczeństwo i uzyskiwanie pozwoleń;</li> </ul>
Łotwa	<b>Brak informacji</b>	<b>Brak informacji</b>
Litwa	Centrum badawcze; organ publiczny	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Litewski Instytut Energii Odnawialnej; Klaipeda State Seaport Authority – bezpieczeństwo i wydawanie zezwoleń;</li> <li>• Przedstawiciel Ministerstwa Transportu – informacje na temat ram regulacyjnych;</li> <li>• Rada ds. Badań Naukowych Litwy</li> </ul>
Malta	Agencja krajowa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rada ds. Nauki i Technologii Malty</li> </ul>
Rumunia	Stowarzyszenie kompetencji w dziedzinie wodoru	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zrównoważona organizacja pozarządowa – wydawanie zezwoleń</li> </ul>
Słowacja	Centrum badawcze; organ publiczny	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instytut rozwoju usług publicznych – partner w projekcie H2CE;</li> <li>• Władze regionalne Koszyc – koordynator projektu EASTGATEH2 – wymiana informacji na temat bezpieczeństwa i wydawania zezwoleń;</li> </ul>
Słowenia	Centrum badawcze; prywatna firma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemijski instytut – projekt H2GreenFuture Interreg;</li> <li>• Holding Slovenske elektrarne d.o.o. – koordynator NAHV, North Adriatic Hydrogen Valley – bezpieczeństwo, wydawanie pozwoleń i certyfikacja;</li> </ul>

Kraj	Rodzaj interesariuszy	Odniesienia i doświadczenia
Kraje przodujące		
Francja	Organ publiczny; Krajowe stowarzyszenie; Prywatna firma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Region Centre Val De Loire – akceptacja społeczna;</li> <li>• France Energies Marines – skupia się na bezpieczeństwie, uzyskiwaniu pozwoleń i akceptacji społecznej w sektorze morskim;</li> <li>• ENGIE – eksperci ds. bezpieczeństwa i certyfikacji – badania prenormatywne w ramach projektu Thyga;</li> <li>• Francja Wodór</li> </ul>
Niemcy	Prywatna firma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lotnisko w Hamburgu – koordynator projektu HyAirport – bezpieczeństwo i uzyskiwanie pozwoleń;</li> <li>• Eksperci ds. bezpieczeństwa i certyfikacji – informacje przekazane podczas śniadań roboczych Hytruck;</li> <li>• NOW GmbH</li> </ul>
Holandia	Organ publiczny; prywatna firma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydrogen hub Noord Holland – koordynator projektu Hydrogen Hub Noord-Holland valley – bezpieczeństwo, uzyskiwanie pozwoleń i certyfikacja;</li> <li>• New Energy Coalition – projekt LIHYP – bezpieczeństwo i zezwolenia;</li> <li>• Nedstack fuell cell technology BV – bezpieczeństwo i certyfikacja – partner projektu GRASSHOPPER;</li> <li>• KIWA – certyfikacja; NL Hydrogen</li> </ul>
Szwajcaria	Krajowe Stowarzyszenie;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H2Mobiliteit – uzyskiwanie pozwoleń.</li> </ul>

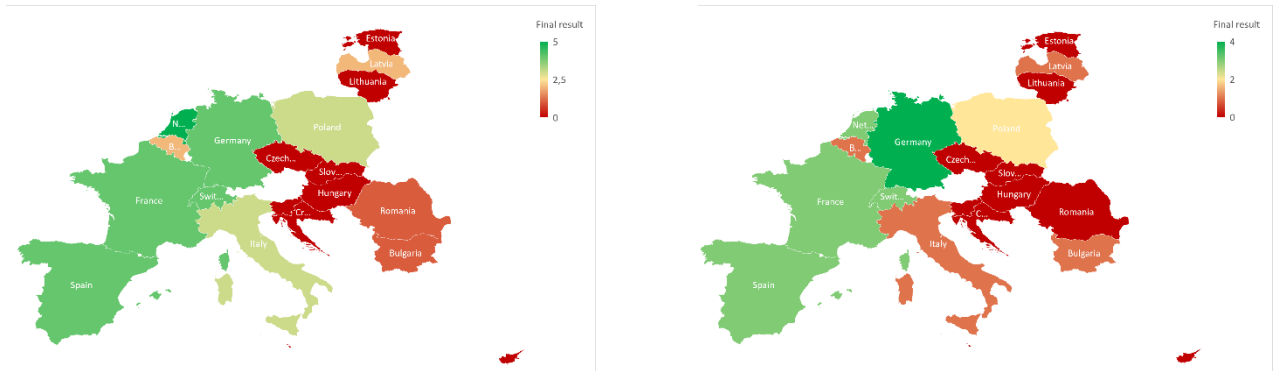


*Rysunek2 Zasięg geograficzny badań dotyczących bezpieczeństwa, wydawania zezwoleń i certyfikacji*

W celu przeprowadzenia analizy mocnych i słabych stron, która pozwoliłaby uzyskać kompleksowy obraz aktualnego stanu gotowości ram regulacyjnych UE, wykorzystano następujące parametry. Główne wyniki WP2 przedstawiono w tabeli. Dalsze informacje zawarto w dokumencie HYPOP Deliverable 2.1 „Wymogi bezpieczeństwa i bariery” oraz Deliverable 2.2 „Wymogi dotyczące wydawania zezwoleń i bariery”.

*Tabela19 Parametry bezpieczeństwa i wydawania zezwoleń wykorzystane do przeprowadzenia analizy mocnych i słabych stron*

Parametry bezpieczeństwa	Parametry dotyczące pozwoleń
Dostępność wytycznych dotyczących oceny bezpieczeństwa	Dowody na istnienie ram regulacyjnych dotyczących wydawania zezwoleń
Dowody wdrożenia/przyjęcia metodologii oceny ryzyka	Istnienie procedur dotyczących wodoru
Dowody na istnienie przepisów, kodeksów i norm regulujących podejście do bezpieczeństwa w odniesieniu do wodoru	Dowody na istnienie wytycznych dotyczących wydawania zezwoleń (dla technologii wodorowych)
Zastosowanie/przyjęcie/dowody podejścia opartego na wynikach i wynikających z niego wymaganiach	Dowody współpracy z organami publicznymi i ogólnego pozytywnego nastawienia do wodoru
Zastosowanie/przyjęcie/dowody podejścia normatywnego i wynikających z niego wymagań.	



Rysunek3 Mapa mocnych i słabych stron według parametrów bezpieczeństwa (po lewej) i parametrów wydawania zezwoleń (po prawej) z WP2



## 8 Wnioski

Technologie wodorowe są coraz częściej uznawane za filar europejskiej ścieżki dekarbonizacji przemysłu, transportu i gospodarstw domowych, uzupełniając elektryfikację i efektywność energetyczną. Dowody zebrane przez HYPOP – analizy najlepszych praktyk, warsztaty dla zainteresowanych stron, studia przypadków dotyczące pozwoleń – wskazują jednak na fragmentaryczny obraz bezpieczeństwa: rozbieżne interpretacje, nierównomierna znajomość charakterystycznych właściwości  $H_2$  oraz wahania między podejściem normatywnym a opartym na wynikach.

Postrzeganie i wiedza zainteresowanych stron zaangażowanych w procedury bezpieczeństwa i wydawania zezwoleń są postrzegane jako czynniki napędzające realizację projektów wodorowych. Wykorzystanie wodoru jest przez wielu postrzegane jako nowość, ale technologie wodorowe są bezpiecznie stosowane w wielu zastosowaniach przemysłowych od ubiegłego wieku. Nowe zastosowania i powstające technologie wodorowe są opracowywane z myślą o transporcie i zastosowaniach mieszkaniowych. W tych przypadkach podejścia do bezpieczeństwa leżące u podstaw ram regulacyjnych muszą nadążać za tempem określonym przez badania i innowacje, a nie jest to łatwe zadanie. W rzeczywistości wspólne podejścia do bezpieczeństwa związane z technologiami wodorowymi i samym wodorem jako paliwem nie są w pełni opracowane. Ta niepewność znajduje odzwierciedlenie zarówno na szczeblu krajowym, jak i lokalnym w UE, gdzie wymogi bezpieczeństwa mogą powodować bariery utrudniające prywatne inwestycje i komplikujące pracę zarówno zainteresowanych stron zaangażowanych w procedury udzielania i uzyskiwania pozwoleń (np. organów publicznych a przedsiębiorstw).

**Obecny problem:** Obecna faza charakteryzuje się ograniczonym doświadczeniem praktycznym w zakresie wodoru: wiele władz lokalnych (przede wszystkim komendy straży pożarnej i urzędy techniczne odpowiedzialne za kwestie środowiskowe, planowanie urbanistyczne i zapobieganie wypadkom) nie ma wsparcia w postaci ram regulacyjnych, dlatego mają trudności z interpretacją istniejących przepisów (często opracowanych dla innych paliw) podczas oceny innowacyjnych rozwiązań.

**Cel:** Zmniejszenie niepewności i skrócenie czasu oczekiwania na pozwolenia oraz zwiększenie wiedzy i świadomości – przy jednoczesnym zapewnieniu udokumentowanego, równoważnego poziomu bezpieczeństwa – poprzez ustrukturyzowaną, powtarzalną ścieżkę interakcji między wnioskodawcą projektu / projektantem HSE a organami publicznymi.

Fragmentaryczny krajobraz bezpieczeństwa powoduje:

- Dłuższe i mniej przewidywalne terminy wydawania pozwoleń.
- Nierówne i zróżnicowane wymagania bezpieczeństwa w UE (nadmierna lub niedostateczna inżynieria).
- Wzrost „kosztów miękkich” związanych z rozwojem (cykle iteracyjnych przeglądów, powtarzające się konsultacje).
- Osłabienie zaufania publicznego w przypadku niskiej przejrzystości.

Zalecenia zawarte w wytycznych HYPOP można podsumować w dwóch filarach operacyjnych, które mogą napędzać codzienne wdrażanie i powtarzalność:



- **Działania techniczne:** od mapowania luk regulacyjnych po ukierunkowane dostosowanie i transfer najlepszych praktyk z podejść UE; od różnych wymagań technicznych (np. certyfikacja i zgodność z ATEX, inżynieria układów i konteneryzacja, wczesne wykrywanie i wentylacja adaptacyjna itp.) po stopniową standaryzację metodologii ryzyka i wspólne podejście do bezpieczeństwa.
- **Transfer wiedzy i podnoszenie świadomości:** ciągły proces doskonalenia oparty na modułowych szkoleniach dla organów i operatorów; tworzenie szerokiego, znormalizowanego ekosystemu partycypacyjnego, który wzmacnia interakcję między zainteresowanymi stronami w celu budowania akceptacji i przeciwdziałania dezinformacji; organizowanie warsztatów z udziałem ekspertów technicznych i organów publicznych w celu wymiany poglądów i ujednoczenia perspektyw dotyczących bezpieczeństwa; oraz wspólne tworzenie protokołów awaryjnych wraz ze strażą pożarną.

Wdrożenie tego modelu przyspieszy bezpieczne wdrażanie, zmniejszy obciążenia administracyjne i wzmocni zaufanie publiczne, inicjując pozytywny cykl między innowacjami a zarządzaniem ryzykiem.



## 9 Załącznik A

### i. Wytyczne UE

Poniższa tabela zawiera niektóre wytyczne dotyczące bezpieczeństwa określone podczas projektu HYPOP, które można wziąć pod uwagę przy badaniu różnych podejść i rozpoczynaniu opracowywania własnych wytycznych w oparciu o swoje podejście do bezpieczeństwa oraz wprowadzając zmiany lub dostosowania wynikające z innych najlepszych praktyk.

*Tabela 20 Wytyczne UE dotyczące bezpieczeństwa zidentyfikowane w ramach projektu HYPOP*

Kraj	Wpływ	Tematy	Sektory	Podmioty	Wnioski
Szwajcaria <sup>11</sup>	Krajowe	Bezpieczeństwo/ Zezwolenia	Produkcja H <sub>2</sub>	Stowarzyszenie producentów H <sub>2</sub> , przedsiębiorstwa, organ krajowy	<p>Ramy wydawania zezwoleń opierają się na uproszczonej współpracy między organami publicznymi, w ramach której wymiana informacji dotyczących różnych rodzajów zezwoleń jest koordynowana przez główny organ.</p> <p>Potrzebne są dwa główne pozwolenia: budowlane i elektryczne. Pozwolenie budowlane obejmuje zezwolenia środowiskowe, takie jak ocena oddziaływania na środowisko, jeżeli:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>magazynowanie gazu przekracza 50 000 m<sup>3</sup> lub w przypadku magazynowania cieczy przekracza 5000 m<sup>3</sup>;</li> </ul>

<sup>11</sup>

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/11554&ved=2ahUKewiEu47S3N-OAxU8cvEDHQm-Hv4QFnoECAkQAQ&usg=AOvVaw2qMyiJ0ZB6GKrH3iWeuf5f>



Kraj	Wpływ	Tematy	Sektory	Podmioty	Wnioski
					<ul style="list-style-type: none"> <li>powierzchnia operacyjna zakładu przekracza 5000 m<sup>2</sup> lub w przypadku syntezy produktów chemicznych przekracza 1000 ton rocznie.</li> </ul> <p>Aspekty bezpieczeństwa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>zharmonizowane normy na poziomie międzykantonalnym, takie jak zapobieganie pożarom;</li> <li>odniesienia prawne dotyczące atmosfer potencjalnie wybuchowych, VUV (odpowiednik ATEX 1999/92/WE)</li> </ul>
<b>Holandia<sup>12</sup></b>	Krajowy	Bezpieczeństwo	Mobilność (stacje tankowania wodoru, HRS)	H <sub>2</sub> eksperci zatrudnieni przez władze	Wytyczne dotyczące bezpieczeństwa HRS (oceniane przez gminy lub prowincje) pełnią rolę regulacji. Wewnętrzne odległości bezpieczeństwa (do 8,5 metra) są obliczane przy użyciu metodologii opartej na ilościowej ocenie ryzyka, oprogramowania (SAFETI-NL NL v6.5.4) oraz definicji i koncepcji bezpieczeństwa zawartych w dokumencie IGC Doc 75/07/E „Określanie odległości bezpieczeństwa” Europejskiego Stowarzyszenia Gazów Przemysłowych (EIGA). Przepisy (lub wytyczne) zalecają również rozważenie środków łagodzących, takich jak zapory ogniowe w celu ograniczenia eskalacji lub zmiana konstrukcji urządzeń i/lub warunków eksploatacji w celu zmniejszenia dotkliwości i/lub prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia, jeżeli wynikowe odległości bezpieczeństwa są zbyt duże dla konstrukcji HRS.

12

[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://content.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/documents/PGS35/PGS%252035%2520voor%2520website%2520ondertekend.pdf&ved=2ahUKewiuzPrr3N-OAxW4Q\\_EDHcHUMjYQFnoECBcQAQ&usg=AOvVaw05GoR5M1E9FmV\\_6igboHzz](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://content.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/documents/PGS35/PGS%252035%2520voor%2520website%2520ondertekend.pdf&ved=2ahUKewiuzPrr3N-OAxW4Q_EDHcHUMjYQFnoECBcQAQ&usg=AOvVaw05GoR5M1E9FmV_6igboHzz)



Kraj	Wpływ	Tematy	Sektory	Podmioty	Wnioski
Hiszpania <sup>13</sup>	Krajowe	Bezpieczeństwo	H <sub>2</sub> Produkcja Mobilność Mieszkanio wa	Stowarzyszenia przedsiębiorstw	<p>Wytyczne wskazują hiszpańskie podejście do bezpieczeństwa oparte na wynikach, opisując:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• najbardziej istotne metody analizy ryzyka, ich funkcję i cele oraz etap zastosowania w projekcie;</li> <li>• identyfikację potencjalnych luk regulacyjnych na poziomie krajowym, zalecenia ekspertów oraz prezentację międzynarodowych przepisów, kodeksów i norm (RCS) dotyczących bezpieczeństwa instalacji wodorowych.</li> </ul> <p>Przedstawiono kluczowe elementy mające wpływ na bezpieczeństwo instalacji wodorowych (również w przypadku produkcji H<sub>2</sub>na miejscu):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• określenie stref wykluczenia, do których dostęp jest ograniczony;</li> <li>• odległości bezpieczeństwa i środki ograniczające skutki wybuchu;</li> <li>• wyciek H<sub>2</sub> do atmosfery wymagający odpowiednich systemów wentylacyjnych dla wszystkich stref ATEX;</li> <li>• systemy wykrywania gazu i pożaru.</li> </ul>

## ii. Dowody na istnienie przepisów dotyczących bezpieczeństwa projektów związanych z H<sub>2</sub> w UE

<sup>13</sup> <https://bequinor.org/general/guia-de-seguridad-del-hidrogeno-de-bequinor/>



Poniżej przedstawiono niektóre przepisy bezpieczeństwa zidentyfikowane w ramach projektu HYPOP, sklasyfikowane według rodzaju podejścia do bezpieczeństwa i zawierające wykaz głównych wymagań bezpieczeństwa. Więcej informacji można znaleźć w dokumencie Deliverable 2.1 projektu HYPOP.

Tabela 21 Obowiązujące przepisy bezpieczeństwa UE dotyczące projektów H<sub>2</sub>

Kraj	Zastosowanie H <sub>2</sub>	Odniesienie	Główne wymagania	Podejście do bezpieczeństwa
Włochy	Produkcja H <sub>2</sub>	Dekret Ministerstwa Spraw Wewnętrznych z dnia 7 lipca 2023 r.: „Przepisy techniczne dotyczące zapobiegania pożarom w celu określenia metodologii analizy ryzyka i środków bezpieczeństwa przeciwpożarowego, które należy zastosować przy projektowaniu, budowie i eksploatacji zakładów produkcji wodoru w procesie elektrolizy oraz systemów jego magazynowania”. <sup>14</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Odległości bezpieczeństwa od 3 m do 5 m (P&lt;10 bar)</li> <li>• Odległości bezpieczeństwa od 15 m do 30 m (700 &lt;P&lt;1000 bar)</li> </ul>	Normatywne
Włochy	HRS	Dekret Ministerstwa Spraw Wewnętrznych z dnia 23 października 2018 r.: „Przepisy techniczne dotyczące zapobiegania pożarom w zakresie projektowania, budowy i eksploatacji	Odległości bezpieczeństwa od 12 m do 30 m	Normatywne

<sup>14</sup> <https://www.vigilfuoco.it/media/notizie/gu-decreto-7-luglio-2023-impianti-di-produzione-di-idrogeno-mediante-elettrolisi-e-relativi-sistemi>



Kraj	Zastosowanie H2	Odniesienie	Główne wymagania	Podejście do bezpieczeństwa
		instalacji dystrybucji wodoru dla pojazdów silnikowych; <sup>15</sup>		
Hiszpania	HRS	Real Decreto 919/2006, de 28 de julio (ITC-ICG 5) <sup>16</sup>	ISO/TS 19880-1:2020 „Wodór gazowy - Stacje paliwowe - Część 1: Wymagania ogólne	Wydajność
Hiszpania	Budownictwo mieszkaniowe	Real Decreto 656/2017, Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10 <sup>17</sup> (MIE APQ-1; MIE APQ-5; MIE APQ-10.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• W oparciu o ilość przechowywanego produktu;</li> <li>• Odległości bezpieczeństwa między niebezpiecznymi urządzeniami - 3 m / 6 m lub ściana oddzielająca</li> </ul>	Normatywne

<sup>15</sup> <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/11/05/18A07049/SG>

<sup>16</sup> <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-15345#itcicg05>

<sup>17</sup> <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-8755>



Kraj	Zastosowanie H2	Odniesienie	Główne wymagania	Podejście do bezpieczeństwa
Polska	HRS	Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 21 października 2022 r. w sprawie szczegółowych wymagań technicznych dla stacji wodorowych (Dz. U. 2022, poz. 2158) <sup>18</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• normy ISO 1988-1 i EN ISO 17127</li> <li>• normy ISO 19880-2 i EN ISO 17268</li> </ul>	Wydajność
Bułgaria	HRS + produkcja H2 na miejscu	Rozporządzenie nr RD-02-20-2 z dnia 28 września 2020 r. w sprawie „Warunków i procedury projektowania, budowy, uruchamiania i kontroli stacji tankowania pojazdów napędzanych wodorem” <sup>19</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Odległości bezpieczeństwa do 15 m.</li> <li>• BDS ISO 16111 „Przenośne urządzenia do magazynowania gazu. Wodór pochłaniany w odwracalnych wodorach metalowych</li> <li>• BDS EN ISO 17268 „Urządzenia łączące do tankowania</li> </ul>	Normy nakazowe

<sup>18</sup> <https://www.gov.pl/web/klimat/rozporzadzenie-ministra-klimatu-i-srodowiska-w-sprawie-szczegolowych-wymagan-technicznych-dla-stacji-wodoru>

<sup>19</sup> <https://lex.bg/bg/laws/ldoc/2137206003>



Kraj	Zastosowanie H2	Odniesienie	Główne wymagania	Podejście do bezpieczeństwa
			<p>pojazdów drogowych gazowym wodorem (ISO17268:2012)".</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BDS EN 17127 „Zewnętrzne punkty tankowania wodoru, dystrybucja wodoru gazowego i , w tym protokoły napełniania”;</li> <li>• BDS EN 60079-10-1 „Atmosfery wybuchowe. Część 10-1: Klasyfikacja obszarów. Atmosfery gazów wybuchowych”.</li> </ul>	
Republika Czeska	HRS	Metodologia budowy i eksploatacji stacji tankowania sprężonego wodoru dla	Odległości bezpieczeństwa od 3 m do 8 m	Normatywne



Kraj	Zastosowanie H2	Odniesienie	Główne wymagania	Podejście do bezpieczeństwa
		urządzeń mobilnych <sup>20</sup> (wytyczne stosowane oficjalnie)		
Francja	HRS	Arrêté du 22 octobre 2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 1416 (station de distribution d'hydrogène gazeux) <sup>21</sup>	Odległości bezpieczeństwa od 6 m do 14 m (zmniejszenie do maks. 10 m)	Normatywne/Wydajność
Francja	Mieszkańowe	Arrêté du 12 février 1998 „ogólne wymagania mające zastosowanie do instalacji sklasyfikowanych w celu ochrony środowiska podlegających zgłoszeniu pod numerem 4715). <sup>22</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Odległości bezpieczeństwa wewnątrz budynków 5 m</li> <li>• Odległości bezpieczeństwa na zewnątrz 8 m</li> </ul>	Normatywne

<sup>20</sup> <https://hzscr.gov.cz/clanek/metodika-vystavby-a-provozu-plnicich-stanic-stlaceneho-vodiku-pro-mobilni-zarizeni.aspx>

<sup>21</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000037519292/>

<sup>22</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000571176>



Kraj	Zastosowanie H2	Odniesienie	Główne wymagania	Podejście do bezpieczeństwa
Niemcy	HRS	Wytyczne dotyczące zatwierdzania stacji paliw wodorowych <sup>23</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 19880-1:2020 Wodór gazowy – Stacje paliwowe – Część 1: Wymagania ogólne</li> <li>• TRGS 720: Niebezpieczne mieszaniny wybuchowe – Informacje ogólne</li> <li>• TRGS 727: Zapobieganie zagrożeniom zapłonu spowodowanym ładunkami elektrostatycznymi ( )</li> </ul>	Wydajność

<sup>23</sup> [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2022/03/NOW\\_Genehmigungleitfaden\\_H2-Tankstellen.pdf&ved=2ahUKewibqrl0vt-OAxU\\_V6QEhabPPCEQFnoECAkQAQ&usg=AOvVaw1DDVCWjEDp6w9zjCd4ybOy](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2022/03/NOW_Genehmigungleitfaden_H2-Tankstellen.pdf&ved=2ahUKewibqrl0vt-OAxU_V6QEhabPPCEQFnoECAkQAQ&usg=AOvVaw1DDVCWjEDp6w9zjCd4ybOy)



Kraj	Zastosowanie H2	Odniesienie	Główne wymagania	Podejście do bezpieczeństwa
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• TRGS 745: Przenośne pojemniki na sprężony gaz – napełnianie, przechowywanie, transport wewnętrzny i opróżnianie</li> </ul>	
Holandia	HRS	PGS35 „Instalacje wodorowe do dostarczania wodoru do pojazdów i maszyn” <sup>24</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Odległości bezpieczeństwa od 2 m do 8,5 m</li> <li>• oprogramowanie (SAFETI-NL v6.5.4),</li> <li>• koncepcje bezpieczeństwa Europejskiego Stowarzyszenia Gazów Przemysłowych (EIGA)</li> </ul>	Wydajność

<sup>24</sup> <https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/publicaties/pgs35/>



Kraj	Zastosowanie H2	Odniesienie	Główne wymagania	Podejście do bezpieczeństwa
			<ul style="list-style-type: none"> <li>IGC Doc 75/07/E „Określanie odległości bezpieczeństwa”</li> </ul>	
Chorwacja	Przemysł, HRS, budynki mieszkalne	Na podstawie NFPA-2/2020 „Kodeks technologii wodorowej” (nie jest to przepis krajowy)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Odległości bezpieczeństwa od magazynów sprężonego wodoru wynoszą od 1,5 m do 14 m w zależności od rodzaju urządzeń.</li> </ul>	Wydajność

### iii. Podstawowe odniesienia do przepisów, kodeksów i norm (RCS)

Poniższa tabela zawiera podstawowe RCS, które można sprawdzić. Aby uzyskać więcej informacji na temat norm, zaleca się zapoznanie się z dokumentami Deliverable 2.3 i D4.5 Wytyczne certyfikacyjne HYPOP.

*Tabela22 Podstawowe odniesienia do przepisów, kodeksów i norm*

**Przydatne normy i przepisy dotyczące bezpieczeństwa wodorowego**



Ochrona przeciwwybuchowa: IEC/EN 60079 i ISO/IEC 80079;
ISO 22734 – Generatory wodoru wykorzystujące elektrolizę wody – zastosowania przemysłowe, komercyjne i mieszkaniowe: wymaga od producentów elektrolizerów przeprowadzenia oceny ryzyka. W zależności od ostatecznej lokalizacji urządzenia właściciele/operatorzy zakładów mogą być zobowiązani do przeprowadzenia własnej dodatkowej oceny generatora wodoru, stosując klasyfikację stref zgodnie z normą IEC 60079-10-1 lub odpowiednią normą krajową.
ISO 19880 – Wodór gazowy – Stacje paliwowe
Klasyfikacja stref i metody ochrony przed zapłonem zgodnie z normami IEC 60079, ISO/IEC 80079 i NFPA 2
ISO/TR 15916 – Podstawowe uwagi dotyczące bezpieczeństwa systemów wodorowych
<b>Dodatkowe zasoby (z odniesieniami)</b>
Baza danych norm i standardów dotyczących wodoru i ogniw paliwowych: <a href="https://h2tools.org/fuel-cell-codes-and-standards?search_api_fulltext=">https://h2tools.org/fuel-cell-codes-and-standards?search_api_fulltext=</a>
Przewodnik EIGA: SYSTEMY RUROCIĄGÓW WODOROWYCH <a href="https://www.google.com/url?sa=t&amp;source=web&amp;rct=j&amp;opi=89978449&amp;url=https://www.eiga.eu/uploads/documents/DOC121.pdf&amp;ved=2ahUKEwja-_uC4d-OAxVmVqQEHaObHnkQFnoECBUQAQ&amp;usg=AOvVaw2Xm3-VobjG-Flg0-Bkki3n">https://www.google.com/url?sa=t&amp;source=web&amp;rct=j&amp;opi=89978449&amp;url=https://www.eiga.eu/uploads/documents/DOC121.pdf&amp;ved=2ahUKEwja-_uC4d-OAxVmVqQEHaObHnkQFnoECBUQAQ&amp;usg=AOvVaw2Xm3-VobjG-Flg0-Bkki3n</a>
Przewodnik EIGA: WYTYCZNE DOTYCZĄCE PRODUKCJI WODORU NA MAŁĄ SKALĘ <a href="https://www.google.com/url?sa=t&amp;source=web&amp;rct=j&amp;opi=89978449&amp;url=https://www.eiga.eu/ct_documents/doc246-pdf/&amp;ved=2ahUKEwja-_uC4d-OAxVmVqQEHaObHnkQFnoECBYQAQ&amp;usg=AOvVaw1ue2JTdrcuiEf8Qz9O5yME">https://www.google.com/url?sa=t&amp;source=web&amp;rct=j&amp;opi=89978449&amp;url=https://www.eiga.eu/ct_documents/doc246-pdf/&amp;ved=2ahUKEwja-_uC4d-OAxVmVqQEHaObHnkQFnoECBYQAQ&amp;usg=AOvVaw1ue2JTdrcuiEf8Qz9O5yME</a>
Przewodnik NFPA: podstawowe zabezpieczenia dotyczące wytwarzania, instalacji, przechowywania, przesyłu rurociągami, użytkowania i obchodzenia się z wodorem w postaci sprężonego gazu <a href="https://www.google.com/url?sa=t&amp;source=web&amp;rct=j&amp;opi=89978449&amp;url=https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-2-standard-development/2&amp;ved=2ahUKEwi-1L724d-OAxW4KvsDHU5HlzYQFnoECAkQAQ&amp;usg=AOvVaw3X4ls3hYFY0_tlrRBlw7D8">https://www.google.com/url?sa=t&amp;source=web&amp;rct=j&amp;opi=89978449&amp;url=https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-2-standard-development/2&amp;ved=2ahUKEwi-1L724d-OAxW4KvsDHU5HlzYQFnoECAkQAQ&amp;usg=AOvVaw3X4ls3hYFY0_tlrRBlw7D8</a>





#### iv. Warsztaty techniczne HYPOP

##### Warsztaty techniczne: Hiszpania

Dwa warsztaty zorganizowane w Hiszpanii przez Centro Nacional de Hidrogeno składały się z prezentacji na temat projektu HYPOP oraz dyskusji z uczestnikami, wśród których przeważali przedstawiciele przedsiębiorstw. Najważniejsze wyniki tych warsztatów dotyczyły głównych wyzwań/barier napotkanych podczas wykazywania bezpieczeństwa technologii wodorowych.

Główne wyzwania i bariery zostały podsumowane w następujących kategoriach:

- **Wiedza:** jako problem wskazano również brak informacji i świadomości (głównie ze strony administracji), dostępność wcześniejszych infrastruktur oraz brak precedensów.
- **Opinia publiczna:** wiarygodność, świadomość społeczna (zwalczanie fałszywych mitów, podnoszenie świadomości społecznej, że H<sub>2</sub> towarzyszy nam od dziesięcioleci) oraz kwestie społeczne.
- **Regulacje i certyfikacja:** brak konkretnych regulacji, brak jednolitych konkretnych regulacji, certyfikacja, znormalizowane najlepsze praktyki, jednorodność.
- **Zapobieganie szkodom środowiskowym.**
- **Kwestie techniczno-ekonomiczne:** koszty, kwestie ekonomiczne, popyt, wykorzystanie technologii, godziny pracy maszyn, przewidywanie degradacji urządzeń magazynowych, projektowanie obiektów, magazynowanie, dystrybucja, zbliżanie wodoru do ludzi poprzez HRS.
- **Bezpieczeństwo:** niskie świadomość w zakresie bezpieczeństwa i trudności w wykrywaniu wycieków wodoru były kolejnymi poruszonymi tematami. Ogólne aspekty tego tematu, takie jak strefy wybuchowe, zakres palności wodoru, wartości ciśnienia podczas



wytwarzania i magazynowania wodoru, brak danych dotyczących wcześniejszych wypadków (w celu potwierdzenia poziomu bezpieczeństwa). Opracowywanie, rozpowszechnianie i stosowanie pasywnych i aktywnych środków bezpieczeństwa.

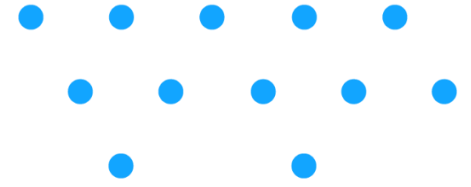
## Warsztaty techniczne: Włochy

Warsztaty we Włoszech odbyły się podczas targów Hydrogen Expo Piacenza. Warsztaty zostały zorganizowane przez ENVIPARK we współpracy z Włoskim Stowarzyszeniem Wodoru i Ogniw Paliwowych (H2IT) i wzięły w nich udział prywatne firmy oraz organy publiczne.

Zorganizowano okrągły stół, aby omówić główne bariery napotymane przez podmioty zainteresowane sektorem wodorowym we Włoszech. Jako główne problemy wskazano niewielkie doświadczenie i świadomość organów publicznych w zakresie wodoru oraz niepewność co do interpretacji i stosowania istniejących przepisów bezpieczeństwa na szczeblu krajowym.

W trakcie dyskusji zebrano główne wnioski prelegentów i publiczności, aby opracować prawdopodobny scenariusz rozmów z organami ds. bezpieczeństwa. Główne kroki zostały przedstawione poniżej:

- **Przedstawienie projektu (bezpieczeństwo):** Przedstawienie projektu dowództwu straży pożarnej, ułatwiając jego zrozumienie i przyspieszając proces zatwierdzenia.
- **Odniesienia normatywne:** Przegląd wraz ze strażą pożarną, które dekrety ministerialne i przepisy mają zastosowanie do poszczególnych części instalacji.
- **Kwestie krytyczne:** Analiza potencjalnych krytycznych aspektów projektu i określenie odpowiednich środków zaradczych.
- **Potrzeby:** Wdrożenie istniejących przepisów bezpieczeństwa, wprowadzających konkretne warunki dla każdego możliwego rozmiaru projektu i zainstalowanych technologii.
- **Narzędzia:** Wymóg przeprowadzenia oceny ryzyka i określenie pożądanej metodologii.
- **Podejście:** Rozważenie prawdopodobieństwa wystąpienia scenariuszy wypadków zamiast ich powagi.





## Warsztaty techniczne: Belgia

CLUSTER TWEED zorganizował warsztaty online z udziałem firmy specjalizującej się w usługach związanych z ochroną środowiska i bezpieczeństwem, prywatnej firmy, która wdrożyła projekt wodorowy w **sieci sklepów spożywczych**, firmy zajmującej się dystrybucją gazu i energii elektrycznej oraz **Wolnego Uniwersytetu w Brukseli**. CLUSTER TWEED poprowadził prezentację poświęconą aktualnej sytuacji w Belgii i krajach sąsiednich. Sesja zakończyła się krótką sesją pytań i odpowiedzi, podczas której podkreślono, że głównym problemem w kwestii bezpieczeństwa projektów wodorowych nie jest aspekt techniczny, ale raczej akceptacja zainteresowanych stron. W związku z niejasnymi ramami administracyjnymi w Walonii organy publiczne generalnie obawiają się tej nowej technologii. Ponieważ administracja nie ma doświadczenia w zakresie wodoru, często odwołuje się do przepisów SEVESO, nawet w przypadku małych projektów. Ponieważ nie ma konkretnych kryteriów akceptacji, stosuje się kryteria SEVERO, które są bardzo restrykcyjne w przypadku projektów wodorowych, takich jak stacje tankowania wodoru. Wszyscy uczestnicy zgodzili się, że **szkolenia i podnoszenie świadomości wśród organów władzy są niezbędne**, a przemysł może przede wszystkim włączyć się w ten proces.

## Warsztaty techniczne: Bułgaria

Warsztaty bułgarskie odbyły się w Bułgarskiej Akademii Nauk w Sofii. Niektórzy z uczestników byli przedstawicielami następujących organizacji: Państwowej Agencji Meteorologii i Nadzoru Technicznego, Bułgarskiej Akademii Nauk, różnych uniwersytetów, gmin oraz Krajowej Służby Pożarniczej i Ochrony Ludności.

Ze względu na znaczne luki regulacyjne w Bułgarii podczas warsztatów omówiono ogólnie główne potrzeby, którymi należy się zająć. Krajowa Służba Pożarnicza i Ochrony Ludności poinformowała uczestników o wszystkich wymogach prawnych i regulacyjnych oraz przedstawiła praktyczne przykłady związane z produkcją, magazynowaniem i wykorzystaniem wodoru. Następnie uczestnicy wyrazili opinię, że władze państwowe powinny przyjąć proaktywne podejście i szybciej wprowadzać normy prawne, aby umożliwić przedsiębiorstwom stosowanie wodoru na dużą skalę. Jako przykład kolejnych kroków, które zostaną podjęte w Bułgarii, zostanie powołana grupa robocza ekspertów



zajmująca się wyłącznie wydawaniem pozwoleń na projekty związane z wodorem. Uczestnicy wyrazili nadzieję, że grupa ta zapewni pozytywny impuls dla projektów związanych z wodorem i ich pozwoleń.

## Warsztaty techniczne: Polska

Celem warsztatów było zapoznanie uczestników z projektem HYPOP (Hydrogen Public Opinion and Acceptance) oraz zainicjowanie dogłębnej, konstruktywnej dyskusji międzyregionalnej na temat potencjału i wyzwań związanych z gospodarką wodorową. W spotkaniu wzięli udział przedstawiciele różnych sektorów – przemysłu, administracji publicznej i ekspertów ds. środowiska. Takie międzysektorowe grono zapewniło całościowe spojrzenie na rozwój gospodarki wodorowej.

Podczas sesji dyskusyjnej uczestnicy podzielili się doświadczeniami, potrzebami i wyzwaniami związanymi z realizacją projektów wodorowych. Zidentyfikowano następujące kluczowe kwestie:

- Złożoność i brak przejrzystości procedur administracyjnych; brak jednolitych standardów lokalnych
- Niewystarczające kompetencje administracyjne w zakresie technicznych i prawnych aspektów instalacji wodorowych
- Brak spójnych narzędzi komunikacji publicznej i mechanizmów angażowania obywateli,
- Niewykorzystany potencjał synergii z projektami finansowanymi przez UE,
- Potrzeba ujednoczenia wytycznych dla regionu pomorskiego.



#### v. Analiza techniczna wymagań bezpieczeństwa i barier: uzupełnienie z HYPOP D2.1

Informacje zawarte w tej części załącznika mają na celu uzupełnienie analizy technicznej wymagań bezpieczeństwa dla projektów wodorowych, która znajduje się w D2.1. Prace te zostały przeprowadzone (w tym w przypadku uzyskiwania pozwoleń) równoległe z organizacją warsztatów angażujących zainteresowane strony. **Dalsze informacje, wyniki i porównania dla innych krajów można znaleźć w HYPOP Deliverable 2.1.**

### CHORWACJA

Chorwacja nie posiada obecnie specjalnych ram prawnych dotyczących wodoru w sektorach przemysłowym, transportowym i mieszkaniowym. Stosowane są istniejące przepisy dotyczące gazów palnych, bezpieczeństwa budowlanego i energii, często w połączeniu z dyrektywami UE. W przypadku transportu i zastosowań przemysłowych przestrzegane są przepisy UE, natomiast w sektorze mieszkaniowym wodór nadal znajduje się w fazie pilotażowej.

Główne wyzwania, z jakimi borykają się zainteresowane strony w zakresie pozwoleń związanych z wodorem, obejmują:

- brak jasnych i konkretnych ram prawnych;
- dodatkowe wymogi bezpieczeństwa;
- różnice w interpretacjach i procedurach między gminami i powiatami.

#### Ogólne wymagania bezpieczeństwa

Limity ilości substancji niebezpiecznych, które muszą być przechowywane w miejscu instalacji, należy sprawdzić zgodnie z **załącznikiem IA do rozporządzenia w sprawie zapobiegania poważnym awariom związanym z substancjami niebezpiecznymi (OG, 44/14, 78/15, 31/17, 45/17)**:

*Tabela23 Graniczne ilości substancji niebezpiecznych z rozporządzenia w sprawie zapobiegania poważnym awariom związanym z substancjami niebezpiecznymi*

Numer seryjny	Substancja niebezpieczna	Dolne graniczne ilości substancji niebezpiecznych (w tonach)	
		Małe ilości	Duże ilości



Załącznik IA, część 2			
15	Wodór	5	50

Ponadto, ponieważ wodór jest zdefiniowany jako substancja niebezpieczna, która w przypadku wycieku może spowodować powstanie atmosfery wybuchowej i potencjalnych wybuchów, określono strefy zagrożenia i odległości bezpieczeństwa. Ponieważ chorwackie przepisy prawne nie zawierają obecnie regulacji określających odległości bezpieczeństwa zbiorników sprężonego wodoru od innych budynków i źródeł ognia, **zastosowanie ma norma NFPA-2/2020**, której wartości podano poniżej:

*Tabela24 Odległości bezpieczeństwa zgodnie z normą NFPA-2/2020 (z Chorwacji)*

RODZAJE POTENCJALNYCH OBIEKTÓW W POBLIŻU Cysterny z wodorem sprężonym („TUBE TRAILER”)	MINIMALNA ODLEGŁOŚĆ OD ZBIORNIKA SPRĘŻONEGO WODORU (m)
BUDYNKI ODPORNE NA OGNIE	5,8
BUDYNKI ŁATWOPALNE LUB O NISKIEJ ŁATWOPALNOŚCI	5,8
ZAPARKOWANE POJAZDY	7,3
DROGI PUBLICZNE, KOLEJE I INNE POWIERZCHNIE NALEŻĄCE DO OSÓB TRZECICH	14
ZBIORNIKI PŁYNNEGO WODORU	1,5
MIEJSCA ZGROMADZEŃ PUBLICZNYCH	14
OTWARTE ZAPROSZENIA	14
ZBIORNIKI Z PŁYNNYM TLENEM	5
ZBIORNIKI NA PŁYNY ŁATWOPALNE	5,8



RODZAJE POTENCJALNYCH OBIEKTÓW W POBLIŻU Cysterny z wodorem sprężonym („TUBE TRAILER”)	MINIMALNA ODLEGŁOŚĆ OD ZBIORNIKA SPRĘŻONEGO WODORU (m)
ZBIORNIKI PODZIEMNE ZAWORY ODDECHOWE	5,8
PŁYNY PALNE	5,8
ŁATWOPALNE MATERIAŁY STAŁE (MAGAZYNOWANIE PALIW) MATERIAŁY STAŁE)	14
WCIĄGACZE SPRĘŻARKI POWIETRZA	14
INNE KONSTRUKCJE	14

## CYPR

Zaangażowanie interesariuszy doprowadziło do analizy głównego projektu H<sub>2</sub>realizowanego na Cyprze. **Projekt GreenH2CY** jest jedną z niewielu inicjatyw na Cyprze, która integruje **produkcję, magazynowanie i wykorzystanie wodoru odnawialnego specjalnie dla transportu drogowego**. Projekt, finansowany w ramach **konkursu Funduszu Innowacji 2022**, ma na celu uwzględnienie w tym samym miejscu:

- Instalację i eksploatację **elektrolizera z membraną wymiany protonów (PEM)** o mocy **2 megawatów (MW)**, składającego się z dwóch stosów elektrolizatorów o mocy 1 MW (zdolność produkcyjna 150 ton/rok);
- **magazyn wodoru** składający się z dwóch jednostek magazynowych (2 × 500 kg);
- **Stację tankowania wodoru** w tej samej lokalizacji.



Uczestnicy projektu od ponad dwóch lat są zaangażowani w **proces uzyskiwania pozwoleń**, napotykając poważne trudności ze względu na **brak wiedzy na temat wodoru wśród władz**, zarówno na szczeblu lokalnym, jak i krajowym. Natomiast **opinia publiczna i społeczność lokalna bardzo pozytywnie oceniają** projekt, opisując go jako szansę na dekarbonizację sektora transportowego.

Future Fuels Ltd, koordynator projektu, wniósł do projektu HYPOP swoje spostrzeżenia dotyczące **bezpieczeństwa i procedur uzyskiwania pozwoleń**.

Z **punktu widzenia bezpieczeństwa straż pożarna** jest organem właściwym do wydawania pozwoleń związanych z bezpieczeństwem. Ponieważ **nie ma konkretnych wytycznych technicznych ani przepisów dotyczących wodoru**, jedynym znanym odniesieniem regulacyjnym jest **dyrektywa SEVESO**. Jednak ze względu na jej **nieadekwatność do małych projektów pilotażowych** (poniżej progu 5 ton) i **rygorystyczne wymagania bezpieczeństwa**, ostatecznie została ona rozważona, ale **nie zastosowana**.

Zamiast tego procedura obejmowała analizę **istniejących wytycznych dotyczących paliw konwencjonalnych** oraz przedłożenie straży pożarnej **raportu bezpieczeństwa**, zawierającego wyniki **oceny ryzyka** podkreślające **ryzyko wybuchu związane z magazynowaniem wodoru** oraz **wymagane odległości bezpieczeństwa** między magazynem a zewnętrznymi granicami terenu.

## REPUBLIKA CZESKA

**Regionalne straże pożarne** (na poziomie okręgów) są **organami właściwymi w zakresie bezpieczeństwa**. Obecnie **nie ma żadnych specjalnych grup roboczych ani inicjatyw mających na celu gromadzenie najlepszych praktyk i dzielenie się doświadczeniami**. W praktyce **każdy projekt jest traktowany jako odrębna sprawa**.

W chwili obecnej praktyczne doświadczenia w zakresie mobilności wodorowej w kraju opierają się na czterech stacjach tankowania wodoru o ciśnieniu 700 barów: jednej w Ostrawie, obsługiwanej przez VÍTKOVICE, a.s., dwóch (jednej w Pradze i jednej w Litvinovie), obsługiwanych przez ORLEN Unipetrol, oraz jednej w pobliżu Pragi, obsługiwanej przez ČEPRO, a.s.

W Czechach istnieją wytyczne dotyczące rozwoju stacji tankowania wodoru. Można je sprawdzić pod następującym linkiem: <https://hzscr.gov.cz/clanek/metodika-vystavby-a-provozu-plnicich-stanic-stlaceneho-vodiku-pro-mobilni-zarizeni.aspx>.

Poniżej przedstawiono główne cechy wytycznych dotyczących stacji tankowania wodoru.



Wytyczne te zostały opracowane w związku z brakiem oficjalnych przepisów i w związku z tym pełnią rolę de facto normy. Określają one metodologię ustalającą podstawowe warunki budowy nowych stacji tankowania sprężonego wodoru dla urządzeń mobilnych, w szczególności pojazdów transportowych.

Opisują one również szereg metod – stosowanych indywidualnie lub łącznie – służących zapobieganiu wypadkom, ograniczaniu szkód oraz procedurom reagowania w sytuacjach awaryjnych w przypadku wystąpienia atmosfery łatwopalnej lub wybuchowej. Dokument został opracowany we współpracy między organami publicznymi i prywatnymi oraz niezależną organizacją certyfikacyjną TÜV NORD i zawiera przepisy dotyczące zarówno bezpieczeństwa przeciwpożarowego, jak i procedur wydawania zezwoleń.

W zakresie wyboru lokalizacji, projektowania, budowy, uruchomienia, eksploatacji i konserwacji dokument opiera się na doświadczeniach podobnych zakładów i przepisach dotyczących CNG i LPG, a także na wnioskach wyciągniętych z projektowania, budowy, eksploatacji i konserwacji pierwszej (i jak dotąd jedynej) stacji tankowania sprężonego wodoru w Neratovicach oraz na uznanych międzynarodowych normach technicznych przyjętych przez Republikę Czeską. Dokument **nie** obejmuje produkcji wodoru na miejscu ani wykorzystania wodoru ciekłego. Niemniej jednak metodologia dotyczy różnych typów stacji – publicznych lub prywatnych, z możliwością powolnego lub szybkiego tankowania.

### Struktura wytycznych

- Definicje, terminologia i obowiązujące odniesienia normatywne
- Wymagania techniczne i administracyjne dotyczące składania projektu stacji tankowania
- Zalecenia dotyczące charakterystyki terenu i projektu stacji
- Testy walidacyjne systemu

Struktura ta odzwierciedla **normatywne podejście do bezpieczeństwa**, zapewniając projektantom jasne wytyczne. Główne odniesienia dotyczące bezpieczeństwa przeciwpożarowego przy projektowaniu stacji tankowania wodoru to:



- ČSN 73 0802 (bezpieczeństwo przeciwpożarowe budynków nieprodukcyjnych)
- ČSN 73 0804 (bezpieczeństwo przeciwpożarowe budynków produkcyjnych)

Dodatkowe kluczowe odniesienie: **ISO/TS 19880-1 – Wodór gazowy – Stacje tankowania – Część 1: Wymagania ogólne.**

#### Ogólne wymagania bezpieczeństwa

- **Minimalna odległość między dystrybutorami** musi zapobiegać nakładaniu się stref zagrożenia wybuchem.
- **Wszystkie elementy stacji** muszą być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi spowodowanymi przez pojazdy silnikowe.
- **Rurociągi wodorowe** muszą być zgodne z normą **EN 13480-3 – Przemysłowe rurociągi metalowe, część 3: Projektowanie i obliczenia.**
- **Zbiorniki ciśnieniowe** muszą spełniać wymagania **normy EN ISO 11114-4 – Butle gazowe do transportu gazów, część 4: Metody badań doboru stali odpornych na kruchość wodorową.**
- **Dystrybutory** muszą być zainstalowane na zewnątrz pod zadaszeniem wykonanym w całości z materiałów niepalnych (w tym pokryciem dachowym).

*Tabela25 Wymagane odległości bezpieczeństwa w Czechach*

Kategoria odległości	Odległość (m)
Od źródeł ciepła i otwartego ognia	5
Strefa zagrożenia pożarem i wybuchem spowodowana przez urządzenia magazynowe i ciśnieniowe	5



Kategoria odległości	Odległość (m)
Od dróg publicznych i parkingów	8
Od budynków z otwartym ogniem, powierzchniami/budynkami palnymi i wlotami wentylacyjnymi	8
Z zbiorników i magazynów LPG	8
Z urządzeń CNG i LNG	8
Z kompresora	3

**Dokumentacja wymagana do uzyskania pozwolenia na budowę i zatwierdzenia projektu** (szczegółowa lista kontrolna znajduje się w wytycznych; najważniejsze odniesienia obejmują):

- **Ustawa nr 133/1985 Coll.** o ochronie przeciwpożarowej (z późniejszymi zmianami)
- **Ustawa nr 505/1990 Coll.** o metrologii (z późniejszymi zmianami)
- **ČSN 1127-1** – Atmosfery wybuchowe – Zapobieganie wybuchom i ochrona przed wybuchami – Część 1: Podstawowe pojęcia i metodologia
- **Rozporządzenie nr 499/2006 Coll.** w sprawie dokumentacji budowlanej (z późniejszymi zmianami)

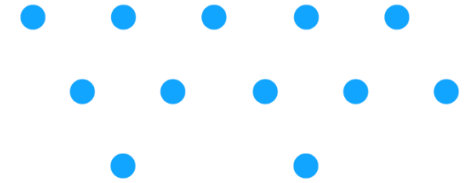


- **Rozporządzenie nr 169/2016 Coll.** w sprawie zakresu dokumentacji dla zamówień publicznych na roboty budowlane oraz wykazu robót budowlanych, dostaw i usług, zmienione **rozporządzeniem nr 405/2017 Coll.**
- **ISO 26142** – Urządzenia do wykrywania wodoru – Zastosowania stacjonarne
- **IEC 61000** – Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)
- **ČSN 73 0810** – Bezpieczeństwo pożarowe budynków – Przepisy ogólne

Nie ma natomiast żadnych dowodów na istnienie wytycznych lub szczegółowych przepisów dotyczących zakładów produkcji wodoru, jak wskazano pod poniższym linkiem: <https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/hydrogen-landscape/policies-and-standards/national-policy> Niemniej jednak w kraju przewiduje się pewne procesy produkcji wodoru: Green Mine (2027, Most, region Ústí nad Labem), gdzie w ramach projektu Green Mine zostanie zbudowany elektrolizer (roczna produkcja 360 ton); projekt, w którym wodór wytwarzany przez elektrolizer jest łączony z nadwyżką energii wytwarzanej przez fotowoltaikę. Projekt powinien zostać zrealizowany w 2027 r. i jest zarządzany przez ORLEN Unipetrol (roczna produkcja 4500 ton).

Obecnie w Czechach realizowanych jest tylko kilka projektów związanych z wodorem. Istnieje kilka stacji tankowania wodoru (HRS), które zostały zbudowane i są eksploatowane, a także projekt dotyczący produkcji wodoru za pomocą elektrolizerów zasilanych przez park fotowoltaiczny. Projekty te mają jednak wspólną cechę – są zlokalizowane na **obszarach przemysłowych**, często na **terenach prywatnych przedsiębiorstw**, zwłaszcza z **sektora chemicznego**. Ma to wpływ zarówno na **rodzaj zaangażowanych organów publicznych**, jak i na ich **doświadczenie i postrzeganie** takich projektów, a także podkreśla ogólny **brak doświadczenia** w kontekście publicznym lub miejskim.

Projekt produkcji wodoru, który obecnie oczekuje na uzyskanie pozwolenia, nie napotyka większych trudności w zakresie procedur bezpieczeństwa, głównie dlatego, że znajduje się w pobliżu obszarów, gdzie przedsiębiorstwa chemiczne rutynowo pracują z innymi gazami wybuchowymi. **Jedynym wyzwaniem**, z jakim spotkała się spółka, była konieczność wdrożenia **dotychczasowych norm i środków bezpieczeństwa** w celu rozwiania obaw **strażaków** związanych z bliskością **linii kolejowych**.



Obecnie w Czechach nie ma **żadnych szczegółowych krajowych lub regionalnych przepisów bezpieczeństwa** dotyczących projektów wodorowych – ani dla HRS bez produkcji na miejscu, ani dla zakładów produkcji wodoru. W przypadku istniejących HRS stosuje się **standardowe przepisy** dotyczące **stacji tankowania gazu ziemnego i LPG** (wraz z wytycznymi, które funkcjonują jako metodologia). Ponadto wymagana jest instalacja **detektorów gazu**, odpowiednie **strefowanie ATEX** oraz **analiza ryzyka**. Stosuje się pewne **normatywne odległości bezpieczeństwa**, ale można je **zmienić w drodze rozmów ze strażą pożarną**, pod warunkiem że nadal spełnione są **minimalne kryteria bezpieczeństwa**. Jest to ogólnie możliwe dzięki **kompetencjom technicznym i otwartości straży pożarnej**, która jest przyzwyczajona do pracy w środowisku przemysłowym.

## LITWA

Jedna z głównych przedstawicielek projektu Portu w Kłajpedzie, obecnie najbardziej zaawansowanej inicjatywy wodorowej na Litwie, zaangażowała się i podzieliła swoją opinią. Projekt zakłada budowę zakładu produkcji wodoru i stacji tankowania na terenie portu. Wyposażona w elektrolizer o mocy 1,25 MW instalacja będzie produkować około 531 kg wodoru dziennie i będzie dysponować magazynem na miejscu o pojemności 1500 kg. Wodór będzie dystrybuowany za pośrednictwem dwóch urządzeń: jednego otwartego dla publiczności i jednego przeznaczonego do tankowania pojazdów portowych (statków hybrydowych wykorzystywanych do zbiórki i transportu odpadów).

Inicjatywa ta stała się również okazją do powołania grupy roboczej, której celem jest opracowanie krajowych ram regulacyjnych dotyczących wodoru na Litwie.

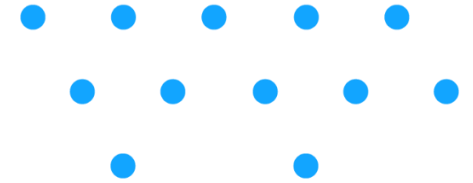
Obecnie na Litwie nie ma szczegółowych przepisów dotyczących wodoru. W związku z tym wszystkie procedury wydawania zezwoleń – obejmujące kwestie bezpieczeństwa, ochrony środowiska i inne aspekty – są opracowywane ad hoc w porozumieniu z odpowiednimi organami. Cały proces wydawania zezwoleń trwał ponad 2,5 roku i obecnie znajduje się w końcowej fazie.

Kiedy władze portowe rozpoczęły ten proces w 2023 r., zaproponowały dwie możliwe lokalizacje instalacji. Jedna z nich została odrzucona przez straż pożarną, ponieważ znajdowała się zbyt blisko obszaru wykorzystywanego do przeładunku nawozów i dlatego została uznana za niebezpieczną.

**Kluczowe kwestie dotyczące bezpieczeństwa:**



- Aby zastosować niemieckie normy dotyczące bezpiecznej budowy zakładów i zarządzania bezpieczeństwem pracy, konieczne było złożenie formalnego wniosku. W szczególności na początku tego roku minister energii wydał rozporządzenie zezwalające na stosowanie niemieckich norm w zakresie projektowania technicznego projektów związanych z wodorem. Obowiązują następujące normy:
  - **Wytyczne dotyczące instalacji stacji tankowania wodoru** (niem. *Genehmigungsleitfaden Wasserstoff-Tankstellen*);
  - **Ogólne wymagania bezpieczeństwa dla stacji tankowania wodoru** zgodnie z normą ISO 19880-1:2020 (angielski: *Gaseous hydrogen – Fuelling stations – Part 1: General requirements*);
  - **Załącznik 1 do niemieckiego rozporządzenia w sprawie substancji niebezpiecznych** (niem. *Gefahrstoffverordnung*);
  - **TRGS 720: Niebezpieczne mieszaniny wybuchowe – informacje ogólne** (niem. *Gefährliche explosionsfähige Gemische – Allgemeines*);
  - **TRGS 727: Zapobieganie zagrożeniom zapłonu spowodowanym ładunkami elektrostatycznymi** (niemiecki: *Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen*);
  - **TRGS 745: Przenośne zbiorniki sprężonego gazu – napełnianie, przechowywanie, transport wewnętrzny i opróżnianie** (niem. *Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren*).
- Zlecono przeprowadzenie ilościowej oceny ryzyka (QRA), która między innymi doprowadziła do wprowadzenia wymogu zachowania odległości bezpieczeństwa wynoszącej około 5 m wokół dedykowanych rurociągów wodorowych. Obowiązujące na Litwie przepisy dotyczą jedynie ciśnień 200 barów, dlatego też w przypadku stref obsługi wodorowej o wyższym ciśnieniu konieczne było przeprowadzenie QRA.
- Nie zgłoszono konkretnych wymagań dotyczących betonowych skrzynek lub ścian oddzielających urządzenia, z wyjątkiem ściany chroniącej przed wybuchem po stronie terminalu.
- Obecnie trwają dyskusje na temat dodatkowych odległości bezpieczeństwa.



- Wymagane było przeprowadzenie analizy HAZOP w celu zidentyfikowania wszystkich potencjalnych zagrożeń.
- Zorganizowano publiczne prezentacje, aby odpowiedzieć na pytania społeczności. Wiele z nich pochodziło od grup ekologicznych zaniepokojonych zużyciem wody i ryzykiem wybuchu. Wielokrotnie konsultowano się z lokalnymi władzami i przedstawiono przykłady referencyjne z Wielkiej Brytanii i Japonii.

## MALTA

W przypadku Malty nie znaleziono żadnych informacji na temat konkretnych procedur dotyczących wodoru ani ogólnych procedur. Znaleziono następujące elementy bezpieczeństwa:

- Ustawa XXVII z 2000 r. z późniejszymi zmianami, ustawa o urzędzie ds. bezpieczeństwa i higieny pracy, rozdział 424 prawa maltańskiego;
- S.L. 424.15 Przepisy dotyczące miejsca pracy (minimalne wymagania w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy);
- S.L. 424.19 Przepisy dotyczące kontroli zagrożeń poważnymi awariami;
- S.L. 424.29 Przepisy dotyczące miejsca pracy (minimalne wymagania w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy na placach budowy) uchylone ogłoszeniem prawnym 88 z 201

## SŁOWACJA

HYPOP zaangażowało przedstawiciela regionu Koszyce na Słowacji. Władze regionalne rozpoczęły prace nad wodorem około pięć lat temu i pomogły w opracowaniu regionalnej strategii wodorowej. Zainteresowana strona dołączyła jako koordynator niedawno sfinansowanego projektu **EASTGateH<sub>2</sub> Valley**, którego celem jest zainstalowanie **elektrolizera wodoru o łącznej mocy 4 MW** wraz ze **stacją tankowania wodoru (HRS)**.

### Harmonogram projektu

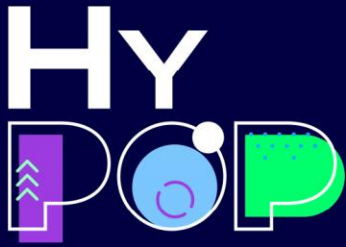
Projekt zostanie zrealizowany w dwóch głównych fazach:



1. **Faza 1** – instalacja pierwszego elektrolizera o mocy 2 MW (proces uzyskiwania pozwoleń jest już zaawansowany) oraz podjęcie wstępnych kroków w celu utworzenia stacji tankowania wodoru w tej samej lokalizacji;
2. **Faza 2** – instalacja drugiej jednostki o mocy 2 MW.

#### **Kluczowe informacje dotyczące bezpieczeństwa:**

- **Nie istnieje jeszcze specjalny krajowy kodeks bezpieczeństwa dotyczący wodoru.** Wymaga to zatem *indywidualnego* podejścia do *każdego projektu*.
- Stowarzyszenia branżowe i Ministerstwo Gospodarki pracują nad nowymi przepisami.
- W przypadku obecnej doliny wymagania bezpieczeństwa są oceniane przez **Urząd Inspekcji Technicznej i Radę Miasta**, przy wsparciu **straży pożarnej**, która pomaga w przygotowaniu planu zarządzania bezpieczeństwem i oceny ryzyka zawartych w dokumentacji technicznej.



 [www.hypop-project.eu](http://www.hypop-project.eu)

 [info@hypop-project.eu](mailto:info@hypop-project.eu)

#HYPOPPROJECT



Let's make  
the hydrogen  
revolution

