



Evropský program školení školitelů pro zásahové jednotky

## Přednáška 7

# Úniky nezapáleného vodíku ve venkovním prostředí a jejich zmírňování

## ÚROVEŇ I

### Hasič

Informace uvedené v této přednášce jsou určeny pro úroveň **Hasič** a vyšší.

Toto téma je k dispozici také na úrovních II, III a IV

Tato přednáška je součástí balíčku školicích materiálů s materiály na úrovních I–IV: Hasič, velitel posádky, velitel zásahu a důstojník specialista. Viz úvod k přednášce týkající se kompetencí a očekávaných výsledků studia

Poznámka: tyto materiály jsou majetkem konsorcia HyResponder a měly by být podle toho uváděny, výstupy HyResponse byly použity coby základ





### Upozornění

Navzdory pečlivosti, která byla věnována přípravě tohoto dokumentu, platí následující odmítnutí odpovědnosti: informace v tomto dokumentu jsou poskytovány, jak stojí a leží, a jejich autoři neposkytují jakoukoli záruku, že tyto informace jsou vhodné pro jakýkoli konkrétní účel. Uživatel využívá tyto informace na vlastní nebezpečí a odpovědnost.

Dokument vyjadřuje pouze názory autorů. Společný podnik pro palivové články a vodík a Evropská unie nenesou žádnou odpovědnost za případné použití informací uvedených v tomto dokumentu.

### Poděkování

Projekt byl financován Společným podnikem pro palivové články a vodík 2 na základě grantové dohody č. 875089. Společný podnik získává podporu z programu Evropské unie pro výzkum a inovace Horizont 2020 a z Velké Británie, Francie, Rakouska, Belgie, Španělska, Německa, Itálie, Česka, Švýcarska a Norska.



## Souhrn

Po nežádoucím úniku vodíku dochází k mísení uniklého plynu se vzduchem, čímž vznikají počáteční podmínky pro nebezpečí požáru a výbuchu. K nezapáleným únikům vodíku se řadí únik stlačeného plynného vodíku skladovaného pod vysokým tlakem v systémech a infrastruktuře FCH.

## Klíčová slova

Nezapálené uvolnění, nezapálený únik, detekce

## Obsah

Souhrn.....	3
Klíčová slova.....	3
1. Cílové publikum.....	5
1.1 Popis úlohy: Hasič.....	5
1.2 Úroveň odborné způsobilosti: Hasič.....	5
1.3 Předchozí učení: Hasič.....	5
2. Úniky stlačeného vodíku.....	6
3. Pokles tlaku v zásobníku stlačeného vodíku.....	7
4. Detekce úniků vodíku.....	7
Poděkování.....	8
Literatura a odkazy.....	8



## 1. Cílové publikum

Informace uvedené v této přednášce jsou určeny pro ÚROVEŇ 1: Hasič. K dispozici jsou také přednášky na úrovních II, III a IV: velitel posádky, velitel zásahu a důstojník specialista.

Níže je uveden popis úlohy, úrovně odborné způsobilosti a očekávané znalosti na úrovni velitele posádky.

### 1.1 Popis úlohy: Hasič

Hasič je zodpovědný a očekává se, že bude schopen bezpečně provádět zásahy v osobních ochranných prostředcích, včetně dýchacích přístrojů, za použití poskytnutého vybavení, jako jsou vozidla, žebříky, hadice, hasicí přístroje, komunikační a záchranné prostředky, a to za každých klimatických podmínek, v oblastech a v nouzových situacích, u nichž lze důvodně předpokládat, že vyžadují zásah.

### 1.2 Úroveň odborné způsobilosti: Hasič

Školení v bezpečném a správném používání OOP, BA a dalšího vybavení, které se očekává, musí být podpořeno odpovídajícími znalostmi a praxí. Chování, které zajistí bezpečnost hasiče a bezpečnost ostatních kolegů, by mělo být popsáno ve standardních operačních postupech (SOP). Je vyžadována praktická schopnost dynamicky vyhodnocovat rizika pro vlastní bezpečnost a bezpečnost ostatních.

### 1.3 Předchozí učení: Hasič

EQF 2 Základní faktické znalosti v oboru práce nebo studia. Základní kognitivní a praktické dovednosti potřebné k využívání relevantních informací při plnění úkolů a řešení běžných problémů s využitím jednoduchých pravidel a nástrojů. Práce nebo studium pod dohledem s určitou mírou samostatnosti.

## 2. Úniky stlačeného vodíku

Jak je již známo z předchozích přednášek, vozidla s pohonem FC jsou vybavena palubními zásobníky vodíku s tlakem až 70 MPa a infrastruktura pro doplňování paliva pracuje s tlakem až 100 MPa [1]. Vzhledem k malé velikosti molekuly je vodík velmi náchylný k úniku. K únikům vodíku dochází převážně z ventilů a spojů [2], a to jak v interiéru, tak v exteriéru. Úniky mohou být nezapálené (tj. nereagující) nebo zapálené (tj. reagující). Přestože úplné prasknutí potrubí nebo protržení nádoby je poměrně vzácné, mělo by být považováno za věrohodný nejhorší možný scénář. Proto je třeba věnovat prevenci nežádoucího uvolňování vodíku zvláštní úsilí. Uvolnění vodíku prostřednictvím PRD nebo v důsledku prasknutí potrubí způsobuje vznik vysokotlakých proudů vodíku.

Tabulka 1 obsahuje přehled typů úniku vodíku a zařízení nebo součástí, které bývají jejich zdrojem [3].

Tabulka 1. Zdroje úniků a scénáře vypracované EIGA (2007) [3]

Zařízení/součást	Typ úniku
Potrubí	Malé dírkky, rozbočení potrubí
Příruby	Porucha těsnění, pohyby v důsledku působení tepla, průhyby materiálu
Svary	Praskliny ve svaru
Pájená spojení	Praskliny v pájce, roztavení pájky
Závitové potrubní spoje	Pohyby v důsledku působení tepla, úniky
Šroubové spoje	Netěsnost, závada těsnění, průhyby, oddělení materiálu
Hadicové spoje	Závada těsnění, oddělení materiálu, lidská chyba
Ventily	Netěsnost dřívku, závada těsnění, oddělení víka/tělesa ventilu v důsledku nárazu
Hadice	Perforace
Nástroje	Protržení prvku
Regulátory	Prasknutí diafragmy, závada těsnění, prasknutí v následných částech (přetlak)
Elektromagnetické ventily	Závada těsnění
Čerpadla	Perforace, závada těsnění
Válce	Perforace, protržení, permeační netěsnost

### 3. Pokles tlaku v zásobníku stlačeného vodíku

Studie CFD, kterou provedli Li a kol. [4], prokázala tyto skutečnosti:

- v případě uvolnění nezapáleného vodíku ze skladovacích zásobníků pod tlakem 35 MPa a 70 MPa se největší nebezpečné vzdálenosti vyskytují do 10 s po otevření TPRD a doba trvání nebezpečí spojeného s únikem vodíku je kratší než 2 min,
- deterministické nebezpečné vzdálenosti pro úniky nezapáleného vodíku z TPRD namířené svisle dolů pod vozem s pohonem FC jsou výrazně kratší než v případě volného proudění,
- jak pro veřejnost, tak pro osoby, které nejsou vybaveny tepelným ochranným oděvem, se maximální nebezpečná vzdálenost od úniku nezapáleného vodíku pohybuje od 8 do 12 m v závislosti na tlaku v zásobníku,
- aby se zajistilo, že koncentrace vodíku bude v místě přívodu vzduchu do budov vždy nižší než LFL (4 % obj.), měla by být nebezpečná vzdálenost stanovena nejméně na 11 m pro úniky 35 MPa a na 13 m pro úniky 70 MPa.

### 4. Detekce úniků vodíku

Je také důležité vědět, že v případě vodíkových bezpečnostních technologií nepředstavují senzory dokonalou detekční strategii, a to z důvodu vzlaku a difuzivity vodíku. Například ve velké hale nebo ve venkovním prostředí budou možnosti využití vodíkového senzoru značně omezené. Rozmístění senzorů je proto třeba pečlivě zvážit a k simulaci scénářů úniku použít nástroje, jako je CFD, které poskytnou informace o vhodném umístění senzorů. Pro ochranu personálu a zařízení jsou nezbytné jak pevně umístěné, tak osobní/ruční sledovací zařízení.

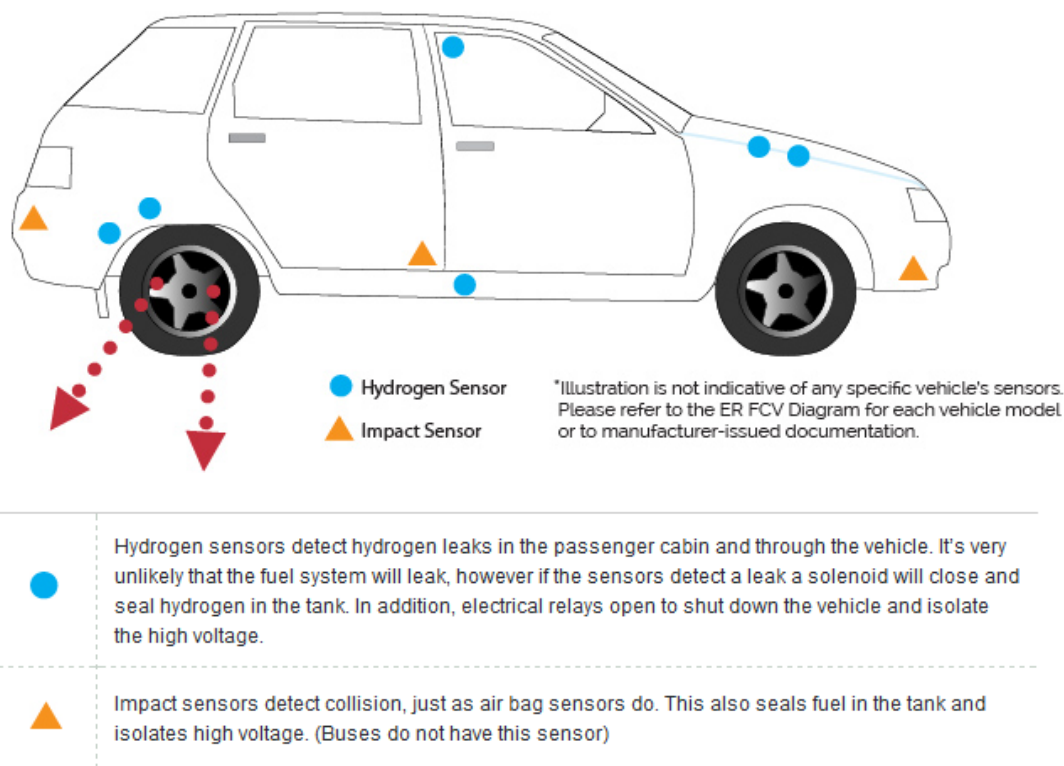
Navrhované rozmístění vodíkových senzorů je podrobně rozepsáno níže:

- místa, kde může dojít k úniku nebo rozliti vodíku,
- u vodíkových přípojek, které jsou běžně oddělené (například přípojky pro doplňování vodíku),
- místa, kde by se vodík mohl hromadit,
- v potrubích pro přívod vzduchu do budovy, pokud by jimi vodík mohl vnikat dovnitř,
- ve ventilačních šachtách budov, pokud se uvnitř budovy může uvolnit vodík.

Existují také požadavky na montáž vodíkových senzorů do vozidel s pohonem FC, které řidiče upozorní na možný únik. Rozmístění detektorů vodíku v elektrických vozidlech s pohonem na palivové články (FCEV) je na obrázku 1 znázorněno modrými body [5]:

- výfukové potrubí (řízení procesu),
- kabina pro cestující (bezpečnost),

- motor (bezpečnost),
- svazek palivových článků (bezpečnost).



Obrázek 11 Možné rozmístění vodíkových senzorů ve vozidle FCEV [5].

## Poděkování

Projekt HyResponse je všeobecně uznáván, protože zde prezentované materiály staví na původní sérii přednášek HyResponse.

## Literatura a odkazy

1. Molkov, V (2012). Fundamentals of hydrogen safety engineering (Základy bezpečnostního vodíkového inženýrství), části I a II. K dispozici na adrese: [www.bookboon.com](http://www.bookboon.com), e-kniha k bezplatnému stažení
2. Projekt HyFacts. Kapitola R. Hydrogen releases and dispersion (Uvolňování a rozptyl vodíku). K dispozici na adrese: <https://www.h2euro.org/hyfacts/category/education-training/> [přístup k datu 12.11.2020].
3. EIGA, Evropské sdružení technických plynů (2007). Stanovení bezpečnostních vzdáleností. Dokument IGC 75/07/E.
4. Li, Z, Makarov, D, Keenan, J, Molkov, V (2015). CFD studie uvolňování nezapáleného a zapáleného vodíku z TPRD pod vozidly s palivovými články. 6. mezinárodní konference o vodíkové bezpečnosti, 19.–21. října 2015, Jokohama, Japonsko.





5. CFCP, California Fuel Cells Partnership, 2014. K dispozici na adrese: <http://cafcp.org/> [přístup k datu 12.11.2020].