



European Train the Trainer Programme for Responders

## Lezione 7

# Rilasci di idrogeno all'aperto e la loro mitigazione

## Livello I

### Vigile del Fuoco

Le informazioni contenute in questa lezione sono rivolte al livello **Vigile del Fuoco** e successivi.

La lezione è disponibile anche ai livelli II, III e IV

La lezione fa parte del materiale didattico per i livelli I – IV : Vigile del Fuoco, Capo Squadra, Funzionario di Guardia e Specialista. L'introduzione della lezione riporta le competenze e aspettative di apprendimento

Nota: il materiale è proprietà del Consorzio HyResponder e dovrebbe essere riconosciuto conformemente; gli output del progetto HyResponse sono stati utilizzati come materiale di riferimento



### Dichiarazione di limitazione di responsabilità

Nonostante l'attenzione prestata durante la preparazione di questo documento, si applica la seguente dichiarazione di limitazione delle responsabilità: le informazioni in questo documento vengono fornite così come sono e non viene fornita alcuna garanzia che le informazioni siano adatte ad uno scopo particolare. L'utente utilizza le informazioni a suo esclusivo rischio e responsabilità.

Il documento riflette solo le opinioni degli autori. La FCH JU e l'Unione Europea non sono responsabili per qualsiasi uso che possa essere fatto delle informazioni ivi contenute.

### Disclaimer

*Despite the care that was taken while preparing this document the following disclaimer applies: the information in this document is provided as is and no guarantee or warranty is given that the information is fit for any particular purpose. The user thereof employs the information at his/her sole risk and liability.*

*The document reflects only the authors' views. The FCH JU and the European Union are not liable for any use that may be made of the information contained therein.*

### Ringraziamenti

Il progetto è stato finanziato dal Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) con il grant agreement N. 875089. Il JU riceve supporto dal programma di ricerca ed innovazione European Union's Horizon 2020 ed il Regno Unito, Francia, Austria, Belgio, Spagna, Germania, Italia, Repubblica Ceca, Svizzera, Norvegia.

### Acknowledgements

*This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (now Clean Hydrogen Partnership) under Grant Agreement No 875089. This Joint Undertaking receives support from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation program, Hydrogen Europe and Hydrogen Europe Research..*

## Sommario

I rilasci accidentali di idrogeno sono seguiti dalla miscelazione del gas fuoriuscito con l'aria, stabilendo così le condizioni iniziali per possibili incendi ed esplosioni. I rilasci comportano la fuoriuscita di idrogeno gassoso compresso immagazzinato ad alte pressioni nei sistemi e nelle infrastrutture FCH.

## Keywords

Rilasci, rilevazione.

## Indice

Sommario .....	3
Keywords .....	3
1. Target audience.....	5
1.1 Descrizione del ruolo: Vigile del Fuoco .....	5
1.2 Livello di competenza: Vigile del Fuoco .....	5
1.3 Prerequisiti per l'apprendimento: Vigile del Fuoco .....	5
2. Rilasci di idrogeno compresso .....	6
3. Rilascio non stazionario ( <i>blowdown</i> ) da un serbatoio di stoccaggio di idrogeno..	7
4. Rilevazione delle perdite di idrogeno .....	7
Ringraziamenti.....	9
References .....	9

## 1. Target audience

Le informazioni contenute in questa lezione sono indirizzate al Livello 1: Vigile del Fuoco. Le lezioni sono anche disponibili per i livelli II, III e IV: Capo Squadra, Funzionario di Guardia e Specialista.

La descrizione del ruolo, livello di competenza e aspettative di apprendimento per il Vigile del Fuoco sono descritte di seguito.

### 1.1 Descrizione del ruolo: Vigile del Fuoco

Un vigile del fuoco si occupa e dovrebbe essere in grado di eseguire operazioni in sicurezza con dispositivi di protezione individuale (PPE), compresi respiratori (BA), utilizzando le attrezzature fornite, come veicoli, scale, manichette, estintori, strumenti di comunicazione e di soccorso, in qualsiasi condizione climatica in aree e situazioni di emergenza che ci si può realisticamente aspettare.

### 1.2 Livello di competenza: Vigile del Fuoco

Formazione nell'uso sicuro e corretto di PPE, BA e altre attrezzature che si prevede saranno utilizzate durante le operazioni di primo intervento. I soccorritori devono essere supportati da conoscenze e pratiche adeguate. I comportamenti che proteggeranno loro e gli altri colleghi dovrebbero essere descritti dalle procedure operative standard (SOP). È richiesta la capacità pratica di valutare dinamicamente il rischio per la propria sicurezza e degli altri.

### 1.3 Prerequisiti per l'apprendimento: Vigile del Fuoco

EQF 2 Conoscenza concreta di base del campo di lavoro o di studio. Abilità cognitive e pratiche di base necessarie per l'utilizzo di informazioni rilevanti al fine di svolgere compiti e risolvere problemi di routine utilizzando regole e strumenti semplici. Lavorare o studiare sotto supervisione con una certa autonomia.

## 2. Rilasci di idrogeno compresso

Come già anticipato nelle lezioni precedenti, i veicoli con cella a combustibile (FC) sono dotati a bordo di serbatoi di stoccaggio dell'idrogeno pressurizzati fino a 70 MPa; un'infrastruttura di rifornimento opera a pressioni fino a 100 MPa [1]. A causa delle piccole dimensioni della sua molecola, l'idrogeno è soggetto a perdite/fughe. Prevalentemente i rilasci/perdite di idrogeno hanno origine da valvole e connessioni [2], che possono verificarsi sia in ambienti interni che esterni. I rilasci possono essere non innescati (cioè non reattivi) o innescati (cioè reattivi). Sebbene una rottura completa di un tubo o di un recipiente sia un evento raro, dovrebbe essere considerato come uno scenario credibile nel peggiore dei casi. Dovrebbero essere presi degli accorgimenti speciali per prevenire i rilasci accidentali di idrogeno. Un rilascio di idrogeno attraverso una PRD o dalla rottura di un tubo risulterà in un getto di gas ad alta pressione.

La Tabella 1 riassume le tipologie di perdite e le componenti che possono essere soggette a fughe di idrogeno [3].

Tabella 1. Tipologie di perdite e scenari sviluppati dall'EIGA (2007) [3]

Componente	Tipo di perdita
Tubazioni	Perforazione, rottura
Flangia	Guasto della guarnizione, movimento termico, crepe nel materiale
Giunti saldati	Frattura nella saldatura
Giunti brasati	Crepa nella saldatura, fusione della saldatura
Giunto ad unione	Movimento termico, fuga
Giunto a vite	Fuga, problemi al sigillante, crepa, spaccatura del materiale
Connessione tra tubi	Perdita da guarnizione, spaccatura del materiale, errore umano
Valvola	Perdita dallo stelo, perdita dalla guarnizione, rottura dell'incastellatura a seguito di un impatto
Tubi flessibili	Rottura da perforazione
Strumentazione	Rottura dell'elemento
Regolatori	Rottura del diaframma, perdita dalla guarnizione, rottura a valle (sovrapressione)
Valvole soleinodali	Perdita dalla guarnizione
Pompe	Perforazione, perdita dalla guarnizione
Cilindro/vessel	Perforazione, rottura, permeazione

### 3. Rilascio non stazionario (*blowdown*) da un serbatoio di stoccaggio di idrogeno

Uno studio CFD condotto da Li et al. [4] ha dimostrato che per i rilasci di idrogeno non reattivi (non innescati):

- per i rilasci di idrogeno da serbatoi di stoccaggio pressurizzati a 35 MPa e 70 MPa, le distanze più lunghe alla quale si raggiungono concentrazioni superiori all'LFL si verificano entro 10 s dall'apertura della TPRD e la durata dei rischi associati al rilascio di idrogeno è inferiore a 2 min;
- tali distanze deterministiche per i rilasci di idrogeno da una TPRD, orientati verticalmente verso il basso da un'auto FC, sono significativamente inferiori a quelle dei getti liberi;
- sia per il pubblico in generale che per i soccorritori non muniti di indumenti di protezione termica, la distanza alla quale si raggiungono concentrazioni > LFL varia da 8 a 12 m a seconda della pressione di stoccaggio;
- per garantire che la concentrazione di idrogeno sia sempre inferiore a LFL (4 vol. %) in corrispondenza della presa d'aria degli edifici, la distanza di sicurezza esterna dalla sorgente del rilascio dovrebbe essere di almeno 11 m per i sistemi di stoccaggio a 35 MPa e 13 m a 70 MPa.

### 4. Rilevazione delle perdite di idrogeno

È importante comprendere che tra le tecnologie per la sicurezza dell'idrogeno i sensori per rilevare la presenza del gas non forniscono una strategia di rilevamento completa a causa della sua galleggiabilità e diffusività. Ad esempio, un sensore di idrogeno sarà di scarsa utilità in un grande spazio confinato o all'aperto. Il posizionamento dei sensori dovrebbe essere valutato con attenzione e strumenti come le simulazioni CFD possono essere utilizzati per simulare scenari di perdita per fornire informazioni sul posizionamento dei sensori. Per la protezione del personale e delle strutture sono necessari sia monitor a postazione fissa che monitor personali/portatili.

Il posizionamento dei sensori di idrogeno suggerito è dettagliato di seguito:

- luoghi in cui sono possibili perdite o rilasci di idrogeno;
- nei punti di connessione tra sistemi ad idrogeno che sono regolarmente separate (ad esempio, porti di rifornimento di idrogeno);
- luoghi in cui potrebbe accumularsi idrogeno;
- nei condotti di aspirazione dell'aria degli edifici, se l'idrogeno può fluire all'interno dell'edificio;
- nei condotti di scarico degli edifici se all'interno dell'edificio potrebbe essere rilasciato idrogeno.

## Lezione 7: Rilasci di idrogeno all'aperto e la loro mitigazione

Ci sono anche requisiti di montaggio dei sensori di idrogeno sui veicoli FC per segnalare potenziali perdite. Le posizioni dei rilevatori di idrogeno (*hydrogen sensors*) per veicoli elettrici a celle a combustibile (FCEV) sono contrassegnate da punti blu nella Figura 1 e includono [5]:

- tubo di scarico (controllo del processo) ;
- cabina passeggeri (sicurezza);
- motore (sicurezza);
- gruppo di celle a combustibile (sicurezza).

I sensori di idrogeno rilevano le eventuali perdite di idrogeno nella cabina passeggeri e attraverso il veicolo. Una perdita dal sistema della cella a combustibile è improbabile, tuttavia, se i sensori rilevano una perdita, un solenoide si chiude e sigilla l'idrogeno all'interno del vessel. Inoltre, un relè elettrico spegne il veicolo ed isola la linea ad alto voltaggio.

I sensori di impatto (*impact sensor*), contrassegnati da triangoli arancioni nella Figura 1, rilevano la collisione, così come accade per i sensori degli airbag. L'idrogeno viene sigillato all'interno del vessel e la linea ad alto voltaggio viene isolata. Gli autobus non hanno questi sensori.

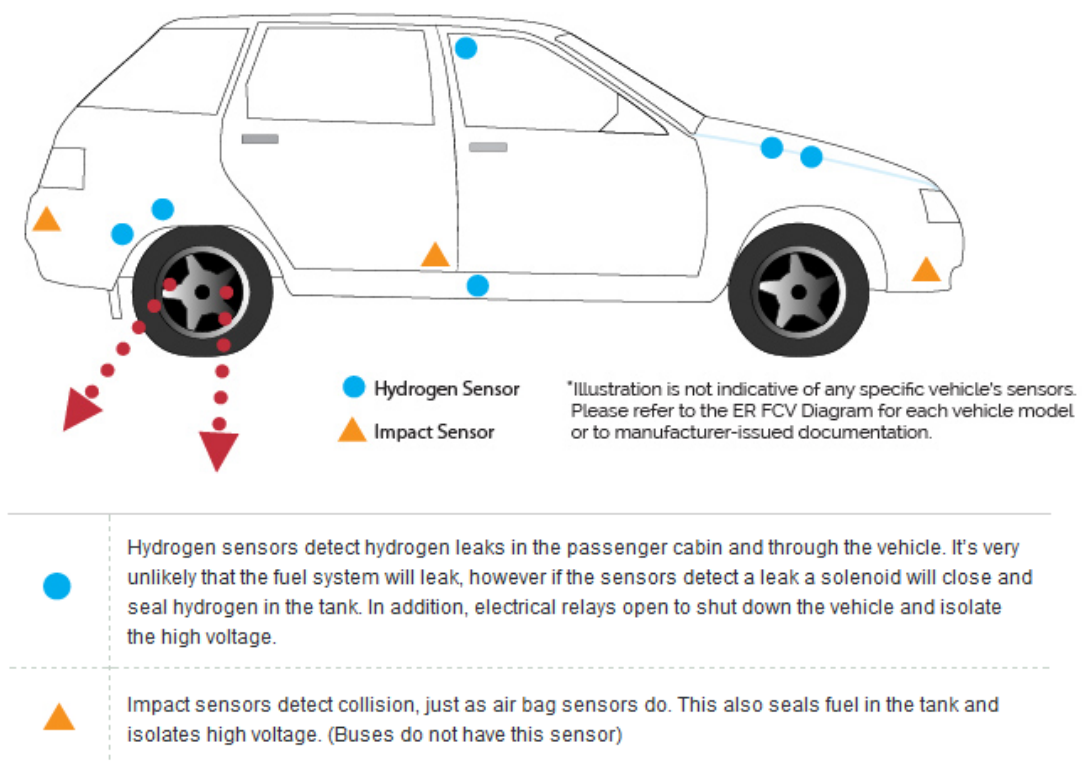


Figura 1. Possibili posizioni dei rilevatori d'idrogeno in un FCEV [5]. \*L'illustrazione non indica i sensori di un veicolo specifico. Si prega di usare come riferimento i Diagrammi ER FCV per ogni modello di veicolo e la documentazione rilasciata dal produttore.



## Ringraziamenti

Si ringrazia il progetto HyResponder il cui materiale è stato utilizzato per preparare la presente lezione.

## References

1. Molkov, V (2012). Fundamentals of hydrogen safety engineering, Part I and Part II. Available from: [www.bookboon.com](http://www.bookboon.com), free download e-book
2. HyFacts Project. Chapter R. Hydrogen releases and dispersion. Available from: <https://www.h2euro.org/hyfacts/category/education-training/> [accessed on 12.11.20].
3. EIGA, European Industrial Gases Association (2007). Determination of safety distances. IGC Doc 75/07/E.
4. Li, Z, Makarov, D, Keenan, J, Molkov, V (2015). CFD study of the unignited and ignited hydrogen releases from TPRD under a fuel cell car. 6<sup>th</sup> International Conference on Hydrogen Safety, 19-21 October 2015, Yokohama, Japan.
5. CFCP, California Fuel Cells Partnership, 2014. Available from: <http://cafcp.org/> [accessed on 12.11.20].