



European Train the Trainer Program for Responders

## Leksjon 7

# Utslipp av uantent hydrogen utendørs og skadebegrensning

## NIVÅ I

### Brannkonstabel

Informasjonen i denne leksjonen er tilegnet **brannkonstabler (og tilsvarende)** og høyere nivåer.

Dette emnet er også tilgjengelig på nivå II, III og IV.

Denne leksjonen er en del av et opplæringsmaterieell med nivåer I–IV: Brannkonstabel, utrykningsleder, innsatsleder og spesialist. Les introduksjonen til leksjonen for forventet forkunnskap og læringsutbytte

Merk: Dette materialet tilhører HyResponder Consortium og skal krediteres deretter, resultatene fra HyResponse har blitt brukt som grunnlag





### Ansvarsfraskrivelse

Til tross for at dette dokumentet er nøye utarbeidet, gjelder følgende ansvarsfraskrivelse: Informasjonen i dette dokumentet er gitt som den er, og det gis ingen garanti om at informasjonen er egnet for et bestemt formål. Brukeren av den tar i bruk informasjonen på egen risiko og ansvar.

Dokumentet gjenspeiler bare forfatterens syn. FCH JU og EU er ikke ansvarlig for bruk av informasjonen i det.

### Takk

Prosjektet har fått finansiering fra Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) (now Clean Hydrogen Partnership) under bevilgningsavtale nr. 875089. JU mottar støtte fra EUs forsknings- og innovasjonsprogram Horizon 2020 samt fra Storbritannia, Frankrike, Østerrike, Belgia, Spania, Tyskland, Italia, Tsjekkia, Sveits og Norge.





## Sammendrag

Uønskede hydrogenutslipp etterfølges av at gassen blandes med luft, noe som skaper utgangsforholdene for brann- og eksplosjonsfare. De uantente utslippene involverer lekkning av komprimert hydrogengass lagret ved høyt trykk ved FCH-systemer og -infrastruktur.

## Stikkord

Uantent utslipp, registrering

## Innhold

Sammendrag.....	3
Stikkord .....	3
2. Målgruppe.....	5
2.1 Rollebeskrivelse: Brannkonstabel .....	5
2.2 Kompetansenivå: Brannkonstabel.....	5
2.3 Tidligere opplæring: Brannkonstabel.....	5
3. Lekkasje av komprimert hydrogen .....	6
4. Avblåsing av en tank for komprimert hydrogen.....	7
5. Registrering av hydrogenlekkasje .....	7
Takk.....	8
Referanser.....	8



## 2. Målgruppe

Informasjonen i denne leksjonen er rettet mot NIVÅ 1: brannkonstabel Leksjoner er også tilgjengelige på nivå II, III og IV: utrykningsleder, innsatsleder og spesialist .

Rollebeskrivelser, kompetansenivå og læringsutbytter for brannkonstabel er beskrevet nedenfor.

### 2.1 Rollebeskrivelse: Brannkonstabel

En brannkonstabel er ansvarlig for og kompetent til å utføre oppgaver sikkert, iført korrekt bekledning inkludert pusteluft. Konstabelen kan anvende tilgjengelig utstyr som kjøretøy, stiger, slanger, slukkere, kommunikasjon og redningsverktøy under alle klimatiske forhold i områder og nødssituasjoner som krever respons.

### 2.2 Kompetansenivå: Brannkonstabel

Nødetatene må ha støtte i riktig kunnskap og praksis og er opplært i sikker og korrekt bruk av personlig verneutstyr, pusteluftutstyr og annet utstyr som det forventes at de skal bruke. Atferd som holder dem og andre kolleger trygge, skal beskrives i en standardprosedyre (SOP). Øvet evne til dynamisk å vurdere risiko for seg selv og andre er påkrevd.

### 2.3 Tidligere opplæring: Brannkonstabel

I henhold til det europeiske rammeverket for kvalifikasjon (EQF) er denne leksjonen tilegnet nivå 2 Faktabasert grunnkunnskap på et arbeids- eller studiefelt. Grunnleggende kognitive og praktiske ferdigheter som er nødvendig for å bruke relevant informasjon til å utføre oppgaver og løse rutinemessige problemer ved hjelp av enkle regler og verktøy. Arbeide eller studere under veiledning med noe autonomi.

### 3. Lekkasje av komprimert hydrogen

Som kjent fra tidligere leksjoner er hydrogenkjøretøy utstyrt med innebygde hydrogentanker som er trykksatt opptil 70 MPa, og en påfyllingsinfrastruktur fungerer ved trykk opptil 100 MPa [1]. Siden molekylene i hydrogen er så små, lekker hydrogen lett. Hydrogenutslipp/-lekkasjer stammer vanligvis fra ventiler og skjøter [2], og kan forekomme både innendørs og utendørs. Utslippene kan være uantente (dvs. ikke-reagerende) eller antente (dvs. reagerende). Selv om det sjelden oppstår et stort hull i et rør eller en beholder, bør det betraktes som et troverdig verste tenkelige scenario. Det bør settes inn spesielle tiltak å forhindre uønskede hydrogenutslipp. Et utslipp av hydrogen enten gjennom en trykkavlastningsventil eller fra et rørbrudd vil resultere i en høytrykksstråle.

Tabell 1 oppsummerer typer lekkasjer og utstyr eller komponenter som genererer hydrogenlekkasjer [3].

Tabell 1. Lekkaskilder og scenarier utviklet av EIGA (2007) [3]

Utstyr/komponent	Type lekkasje
Rørsystem	Små hull, sprekker
Flens	Pakningssvikt, termisk bevegelse, materialkryping
Sveiseforbindelse	Sveisesprekk
Loddetilkobling	Loddesprekk, loddesmelting
Koblingsforbindelse	Termisk bevegelse, lekkasje
Skrueforbindelse	Lekkasje, feil i tetningsmasse, kryping, materialsprekk
Slangeforbindelse	Tetningslekkasje, materialsprekk, menneskelig feil
Ventiler	Spindellekkasje, tetningslekkasje, sprekk i deksel/hus ved støt
Slanger	Perforeringssprekk
Instrumenter	Elementbrudd
Regulatorer	Membranbrudd, tetningslekkasje, nedstrømsbrudd (overtrykk)
Magnetventiler	Tetningslekkasje
Pumper	Perforering, tetningslekkasje
Sylinder	Perforering, brudd, permeasjonslekkasje

## 4. Avblåsing av en tank for komprimert hydrogen

En CFD-studie utført av Li et al. [4] viste følgende:

- For uantente hydrogenutslipp fra lagertanker trykksatt til 35 MPa og 70 MPa, oppstår de lengste fareavstandene innen 10 s etter at TPRD åpnes, og varigheten av farene forbundet med utslippet av hydrogen er mindre enn 2 minutter.
- De deterministiske fareavstandene for uantente hydrogenutslipp fra en TPRD, orientert vertikalt nedover under en hydrogenbil, er vesentlig kortere enn for frie stråler.
- For både allmennheten og utrykningspersonell som ikke er utstyrt med termisk vernetøy, varierer maksimal fareavstand fra uantent utslipp fra 8 til 12 m avhengig av lagringstrykk.
- For å sikre at konsentrasjonen av hydrogen alltid er mindre enn LFL (4 volumprosent) på stedet for luftinntak i bygninger, bør fareavstanden være minst 11 m for 35 MPa-utslipp og 13 m for 70 MPa-utslipp.

## 5. Registrering av hydrogenlekkasjer

Det er også viktig å vite at sensorer i hydrogensikkerhetsteknologier ikke gir en fullstendig registreringsstrategi på grunn av oppdrift og diffusjon av hydrogen. For eksempel vil en hydrogensensor være til liten nytte i et stort rom eller utendørs. Plasseringen av sensorer bør vurderes nøye, og verktøy som CFD kan brukes til å simulere lekkasjescenarier for å gi innsikt i sensorposisjonering. Både fast plassering og personlige/håndholdte overvåkingsskjermer er nødvendige for å beskytte personell og fasiliteter.

Den foreslåtte plasseringen av hydrogensensorer er beskrevet nedenfor:

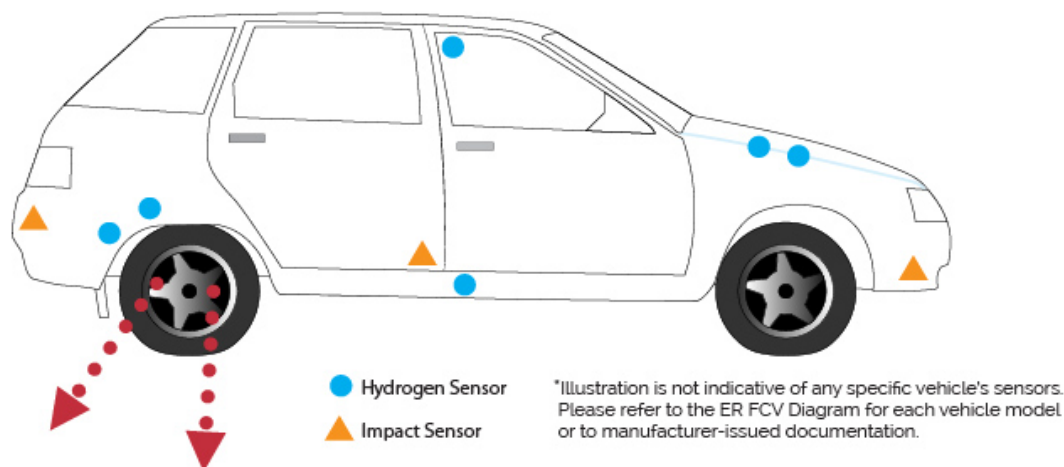
- steder der hydrogenlekkasje eller søl er mulig
- ved hydrogentilkoblinger som atskilles rutinemessig (for eksempel hydrogenpåfyllingsstusser)
- steder der hydrogen kan samle seg
- i luftinntakskanaler i bygninger, hvis hydrogen kan føres inn i bygningen
- i avtrekkskanaler i bygninger hvis det hydrogen kan slippes ut inne i bygningen.

Det er også krav om å montere hydrogensensorer på hydrogenkjøretøy for å advare om potensielle lekkasjer. Hydrogendetektorer for hydrogenkjøretøy (FCEV) er merket som blå prikker på figur 1 og inkluderer [5]:

- eksosrør (prosesskontroll)
- kupé (sikkerhet)



- motor (sikkerhet)
- brenselcellestack (sikkerhet).



● Hydrogen sensors detect hydrogen leaks in the passenger cabin and through the vehicle. It's very unlikely that the fuel system will leak, however if the sensors detect a leak a solenoid will close and seal hydrogen in the tank. In addition, electrical relays open to shut down the vehicle and isolate the high voltage.

▲ Impact sensors detect collision, just as air bag sensors do. This also seals fuel in the tank and isolates high voltage. (Buses do not have this sensor)

Figur 11 Mulig plassering av hydrogensensorer i en FCEV [5].

## Takk

HyResponse-prosjektet krediteres ettersom materialet som presenteres her, er utvidet basert på de originale HyResponse-leksjonene.

## Referanser

1. Molkov, V (2012). Fundamentals of hydrogen safety engineering, Part I and Part II. Tilgjengelig fra: [www.bookboon.com](http://www.bookboon.com), gratis nedlasting av e-bok
2. HyFacts Project. Chapter R. Hydrogen releases and dispersion. Tilgjengelig fra: <https://www.h2euro.org/hyfacts/category/education-training/> [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. oktober 2015, Yokohama, Japan.





5. CFCP, California Fuel Cells Partnership, 2014. Tilgjengelig fra: <http://cafcp.org/> [12.11.20].