



קבוצת בזן

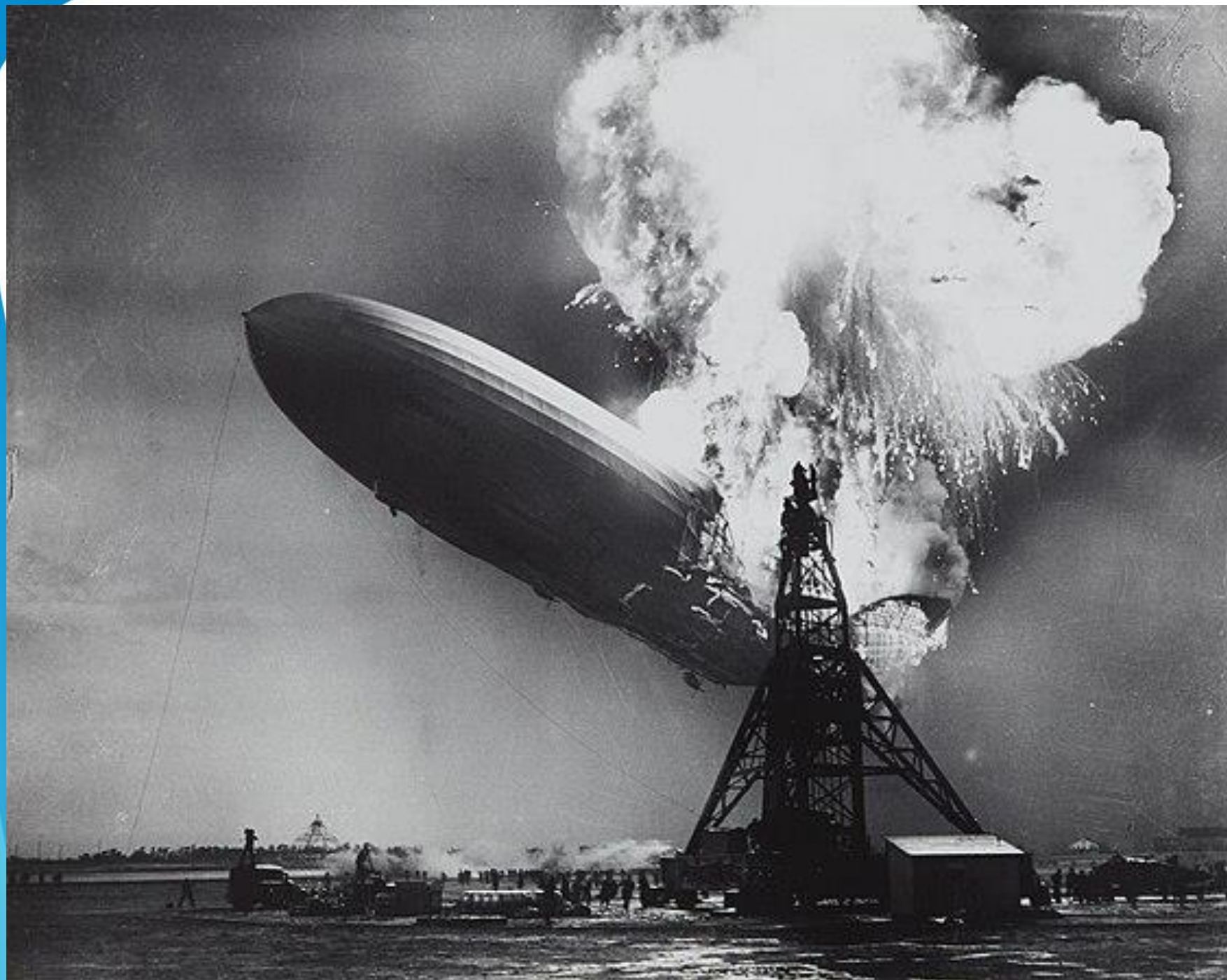
מחויבים למחר

מהפכת המימן

סקירת הסיכונים

ושילוב הבטי בטיחות בפרויקטי מימן







קבוצת בזן

אירועים מהעת האחרונה...

מסמכים ואקלים במגזר האנרגיה...



Norway, 2019
Hydrogen fuelling station explosion



South Korea, 2019
Hydrogen tank explosion



Illinois, 2019
Hydrogen blast at AB Speciality Silicones factory

שימוש בטוח במימן: שיקולים מרכזיים

מימן הוא נשא אנרגיה בעל ערך, אך בשל תכונותיו הייחודיות— כגון גודל מולקולרי קטן, דליקות גבוהה, ופוטנציאל לגרום לפריכות מימנית (embrittlement)—יש צורך בנקיטת אמצעי בטיחות בהתאם.

להלן סקירת הסיכונים, דגשים ומס' כלים לשימוש בטוח במימן.

הסיכונים

- המימן בהיותו המולקולה הקטנה בטבע, נוטה "לדלוף" מעבר לשאר הגזים המוכרים.
- קצב דליפת מימן גבוה פי 10 מחנקן, פי 5 מפרופאן ופי 3 מגז טבעי.
- "חלחול" של מימן קורה גם כשיש שלמות מכאנית של מתכת/ציוד, בעיקר דרך ריתוכים אף שבוצעו "בשלמות".
- המימן בהיותו חסר ריח או צבע, קשה לאיתור.
- המימן הינו גז דליק מאוד בטווח רחב של ריכוזים באוויר (4% - 74%)
- אנרגיית ההצתה נמוכה ביחס לשאר הגזים 0.017mJ
- לרוב מדובר בלחצים גבוהים – נדרש ציוד יעודי והכשרות בהתאם.
- פריכות מימנית.

פריכות מימנית – מהי?

- פריכות מימנית הינה תופעה המובילה לפגיעה בתכונות המתכת, להיווצרות של מיקרו סדקים ולשבירה.
- התופעה מתרחשת עקב "ספיחה" של מימן למבנה הסריג של המתכת המדוברת.
- תהליך זה הינו כתלות בטיב המתכת/חומר מבנה של הציוד ותנאי העבודה – ריכוז המימן, לחץ וטמפ'.

פריכות מימנית – צעדי מניעה

- בחירת המתכת/חומר המבנה הנכון

- Austenitic stainless steels (e.g., 316L, 304L)

- Copper and copper alloys

- Nickel-based alloys (e.g., Inconel, Monel)*

- יש להימנע משימוש ב :

- High-strength steels (>1000 MPa)

- Titanium and certain aluminum alloys

- Some plastics and elastomers that become brittle over time

- תקנים לבחירת חומרי מבנה לשימוש מימני :

- ASME B31.12 – Hydrogen Piping and Pipelines

- ISO 11114-4 – Materials compatibility with hydrogen

התמודדות וזיהוי דליפות מימן

- אחסון לא בחללים סגורים/אזורי נאות.
- בנייה ובדיקה על פי תקינה בדגש על הארקה.
- חיישנים לזיהוי מימן

Electrochemical sensors ◦

Catalytic bead sensors ◦

Thermal conductivity sensors ◦

Ultrasonic sensors (leak detection) ◦

• חיישני להבה

• UV/IR sensors

תקנים בינלאומיים להתנהלות, מניעת דליפות וזיהוי :

• IEC 60079-29-1 – Explosive atmospheres – Gas detectors

• NFPA 2 – Hydrogen Technologies Code

תקינה לשימושי מימן

- מגוון של תקנים המספקים הנחיות בטיחות בשימוש מימני בקטגוריות שונות :

Storage & Transportation: •

- ISO 16111 – Hydrogen storage in metal hydrides
- ISO 15869 – Gaseous hydrogen storage for vehicles
- ASME BPVC Section VIII – Pressure vessel design for hydrogen

Industrial Safety & Handling: •

- NFPA 2 – Hydrogen Technologies Code
- OSHA 1910.103 – Hydrogen safety regulations
- ISO/TR 15916 – Basic considerations for hydrogen safety

Fuel Cells & Hydrogen Vehicles: •

- SAE J2601 – Fueling protocol for light-duty hydrogen vehicles
- ISO 19880-1 – Gaseous hydrogen fueling stations

Combustion Hazards

Comparison of Properties Commonly Used Fuel Gases

	Hydrogen	Methane	Propane
Density, kg m^{-3} at NTP	0.084	0.65	2.01
Ignition limits in air, volume% at NTP	4.0 to 77	4.4 to 16.5	1.7 to 10.9
Ignition temperature, $^{\circ}\text{C}$	560	540	487
Min. ignition energy in air, MJ	0.02	0.3	0.26
Max. combustion rate in air, m s^{-1}	3.46	0.43	0.47
Detonation limits in air, volume%	18 to 59	6.3 to 14	1.1 to 1.3
Stoichiometric ratio in air	29.5	9.5	4.0

Conclusion: All things considered, H_2 is no more dangerous, and in some respects it is rather less dangerous than other commonly used fuels.

H_2 has a wide range for detonation, its flame is invisible, but its lowest density makes it dissipate very fast.

בטיחות בתחבורה

- [Part 4: Hydrogen, Is It Safe? - YouTube](#)
- [Hyundai Nexo Hydrogen Fuel Cell Vehicle IIHS Crash Test - YouTube](#)
- [The Truth about Driving a Hydrogen Car – YouTube](#)
- [HYDROGEN SAFETY - YouTube](#)

Press **Esc** to exit full screen

FLAMMABILITY OF HYDROGEN IN AIR

- With 4%-75% hydrogen, very little energy is required to ignite hydrogen. The speed of a hydrogen fire is ten feet per second to 4600 mph.
 - 4% Barely burn and even then only upward
 - 5% Fire starts burning sideways
 - 18% Fire will now burn faster than the speed of sound
 - 45% Burning at 4600 mph-including shock wave
 - 74% Barely burn
 - 75% Will not burn-no air
- Oxygen and hydrogen mixed-speed approximately 8000 mph. The speed of sound is 1050 feet per second.

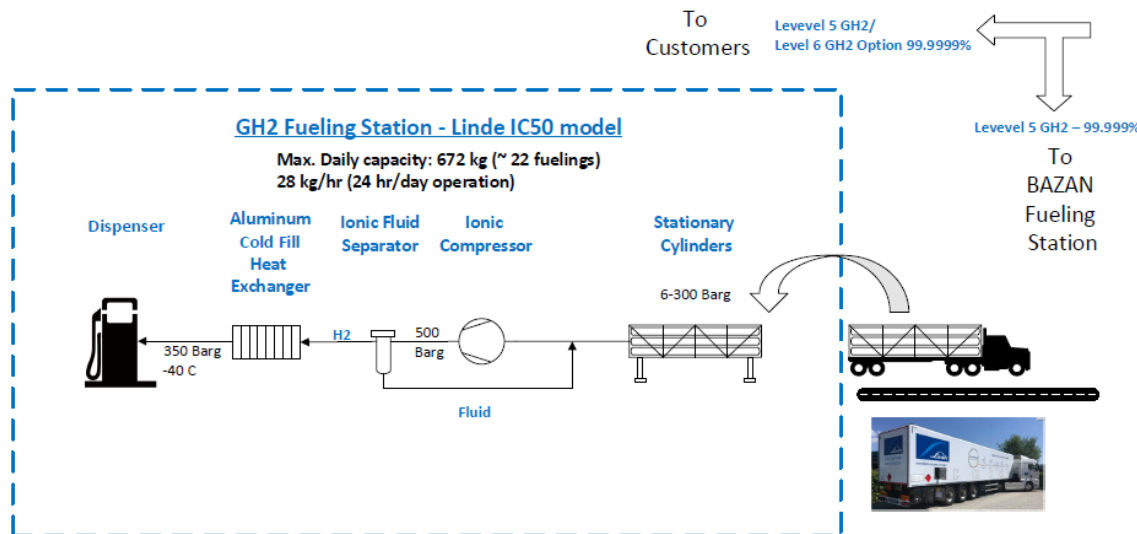
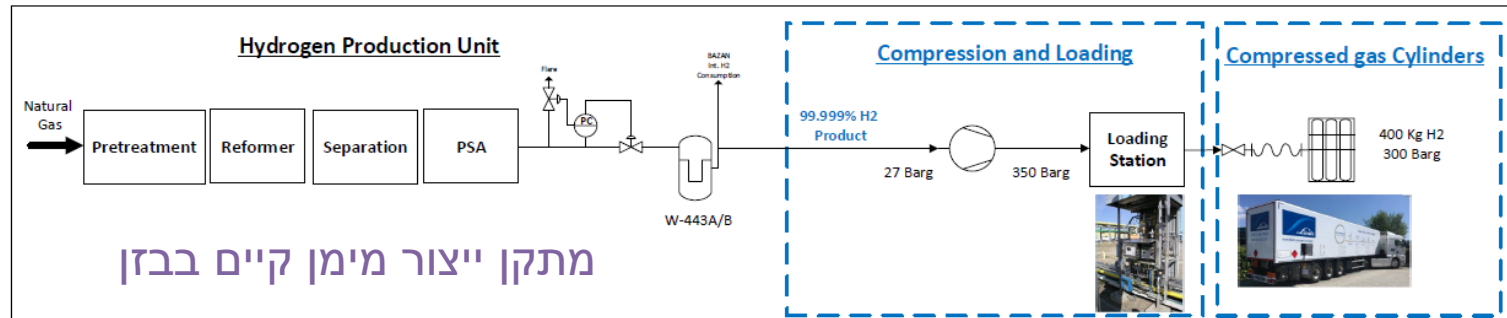
בזן - פרויקט חלוץ

יצור, דחיסה והפצה של דלק ירוק לתחבורה



BAZAN Hydrogen Fueling Scheme

Internal - confidential

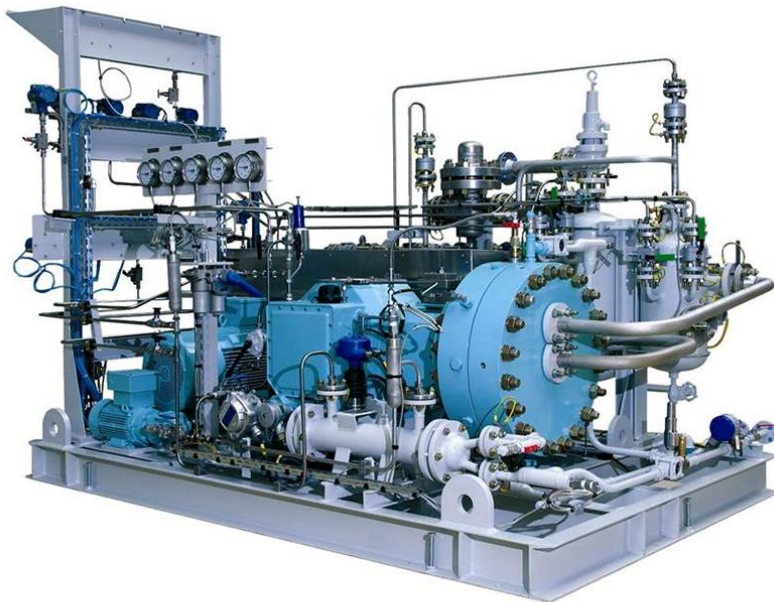


- הנחות עבודה:
1. בשנה ראשונה תדלוק משאית בודדת ביום
 2. בשנה שנייה תדלוק 3 משאיות ביום
 3. בשנה שלישית תדלוק עד 8 משאיות ביום

רכש רכיבים במערכת



שני מדחסי דיאפרגמה



תחנת טעינה



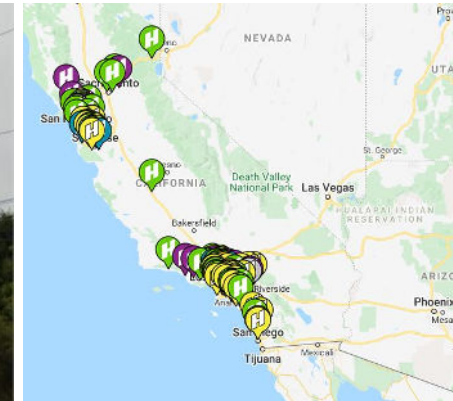
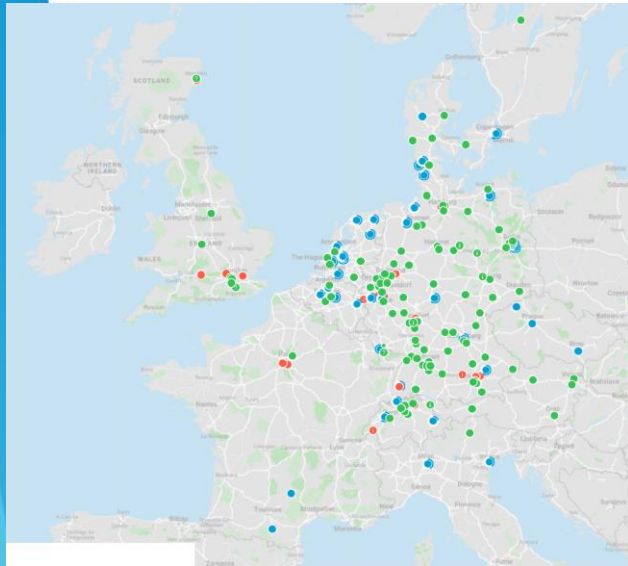
נגרר גלילים



הפרויקט המשלים תחנת תדלוק רכבים בשיתוף עם סונול

אירופה מעל- 120 תחנות תדלוק מימן פעילות

קליפורניה כ- 45 תחנות תדלוק מימן פעילות



119 26 In operation 45 in progress

[Linde standard hydrogen filling station with IC90 compressor.mp4](#)

תחומי פציצות של גזים

EXPOSIVE LIMITS OF COMBUSTIBLE GASES WHEN MIXED WITH AIR

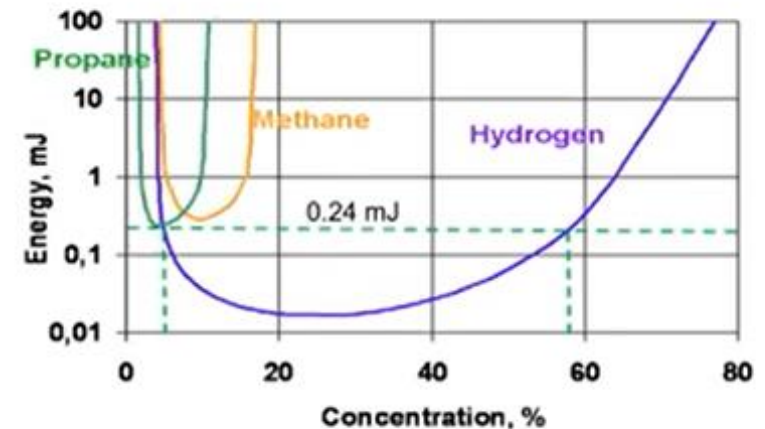
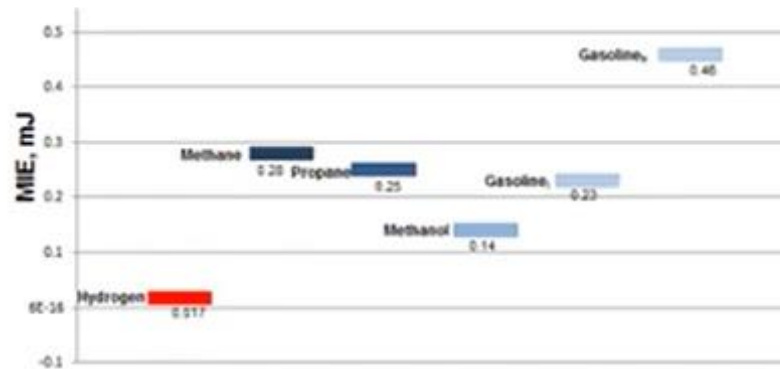
Gas	% Gas in Mixture With Air				
Acetone	2.6	12.8			
Benzene	1.4	8.8			
Carbon Monoxide	12.5	74.2			
Ethanol	3.3	19.0			
Ethylene	2.8	28.6			
Hydrogen	4.0	74.2			
Hydrogen Sulfide	4.3	45.5			
Methane	5.0	15.0			
Methanol	6.7	36.5			
Propylene	2.4	10.3			
	0	20	40	60	80



קבוצת בזן
מחויבים למחר

Minimum Ignition Energy (MIE) – ignition probability

- Hydrogen compared to other fuels has the lowest MIE:
 - 0.017 mJ for hydrogen air mixtures
 - 0.0012 mJ for hydrogen-oxygen mixture
- Minimum Ignition Energy (MIE): function of hydrogen concentration in the flammable mixture (either with air or with any other oxidiser)



Schmidchen, U (2009). Hydrogen safety facts and myths. 3rd International Short Course and Advanced Research Workshop "Progress in Hydrogen Safety", Belfast, May 2009

Safety Guidelines for Working with Hydrogen

Hydrogen fire

- Hydrogen flames are difficult to detect
 - Difficult to see in daylight
 - Non-toxic and do not produce smoke (although may impinge upon combustibles)
 - Hydrogen fires have low radiant heat



- Increased likelihood of people fleeing an incident or emergency workers straying into flame



Source: <https://www.youtube.com/watch?v=r-8H5u4YzuY>

