IMPIANTO DI PRODUZIONE E RIFORNIMENTO DI IDROGENO A 350 BAR PER VEICOLI DI TRASPORTO PUBBLICO URBANO

Ministero dell'Interno - Direzione Regionale VVF Sicilia
Hydrogen Summer School 20/06/2024

CARATTERISTICHE IMPIANTO

Impianto pilota di produzione Idrogeno per autotrazione costituito da:

- Elettrolizzatore
- Compressore
- Stoccaggio (pacchi bombole)
- Colonnina erogazione

ASSOGGETTABILITA' AL D.P.R. 151/2011

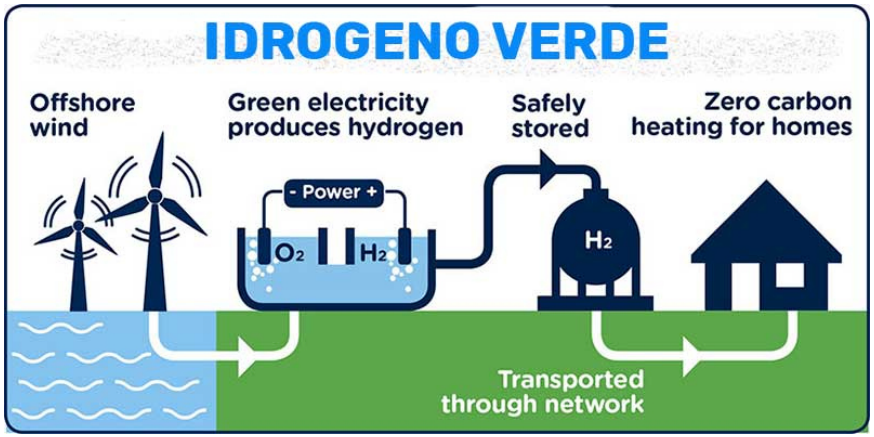
D.P.R. 1° agosto 2011 , n. 151.
Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater , del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122.

13	4	C	Impianti fissi di distribuzione carburanti per l'autotrazione, la nautica e l'aeronautica; contenitori – distributori rimovibili di carburanti liquidi: b) Impianti fissi di distribuzione carburanti gassosi e di tipo misto (liquidi e gassosi).	Tutti

LA NORMATIVA NAZIONALE

D.M. 23 ottobre 2018
Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione

D.M. 7 luglio 2023
Regola tecnica di prevenzione incendi per l'individuazione delle metodologie per l'analisi del rischio e delle misure di sicurezza antincendio da adottare per la progettazione, la realizzazione e l'esercizio di impianti di produzione di idrogeno mediante elettrolisi e relativi sistemi di stoccaggio.



MINISTERO DELL'INTERNO

DECRETO 23 ottobre 2018.

Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione.

IL MINISTRO DELL'INTERNO

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI

OBIETTIVI

1. Ai fini della prevenzione incendi, allo scopo di raggiungere i primari obiettivi di sicurezza relativi alla salvaguardia delle persone e alla tutela dei beni contro i rischi di incendio, le attività di cui all'art. 1 sono realizzate e gestite in modo da:

a) minimizzare le cause di incendio e di esplosione;
b) limitare, in caso di evento incidentale, danni alle persone;
c) limitare, in caso di evento incidentale, danni ad edifici o locali contigui;
d) permettere ai soccorritori di operare in condizioni di sicurezza.

Vigili del Fuoco

D.M. 23 OTTOBRE 2018

Art. 4.

Applicazione delle disposizioni tecniche

1. Le disposizioni del presente decreto si applicano agli impianti di distribuzione stradale di idrogeno gassoso di nuova realizzazione e agli impianti esistenti in caso di modifiche previste a partire dalla data di entrata in vigore del presente decreto.

D.M. 23 OTTOBRE 2018

Art.4

2. Nel caso in cui ricorrono le condizioni previste dall'art. 7, comma 1, del decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151, è possibile progettare gli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione secondo norme tecniche internazionali riconosciute, quale la norma ISO 19880-1, fatte salve le ulteriori disposizioni normative comunque applicabili.

Deroghe

1. Qualora le attivita' soggette ai controlli di prevenzione incendi di cui all'Allegato I del presente regolamento, presentino caratteristiche tali da non consentire l'integrale osservanza delle regole tecniche di prevenzione incendi vigenti, gli interessati, con le modalita' stabilite dal decreto di cui all'articolo 2, comma 7, possono presentare al Comando istanza di deroga al rispetto della normativa antincendio.

ISO 19880-1: Hydrogen Fueling Station and Vehicle Interface Safety Technical Report

Vigili del Fuoco

D.M. 23 OTTOBRE 2018

Art.4

3. Le procedure previste dall'art. 7 del decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151, si applicano, altresì, anche nei casi riportati al punto 3.2 e al punto 6.2 della regola tecnica allegata al presente decreto.

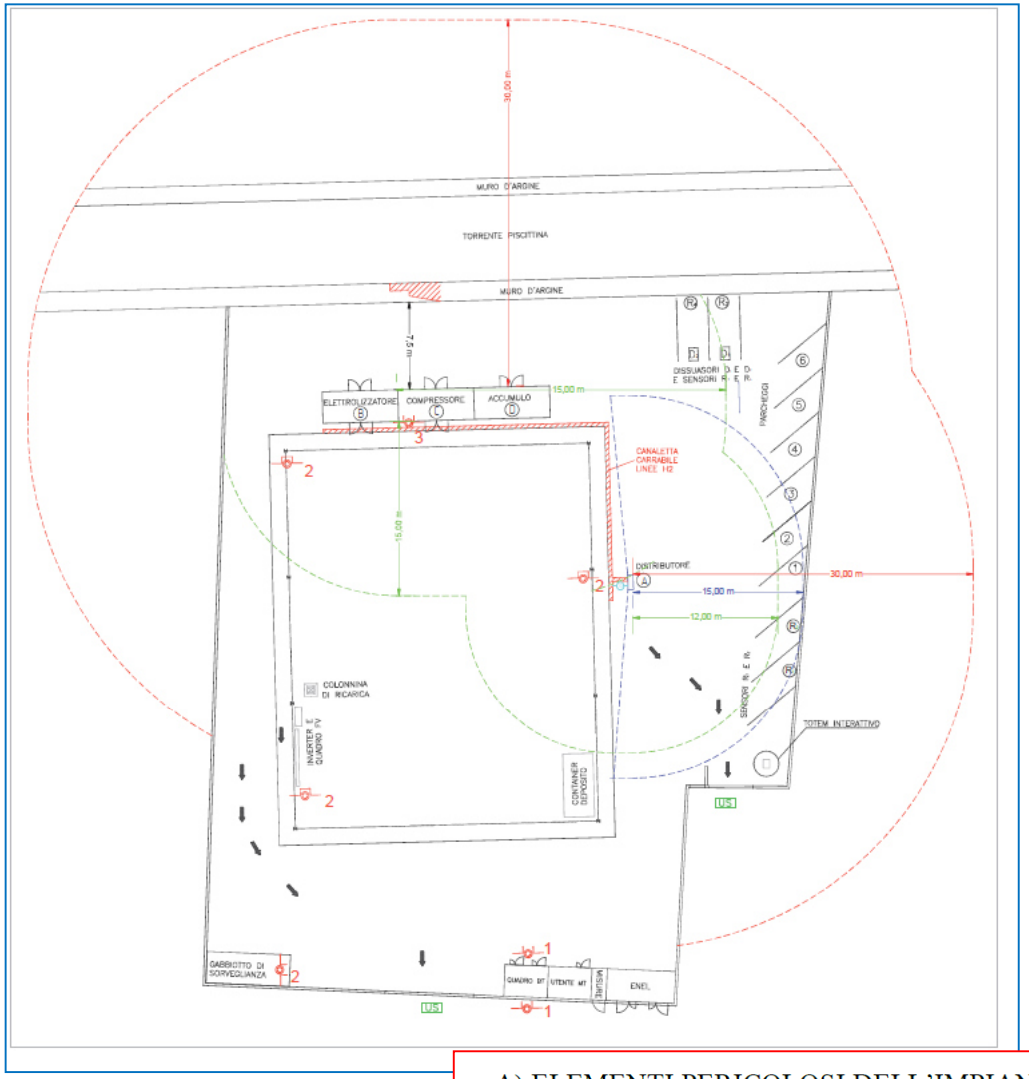
3.2 Metodologie alternative per la determinazione delle distanze di sicurezza.

Distanze di sicurezza differenti rispetto a quelle del presente titolo possono essere eventualmente individuate applicando le metodologie dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio previste dal decreto del Ministro dell'interno 9 maggio 2007.

6.2. Metodi alternativi per la determinazione delle distanze di sicurezza.

Fatto salvo quanto diversamente disposto dalle vigenti regole tecniche applicabili relative ad altre tipologie di carburanti, le distanze di sicurezza differenti rispetto a quelle di cui al precedente punto 6.1 possono essere eventualmente individuate applicando le metodologie dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio previste dal decreto del Ministero dell'interno 9 maggio 2007.

Vigili del Fuoco



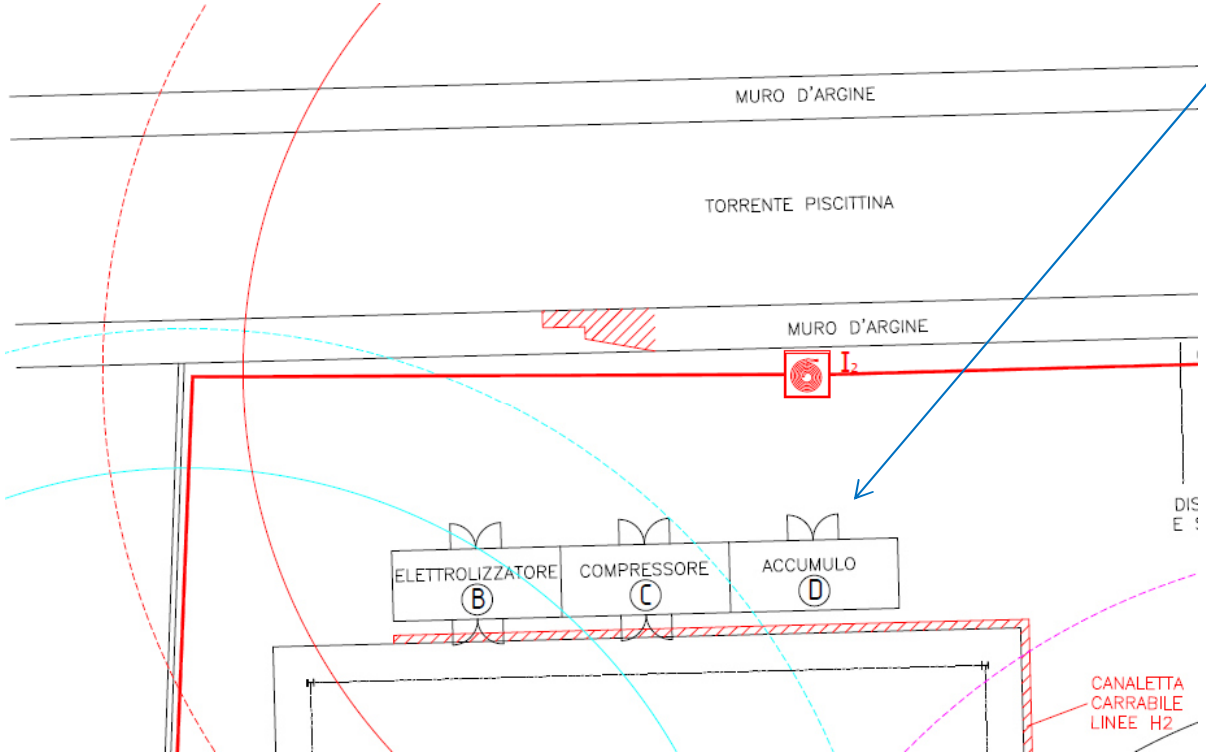
Motivo di deroga:

Le distanze di protezione tra compresso, stoccaggio e muro di confine pari a 7,5m < 15 m

A) ELEMENTI PERICOLOSI DELL'IMPIANTO.

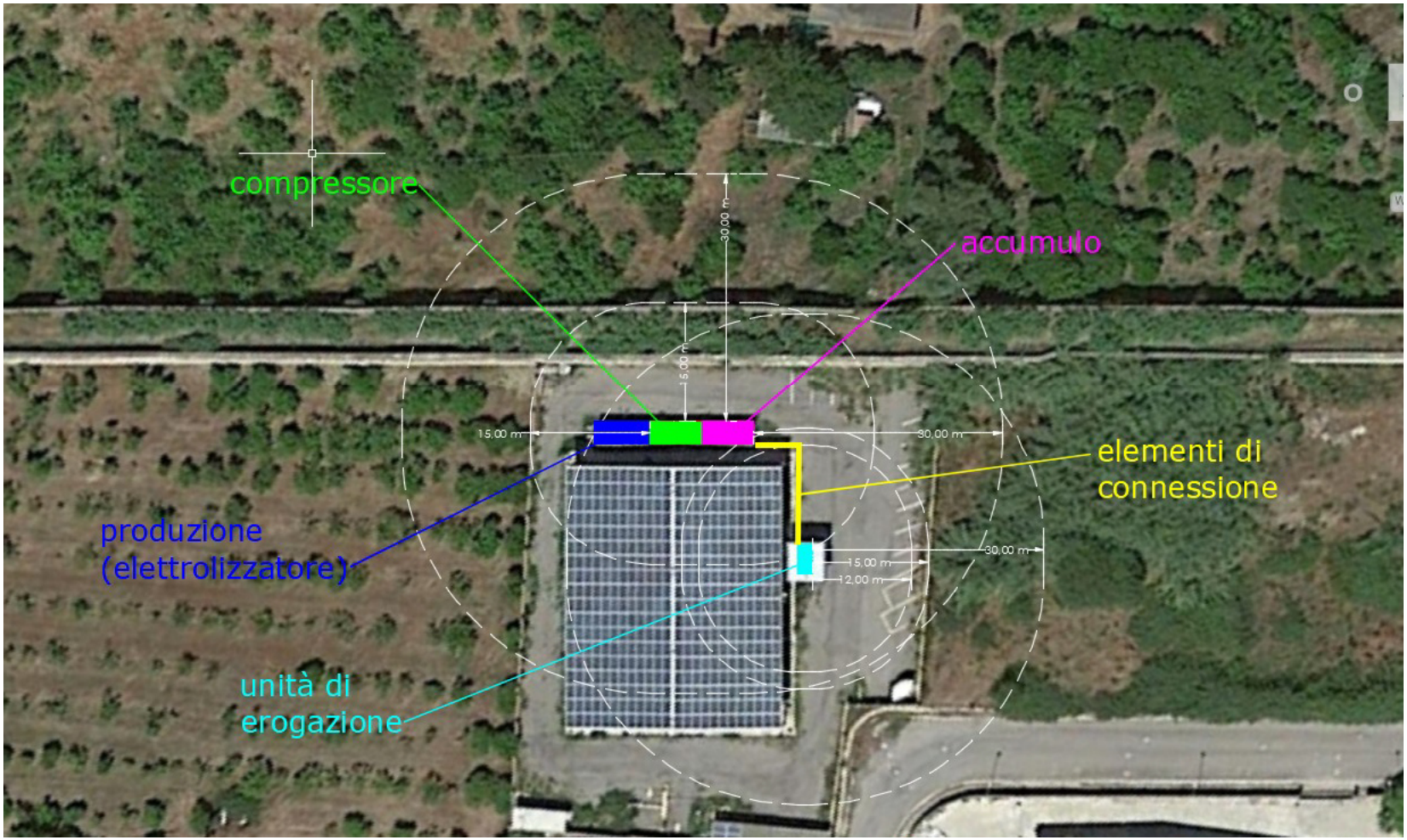
Elemento	Distanza di protezione (m)	Distanza di sicurezza interna (m)	Distanza di sicurezza esterna (m)
Compressori	15	-	30*
Stoccaggi	15	15	30
Box carro bombolaio	15	15	30

Gli elementi pericolosi dell'impianto sono collocati in box con pareti in c.a.



Vigili del Fuoco

Nel raggio di 15 m l'unica fonte di innesco può essere data dalla vegetazione presente all'interno del canale.



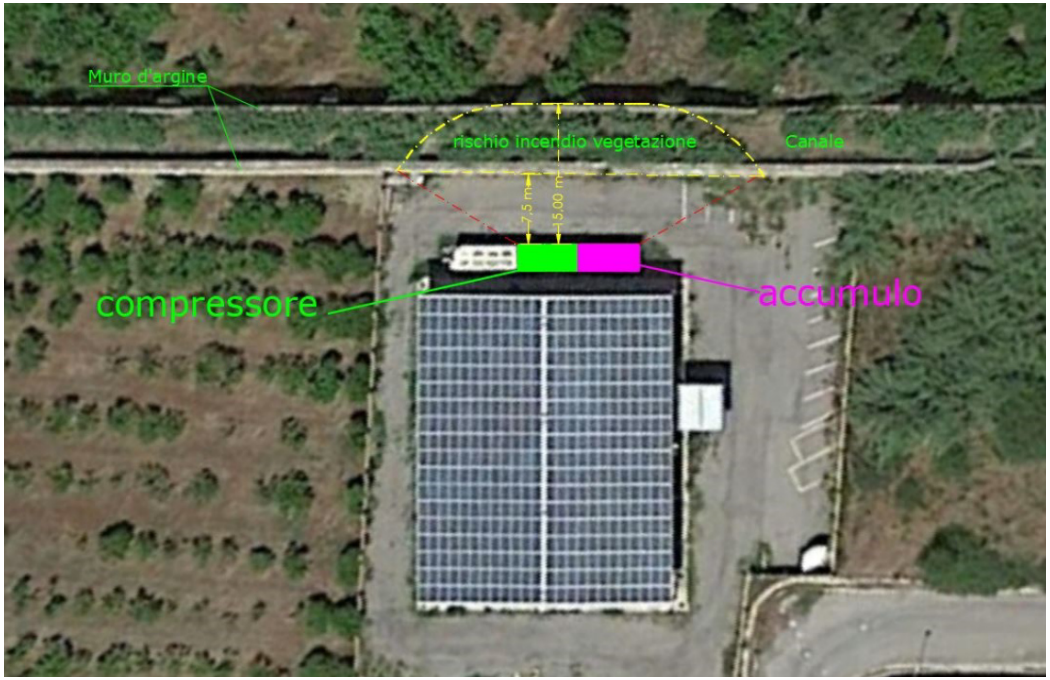
Tra gli scenari ipotizzabili i più gravosi individuati sono i seguenti:

Scenario A)

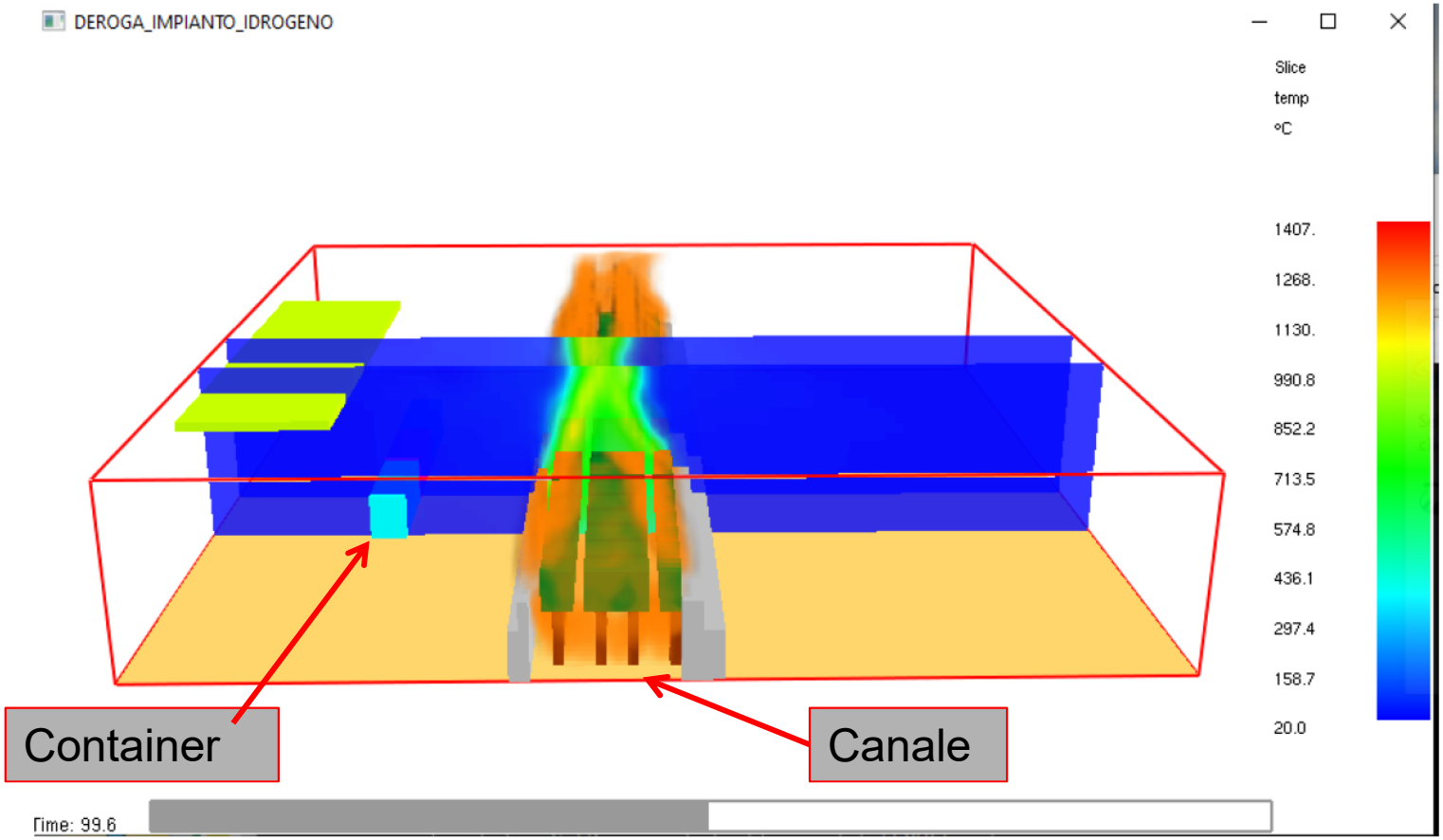
1) La vegetazione incolta formatasi a causa di una cattiva manutenzione all'interno del canale innesca un incendio,

2) l'incendio si propaga a tal punto da raggiungere la fase di incendio incontrollato

3) si verifica che la temperatura in prossimità dei box dovuta all'incendio della vegetazione non superi i 60 °C (temperatura ambiente indicata nella ISO 13571 considerata non arrecante danni alle persone e coincidente con la temperatura massima di esercizio delle Bombole di H2)



Per lo scenario A *si utilizza un focolare predefinito per "altre attività da 500 kW/mq per la superfice di vegetazione antistante l'impianto di produzione e velocità caratteristica dell'incendio 75 s – ultra fast.* La superfice è risultata pari a 216 mq per una potenza del focolare pari a 108.000,0 kW



Tra gli scenari ipotizzabili i più gravosi individuati sono i seguenti:

Scenario B)

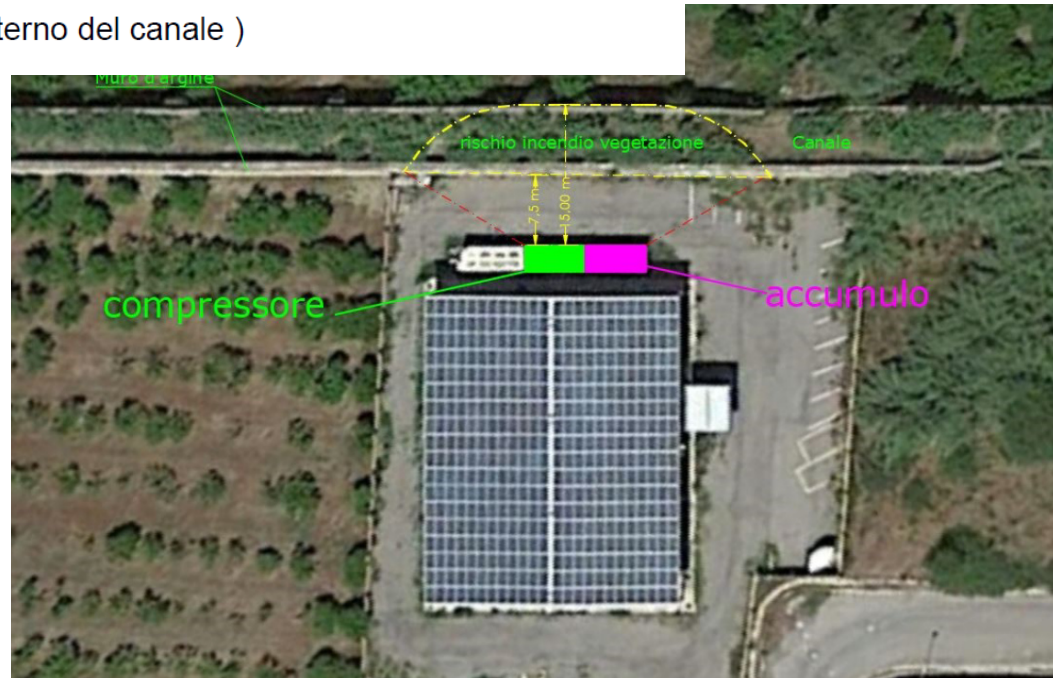
1) Fuga di idrogeno accidentale all'interno di uno dei box compressori e accumulo

2) I sistemi di rilevazione non funzionano

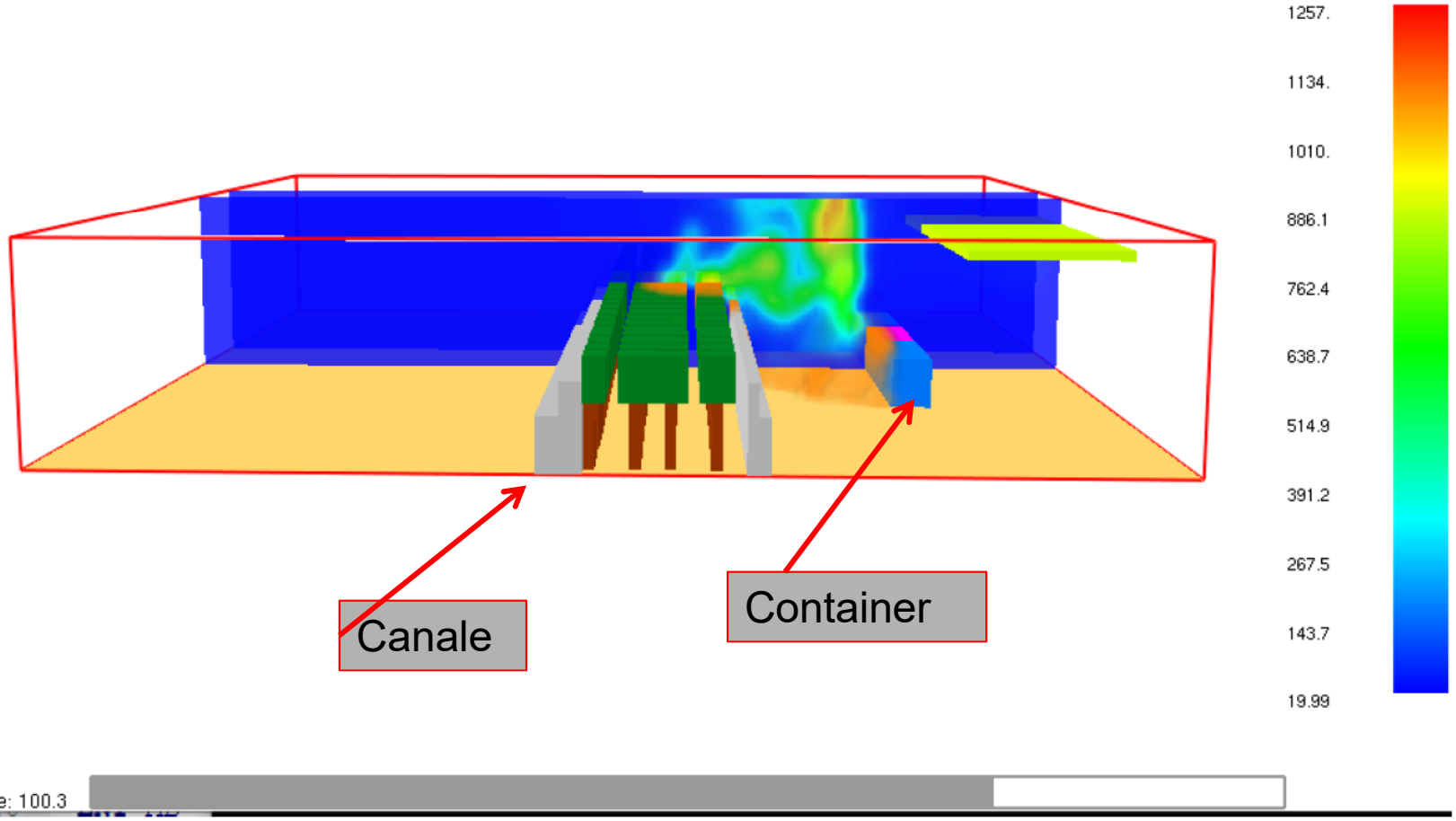
3) si innesca l'incendio all'interno dei box

4) all'interno del canale idrico si stanno svolgendo delle opere di manutenzione

5) verifica delle temperature sul muro d'argine non superino i 60 °C (Temperatura ambiente indicata nella ISO 13571 considerata non arrecante danni alle persone e in questo caso non capace di innescare l'incendio della vegetazione all'interno del canale)



Per lo scenario B *Si utilizza un focolare predefinito per "altre attività da 1000 kW/mq, considerando la superfice dei box dell'impianto di produzione e velocità caratteristica dell'incendio 75 s – ultra fast. È sta considerata la superfice del gruppo di produzione di idrogeno, composto dalle tre unità prefabbricate contenenti: l'elettrolizzatore, compressore e stoccaggio. La* superfice è risultata pari a 45 mq per una potenza del focolare pari a 45.000,0 kW

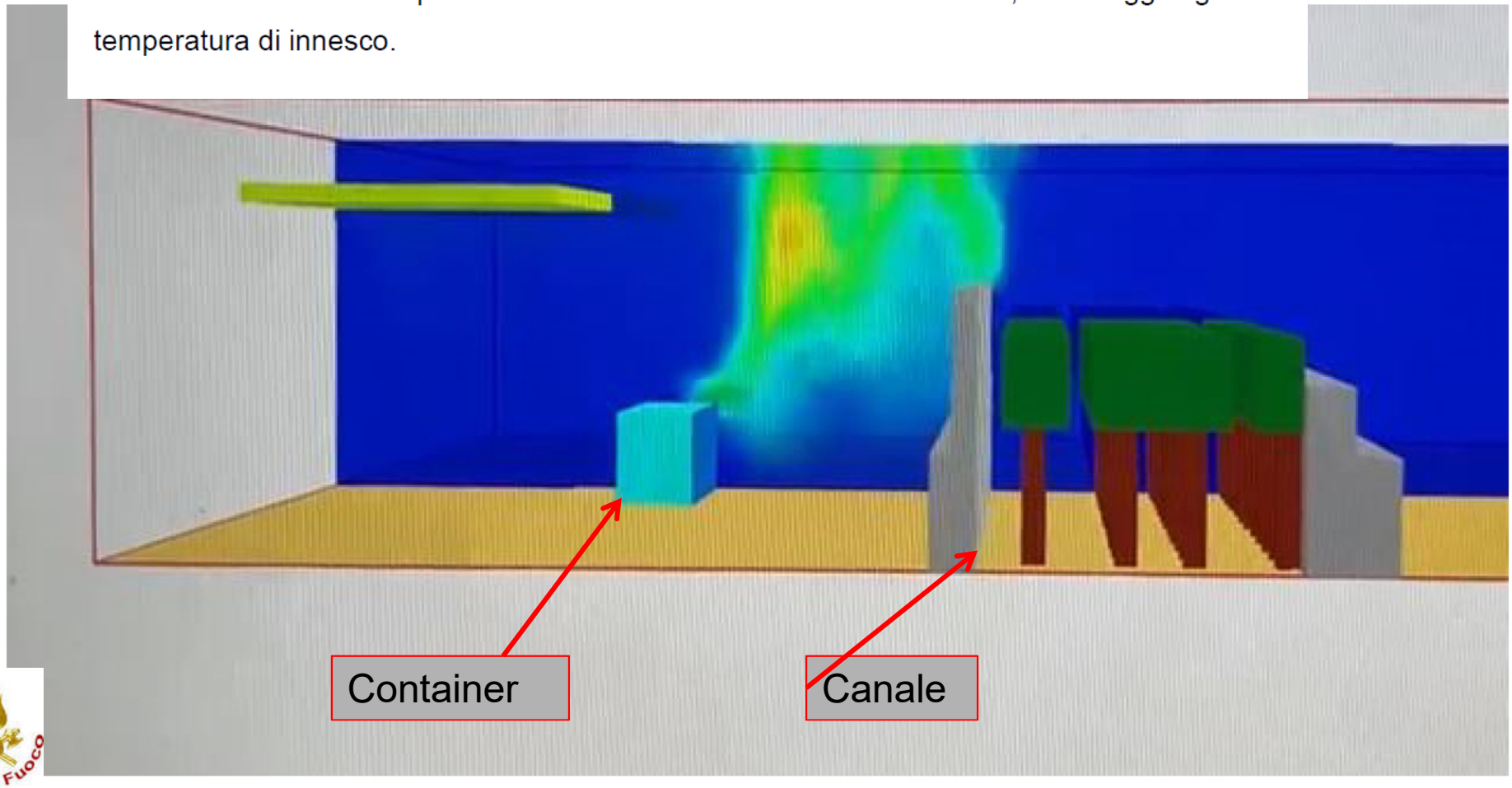


Scenario C:

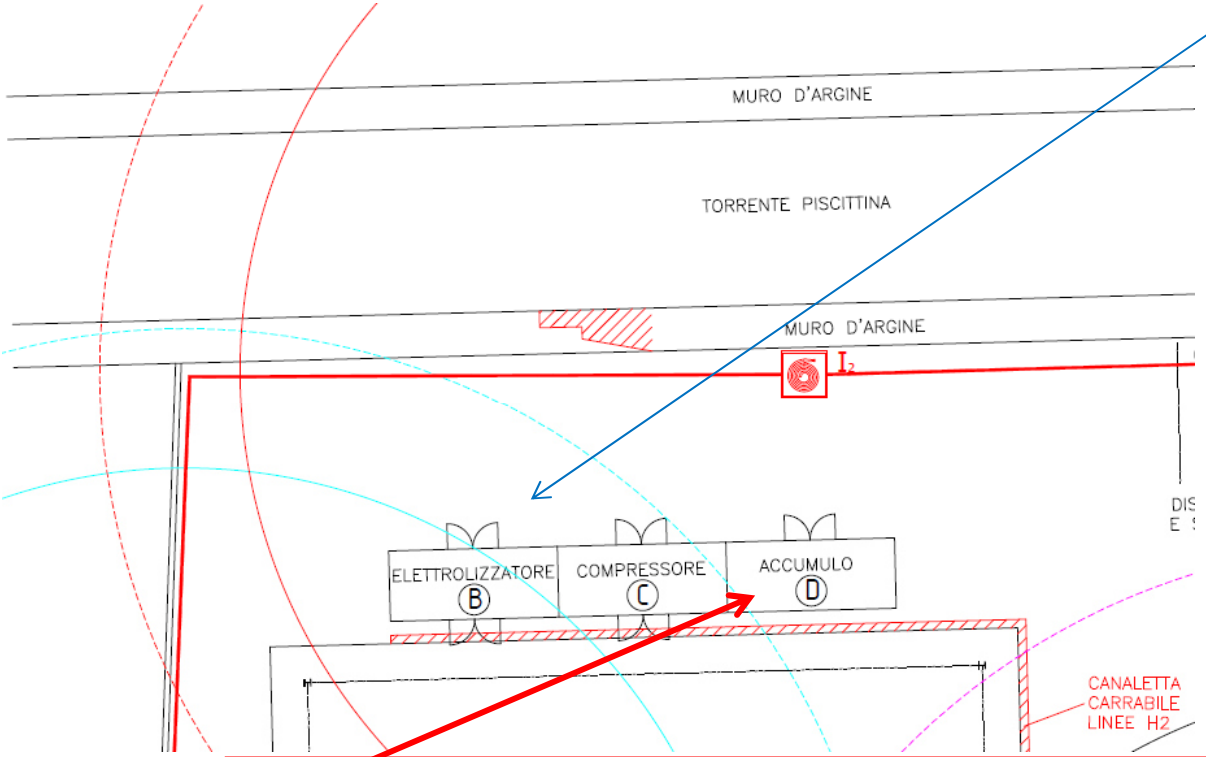
alle medesime condizioni di incedio dello scenario B, si esegue una simulazione con il muro dell'argine modificato in altezza di due metri a protezione dell'area esterna.

Risultati

Dall' immagine allegata ricavata dalla simulazione tramite software *fds* si evince che in un ipotetico incendio la vegetazione protetta dal rialzo del muro non viene coinvolta nell'incendio stesso in quanto la schermatura in muratura REI 120, non raggiunge la temperatura di innesco.



Gli elementi pericolosi dell'impianto sono collocati in box con pareti in c.a.



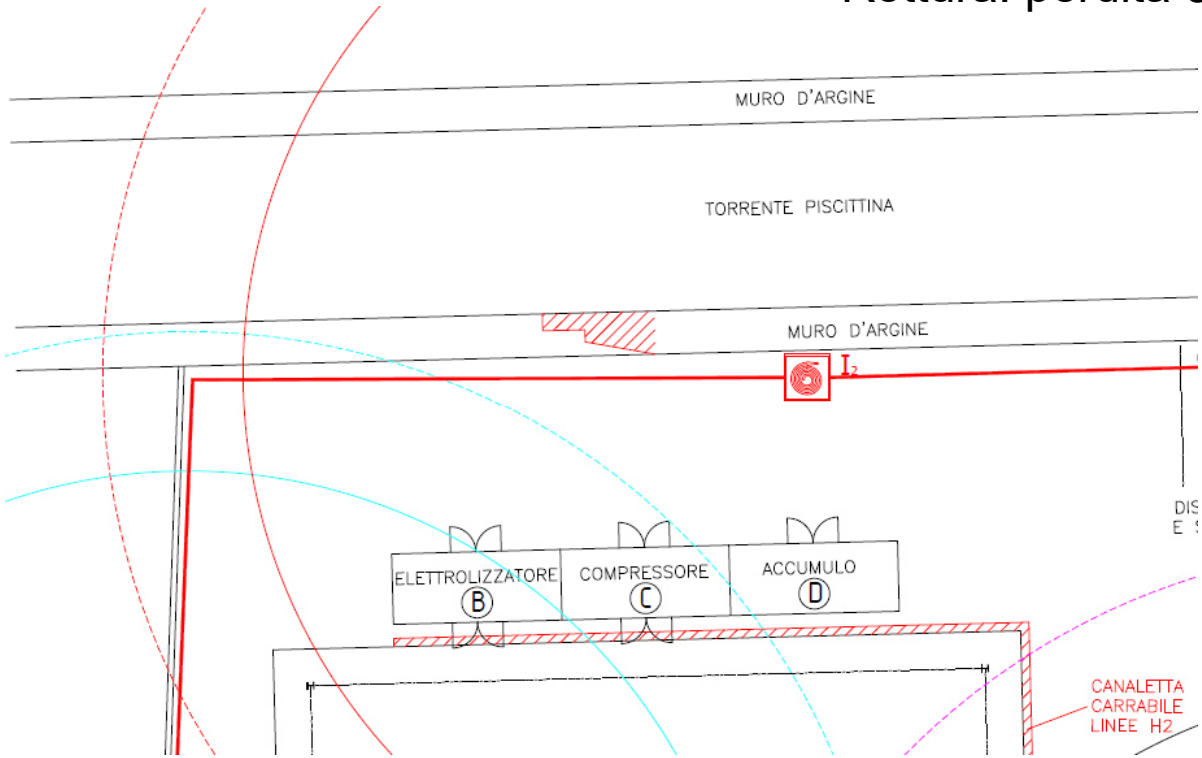
c) accumulo secondario necessario per il rifornimento a 360 bar

➢ Pressione di esercizio	360 bar
➢ Temperatura operativa recipienti di stoccaggio	-20°C / +50°C
➢ Certificazione	97/23/CE (PED)
➢ Volume	n°8 bombole da 50 l

Vigili del Fuoco

Diametro tubi collegamento bombole 10 mm

Cricca: perdita di piccolo diametro 10%DN
Foro: perdita media 10-50% DN
Rottura: perdita 50-100% DN

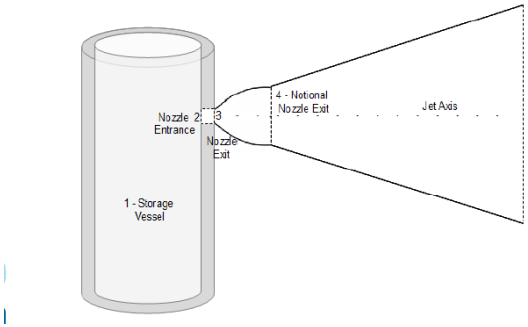


c) accumulo secondario necessario per il rifornimento a 360 bar

➢ Pressione di esercizio	360 bar
➢ Temperatura operativa recipienti di stoccaggio	-20°C / +50°C
➢ Certificazione	97/23/CE (PED)
➢ Volume	n°8 bombole da 50 l

Diametro tubi collegamento bombole 10 mm

Cricca: perdita di piccolo diametro 10%DN=**1mm**
Foro: perdita media 10-50% DN = **5mm**
Rottura: perdita 50-100% DN = **10mm**



$$x = \frac{5.4 \times D}{C_{\text{ax}}} \bullet \sqrt{\frac{\rho_N}{\rho_S}}$$

where:

- $x =$ Axial distance from the nozzle, m
- $D =$ Nozzle diameter, m
- $C_{\text{ax}} =$ Mass fraction of hydrogen at axial distance x, ND
- $\rho_N =$ Density at nozzle exit, kg/m^3
- $\rho_S =$ Air density, kg/m^3

Legge della similarità per determinare quale distanza dal punto di rilascio si ha una data concentrazione di H2.

Vigili del Fuoco

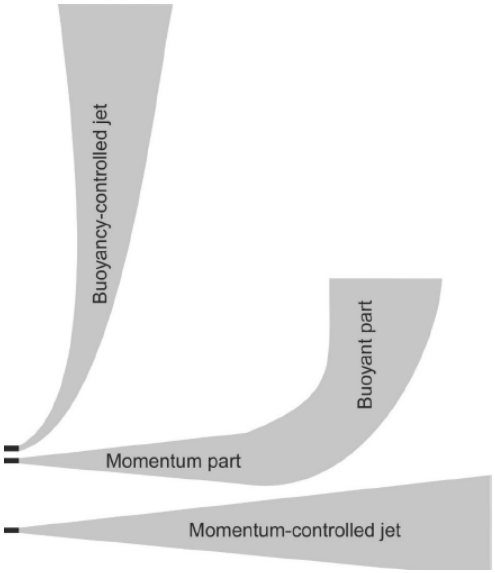
Similarity law for concentration decay in hydrogen expanded and under-expanded jets and unignited jet hazard distances

Name	Symbol	Value	Unit
H2 pressure in reservoir	p_1	350	bar
H2 temperature in reservoir	T_1	20	°C
Orifice diameter	d_3	1	mm
Ambient pressure	p_4	1	bar
Ambient temperature	T_{atm}	20	°C
H2 fraction	X_{H_2}	0.4	
Axial distance from nozzle to 4% by vol. H2	$X_{4\%,H_2}$	6.52425	m
Axial distance from nozzle to 8% by vol. H2	$X_{8\%,H_2}$	3.13586	m
Axial distance from nozzle to 11% by vol. H2	$X_{11\%,H_2}$	2.21186	m
Axial distance from nozzle to 16% by vol. H2	$X_{16\%,H_2}$	1.44177	m
Axial distance from nozzle to 29.5% by vol. H2	$X_{29.5\%,H_2}$	0.666538	m
Axial distance from nozzle to ?% by vol. H2	$X_{?\%,H_2}$	0.424373	m

Export to CSV | Change inputs | CNR_ITAE_efflusso1mm | Save

LFL

Tipologia rottura	Diametro foro	Distanza dal rilascio H2 4%
cricca	1 mm	6,5 m
foro	5 mm	32,6 m
rottura	10 mm	65,2 m

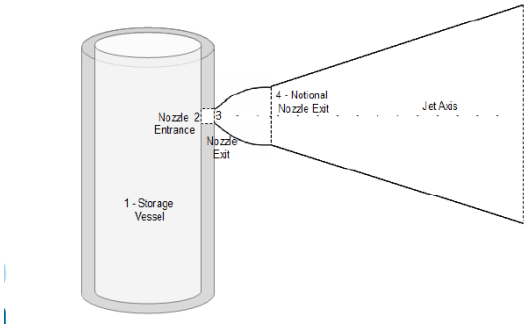


Vigili del Fuoco

jetfire

Cricca: perdita di piccolo diametro 10%DN=**1mm**
Foro: perdita media 10-50% DN = **5mm**
Rottura: perdita 50-100% DN = **10mm**

Diametro tubi collegamento bombole 10 mm



$$C_N = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R_{H2} \cdot T_N}{(1 - b \cdot \rho_N)}}$$

Frazione radiante by Molina

$$\chi = 0.08916 \cdot log_{10}(t_f \cdot \alpha_f \cdot T_{ad}^4) - 1.2172$$

$$t_f = \frac{\pi}{12} \frac{\rho_f \cdot W_f^2 \cdot L_f \cdot Y_s}{\dot{m}}$$

$$\rho_f = \frac{P_{amb} \cdot MW_{st}}{R_u \cdot T_{ad}}$$

ISO TC197

Determinazione della lunghezza del jet fire a tre valori stabiliti:
70°C: nessun effetto sull'uomo (no harm limit);
115°C: dolore per 5 minuti di esposizione (pain limit);
309°C: ustioni di terzo grado per 20s (fatality limit)

Vigili del Fuoco

jetfire

Flame length correlation and three hazard distances for jet fires

Name	Symbol	Value	Unit
H2 pressure in reservoir	p_1	350	bar
H2 temperature in reservoir	T_1	20	°C
Orifice diameter	d_3	1	mm
Ambient pressure	p_4	1	bar
Ambient temperature	T_{atm}	20	°C
Flame length	L_F	2.60001	m
No harm (70°C) separation distance	X_{70}	9.10004	m
Pain limit (5 mins, 115°C) separation distance	X_{115}	7.80003	m
Third degree burns (20 sec, 309°C) separation distance	X_{309}	5.20002	m

Export to CSV | Change inputs | Dataset name | Save

Diametro foro	No Harm (70°C)	Pain Limit (115°C)	Third degree burns (309°C)	Lunghezza fiamma
1 mm	9,1 m	7,8m	5,2m	2,6m
5 mm	45,5 m	39,0m	26,0m	13m
10 mm	91m	78m	52m	26m

Vigili del Fuoco

UVCE

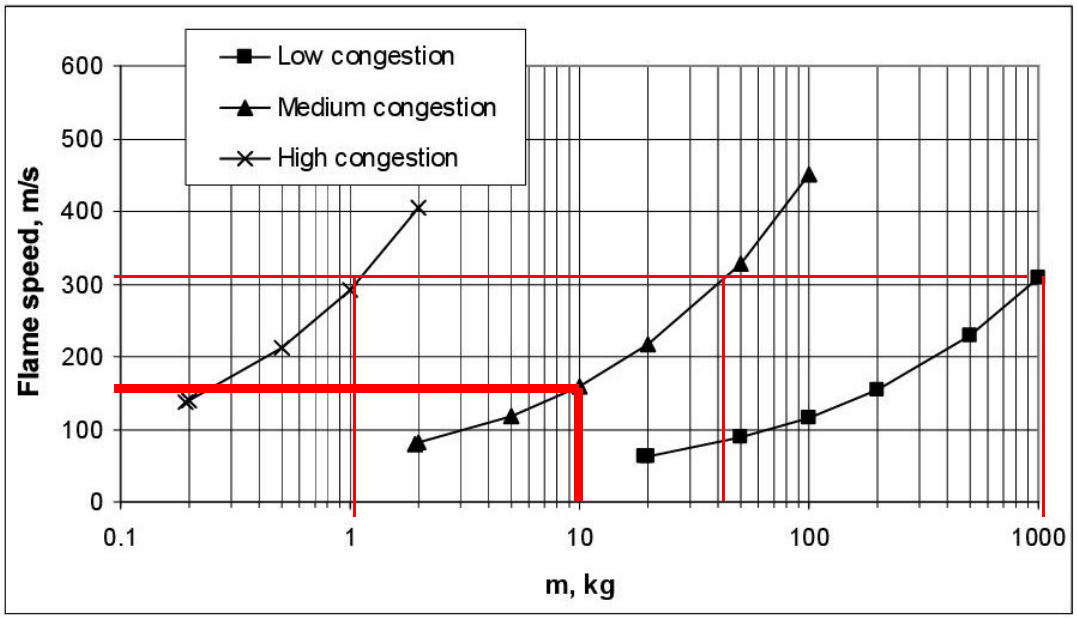


Figure 4. Flame speed in hydrogen cloud as a function of total mass of hydrogen released.

La quantità di massa rilasciata che potrebbe potenzialmente causare un esplosione dipende dal livello di congestione del sito.

8 bombole da 50 litri a 350 bar = 400 litri = **11 kg**

Alta congestione: distanza tra ostacoli 0,2m
Media congestione: distanza tra ostacoli 1m
Bassa congestione: distanza tra ostacoli 4 m

Bibliografia: Evaluation of safety distances related to unconfined hydrogen explosions

PERICOLOSITA' E RISCHI DELL'IDROGENO

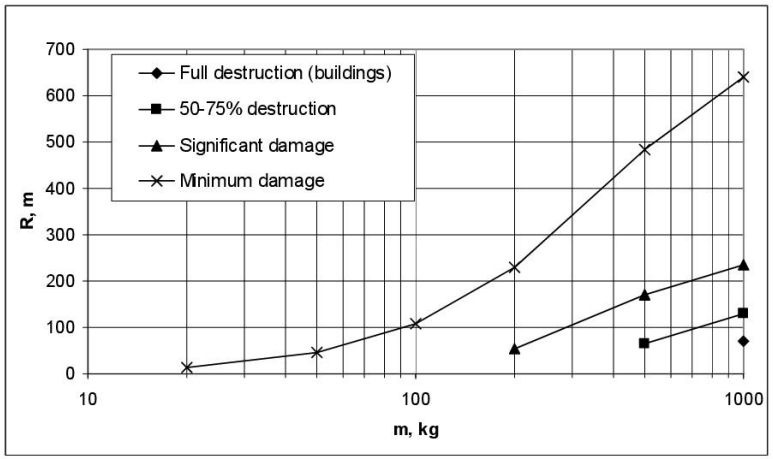


Figure 5. Radii from blast epicentre to locations with selected levels of building damages versus total mass of hydrogen released for low congestion.

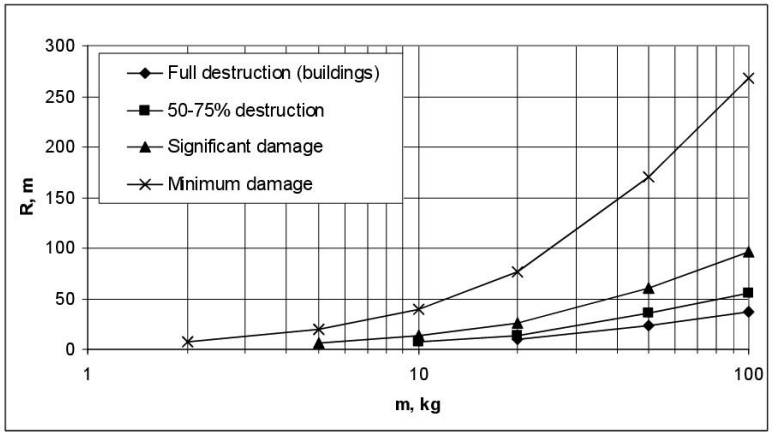


Figure 6. Radii from blast epicentre to locations with selected levels of building damages versus total mass of hydrogen released for medium congestion.

Minimum damage: 0,03 bar lesioni reversibili
Significant damage: 0,14 bar Inizio letalità

Il congestionamento dell'area influisce notevolmente sul danneggiamento a parità di quantità rilasciata

Lo studio dimostra anche che con 1000 kg rilasciati si posso avere danneggiamenti severi qualunque sia il livello di congestionamento

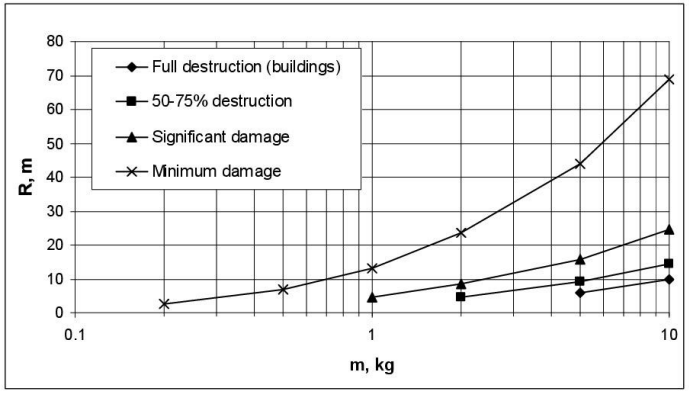


Figure 7. Radii from blast epicentre to locations with selected levels of building damages versus total mass of hydrogen released for high congestion.

Bibliografia: Evaluation of safety distances related to unconfined hydrogen explosions

GRAZIE
PER L'ATTENZIONE