



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



MIT  
MINISTERO  
DELLE INFRASTRUTTURE  
E DEI TRASPORTI



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



Regione Lombardia

Direzione Generale Infrastrutture e Opere Pubbliche



FERROVIENORD  
FNM GROUP



un progetto di  
FNM FERRUCO FENICE FENICE

CODICE  
COMMESSA

LIVELLO  
PROGETTAZIONE

D.P.R.  
207/10

PROGRESSIVO  
ELABORATO

CATEGORIA  
OPERA

NUMERO  
OPERA

REVISIONE

SCALA

B 3 5

D

b

0 1 5

V V

0 2

R 0

-

# IMPIANTO DI PRODUZIONE, STOCCAGGIO E DISTRIBUZIONE DI IDROGENO DI EDOLO Progetto Definitivo

## RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA Analisi del rischio di incendio ed esplosione

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1		-		
	0	09/07/2024	PRIMA EMISSIONE		

FERROVIENORD

APPALTATORE



Progettista



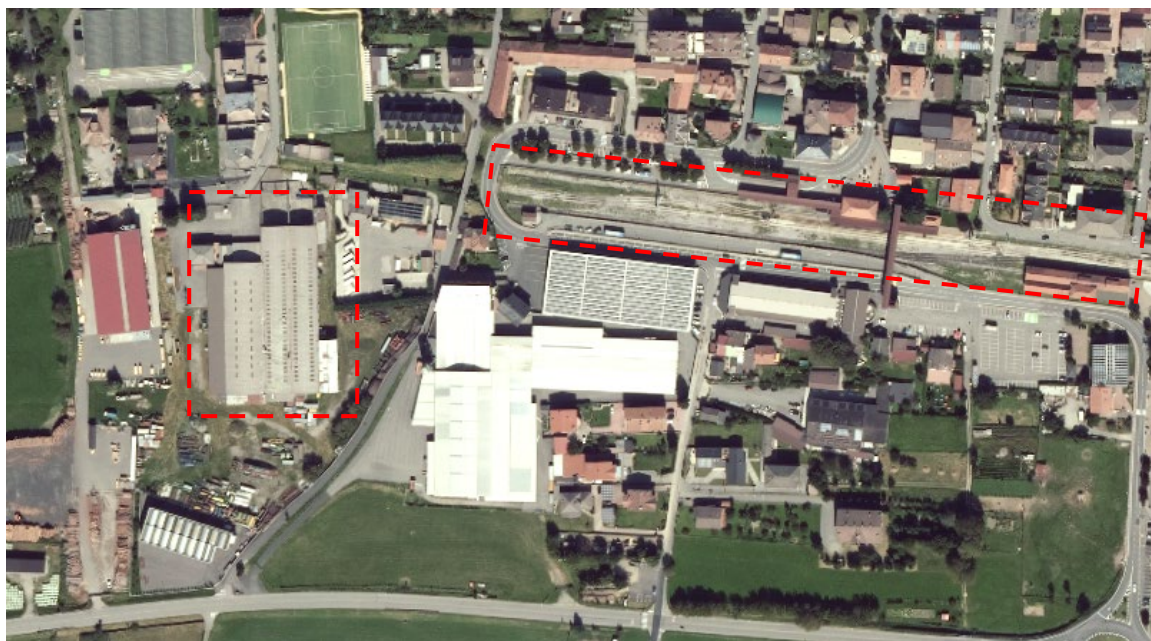
BTP INFRASTRUTTURE S.p.A.

Via di Torre Rosa 66 - 00165 ROMA  
☎ (+39) 06 8710088 ✉ info@btpinfra.it  
Web: www.btpinfrastrutture.com

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
S. BENUCCI	D. PERSIA	N. SBARIGIA	09/07/2024
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

# **RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA ANALISI DEL RISCHIO DI INCENDIO ED ESPLOSIONE COMUNE DI EDOLO (BS)**

**Impianto di produzione, stoccaggio e distribuzione di idrogeno  
di Edolo (BS).  
Progetto Definitivo**



## Sommario

<b>1. OGGETTO E SCOPO DEL DOCUMENTO</b>	<b>4</b>
1.1. SCOPO DELL'ANALISI DI RISCHIO QUANTITATIVA	5
1.2. DEFINIZIONI	6
1.3. ABBREVIAZIONI	8
<b>2. RIFERIMENTI</b>	<b>9</b>
<b>3. METODOLOGIA E ASSUNZIONI QRA</b>	<b>11</b>
3.1. IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI E FREQUENZE DI RILASCIO	11
3.2. CALCOLO DELLE FREQUENZE DEGLI SCENARI INCIDENTALI	12
3.3. VALUTAZIONE DELLE CONSEGUENZE INCIDENTALI	15
3.3.1. Dati Ambientali	15
3.3.2. Modellazione delle Conseguenze	15
3.3.3. Stima degli Inventari Pericolosi e Durate di Rilascio	16
3.3.4. Identificazione delle Aree Congestionate	16
3.3.5. Soglie di danno	17
3.4. VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ TERRITORIALE	17
3.4.1. Raccomandazioni	18
3.5. ASSUNZIONI	18
<b>4. RISULTATI DELL'ANALISI DI RISCHIO</b>	<b>20</b>
4.1. SEZIONI ISOLABILI	20
4.2. ANALISI DELLE FREQUENZE DEGLI SCENARI INCIDENTALI	22
4.3. VALUTAZIONE DELLE CONSEGUENZE	25
4.3.1. Jet Fire	26
4.3.2. Flash Fire	27
4.3.3. Esplosioni	28
4.4. COMPATIBILITÀ TERRITORIALE	29
4.4.1. Incendio - Jet Fire	29
4.4.2. Incendio - Flash Fire	31
4.4.3. Esplosione	33
<b>4.5. RISULTATI DEI DANNI ALLE STRUTTURE</b>	<b>33</b>

---

<b>5. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI</b>	<b>34</b>
<i>Allegato 1 – Markup Sezioni Isolabili</i>	<i>37</i>
<i>Allegato 2 – Calcolo frequenze di rilascio</i>	<i>41</i>
<i>Allegato 3 – Mappe di Rischio – Compatibilità Territoriale</i>	<i>43</i>
<i>Allegato 4 – Misure di Riduzione del Rischio – Planimetria</i>	<i>51</i>
<i>Allegato 5 – Analisi delle durate degli scenari incidentali</i>	<i>53</i>
<i>Allegato 6 – HOLD List</i>	<i>62</i>
<i>Allegato 7 – Raffigurazione muro esistente in Via Rassiche</i>	<i>63</i>
<i>Allegato 8 - Raffigurazione muro esistente in corrispondenza dell'Isola Ecologica</i>	<i>65</i>
<i>Allegato 9 - Verifica della compatibilità territoriale</i>	<i>67</i>



## **1. OGGETTO E SCOPO DEL DOCUMENTO**

Oggetto del presente progetto è un nuovo sito di produzione, stoccaggio e distribuzione dell'idrogeno a treni di FERROVIENORD, denominato sinteticamente "Impianto Idrogeno verde di Edolo" (BS), affidato da parte della Stazione Appaltante FERROVIENORD SpA (PROC. 0087-2023 – CIG: 9650328697 - CUP: E31B21005960002) alla società RTI Consorzio Innova Società Cooperativa e BTP Infrastrutture Spa come contraente generale.

Scopo dello studio è la valutazione preliminare del rischio di incidente, derivante dagli scenari incidentali di fuoco ed esplosione dovuti alla presenza di materiale infiammabile, quale idrogeno. Inoltre, il seguente studio effettua la verifica della compatibilità territoriale dell'opera conformemente alle indicazioni del D.M. 09/05/2001. Pur non essendo l'impianto di pertinenza del Decreto Legislativo 105/2015 per le basse quantità di idrogeno presenti, il D.M 09/05/2001 viene utilizzato perché è richiamato all'interno del D.M. 09/05/2007 come riferimento per i valori soglia da utilizzare per la valutazione delle conseguenze. Il DM 09/05/2007 è stato seguito per ottemperare ai criteri tecnici e alle regole generali di sicurezza antincendio attualmente in vigore.

Nel documento si riportano anche la metodologia adottata, i dati di input, le assunzioni, nonché le raccomandazioni individuate per effettuare una riduzione del rischio.

## **1.1. SCOPO DELL'ANALISI DI RISCHIO QUANTITATIVA**

Lo scopo di tale Analisi di Rischio è quello di studiare i rischi a cui potrebbero essere soggetti il personale di impianto e le persone presenti nelle aree adiacenti a seguito dell'esposizione agli effetti indesiderati provocati da potenziali incendi ed esplosioni risultanti da rilasci accidentali causati da apparecchiature e tubazioni di impianto.

A valle dell'identificazione dei possibili eventi incidentali e delle possibili sorgenti di rilascio di sostanza infiammabile, si procede con la stima delle frequenze di rilascio, delle probabilità di innesco e delle frequenze degli scenari incidentali conseguenti, basandosi su dati storici riportati in letteratura (IOGP 434-1, IOGP 434-3 e IOGP 434-6) e sulla tecnica degli Alberi degli Eventi.

La valutazione delle conseguenze connesse agli eventi incidentali individuati viene effettuata con l'ausilio del programma di calcolo PHAST 8.9 sviluppato dalla Det Norske Veritas Ltd (DNV).

## 1.2. DEFINIZIONI

<b>SOGGETTO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<i>STAZIONE APPALTANTE o COMMITTENTE</i>	FERROVIENORD SPA
<i>CONTRAENTE o AFFIDATARIO o APPALTATORE o RTI</i>	Raggruppamento Temporaneo di Imprese (RTI) Consorzio Innova Società Cooperativa e BTP Infrastrutture Spa
<i>AREA CONGESTIONATA</i>	Un'area specifica dell'impianto in cui le apparecchiature di processo sono raggruppate e la frazione di volume occupata da tubazioni, serbatoi e pompe è significativa. Una nube di gas infiammabile che raggiunge quell'area può generare uno scenario di esplosione.
<i>ESPLOSIONE</i>	Combustione violenta di un gas o nebbia infiammabile che genera effetti di pressione dovuti al confinamento del flusso indotto dalla combustione e/o all'accelerazione della fiamma da ostacoli nel percorso della stessa.
<i>FLASH FIRE</i>	Innesco ritardato di una nube di gas infiammabile al di fuori di un'area congestionata.
<i>JET FIRE</i>	Innesco immediato di gas infiammabile in pressione.
<i>LFL</i>	Limite inferiore di infiammabilità: concentrazione minima in aria di sostanza infiammabile per cui la miscela sostanza infiammabile-aria brucia, se innescata.
<i>LFL/2</i>	Valore di concentrazione corrispondente alla metà del limite inferiore di infiammabilità.
<i>MISURA RIDUZIONE RISCHIO</i>	Metodo o misura di controllo strutturato che riduca l'entità o la probabilità delle conseguenze previste di tale evento.
<i>PERICOLO</i>	Ogni evento avente la potenzialità di causare danno, inclusi gli effetti sulla salute e l'infortunio, il danno agli asset, agli impianti, ai prodotti o all'ambiente, le perdite di produzione o l'aumento di passività.
<i>PROBABILITÀ</i>	L'aspettativa o la possibilità che qualcosa accada.

<i>RISCHIO</i>	La probabilità che un determinato evento si verifichi in un dato periodo o in circostanze specifiche.
<i>SCENARIO</i>	Evento che ha dato origine a sua volta ad un evento accidentale o aveva la potenzialità di originare un evento accidentale. Nelle attività industriali trattasi normalmente di un fenomeno successivo ad una perdita di contenimento di sostanza infiammabile e/o tossica. Gli effetti del fenomeno possono comportare danni da sovrappressioni, calore o concentrazione di sostanza tossica.
<i>SEZIONE ISOLABILE</i>	Sezione di impianto contenente tubazioni e apparecchiature delimitata dai seguenti elementi capaci di garantirne l'isolamento (e.g. valvole di isolamento di emergenza (SDV), valvola di sfogo della pressione (PSV), valvola di depressurizzazione (BDV)).
<i>SORGENTE DI RILASCIO</i>	Punto dalla quale può essere rilasciata una sostanza pericolosa in atmosfera.
<i>SOTTOSEZIONE ISOLABILE</i>	Sottosezione Isolabile

### **1.3. ABBREVIAZIONI**

AC	Area Congestionata
BDV	Blowdown Valve (Valvola di Depressurizzazione)
D.Lvo	Decreto Legislativo
D.M.	Decreto Ministeriale
DNV	Det Norske Veritas
ETA	Event Tree Analysis (Albero degli Eventi)
FCEV	Fuel Cell Electrical Vehicle
H	Horizontal (Orizzontale)
IS	Isolatable Section (Sezione Isolabile)
IOGP	International Association of Oil & Gas Producers
LFL	Lower Flammability Limit (Limite Inferiore di Infiammabilità)
LPG	Liquefied Petroleum Gas (GPL-Gas Petrolio Liquefatto)
MEM	Multi-Energy Method
N.R.	Non Raggiunta
PFD	Process Flow Diagram (Schema di Processo)
PSV	Pressure Safety Valve (Valvola di Sicurezza della Pressione)
SDV	Shutdown Valve (Valvola di Isolamento)
VI	Vertical Impingement (Verticale con impatto)

## 2. RIFERIMENTI

I riferimenti normativi ed i documenti di progetto considerati nello svolgimento dell'analisi di rischio sono i seguenti:

RIFERIMENTO	DOCUMENTO	DESCRIZIONE
1.	D.M. 07.07.2023	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
2.	D.M. 09.05.2001	Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante
3.	D.M. 23.10.2018	Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione.
4.	D.Lvo 09.04.2008 n. 81	Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
5.	IOGP Report 434-1	Process release frequencies, September 2019
6.	IOGP Report 434-3	Storage incident frequencies, March 2010
7.	IOGP Report 434-6	Risk assessment data directory-Ignition probabilities, September 2019
8.	-	Application of correlations to quantify the source strength of vapour cloud explosions in realistic situations. Final report for the project: "GAMES", 1998
9.	IP-UKOOA	Guidance on assigning ignition probabilities in onshore and offshore quantitative risk assessments
10.	B35-D-d-010-VV	Planimetria di Progetto

RIFERIMENTO	DOCUMENTO	DESCRIZIONE
11.	B35-D-b-001-VV-02	Schema di Processo - Sezione Acqua di Alimento ed Elettrolisi
12.	B35-D-b-002-VV-02	Schema di Processo - Sezione di Compressione H2
13.	B35-D-b-003-VV-02	Schema di Processo - Sezione di Stoccaggio Alta Pressione e Rifornimento H2
14.	B35-D-r-001-VV-02	Bilancio di Materia ed Energia a Condizioni Stazionarie e Nominali
15.	B35-D-b-001-IT-02	Basi di progetto
16.		PGS 3 (Purple book) – Guidelines for quantitative risk assessment
17.	-	Storico Temperature Medie Anni 2021-2022 Comune di Edolo (BS) - <a href="https://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/">https://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/</a>
18.	-	Valore medio radiazione solare – Brescia - <a href="https://www.infopannellisolari.com/dati/provincia.php?codice=15">https://www.infopannellisolari.com/dati/provincia.php?codice=15</a>
19.	Dp.A18	Comune di Edolo-Provincia di Brescia – Documento di Piano – Ambiente Urbano- Densità Edilizie, Novembre 2011



### **3. METODOLOGIA E ASSUNZIONI QRA**

Il presente studio quantifica i rischi relativi a scenari di incidentali conseguenti alla perdita di contenimento casuale da apparecchiature di processo, linee e stazioni di rifornimento relativi all' Impianto di produzione, stoccaggio e distribuzione di idrogeno di Edolo (BS).

La metodologia adottata si articola nei seguenti step:

1. Identificazione dei potenziali scenari di rilascio di fluidi pericolosi;
2. Valutazione delle frequenze di rilascio relative agli scenari identificati;
3. Sviluppo degli scenari di rilascio in eventi incidentali e valutazione delle relative probabilità mediante metodo degli "alberi degli eventi";
4. Valutazione delle conseguenze degli scenari di incidente;
5. Verifica della compatibilità territoriale in accordo al D.M. 09.05.2001 (Rif. 4);
6. Calcolo del valore di resistenza a fuoco e ad esplosione per le strutture (e.g. bunker di stoccaggio idrogeno);
7. Identificazione delle misure atte alla prevenzione e alla mitigazione dei rischi individuati.

#### **3.1. IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI E FREQUENZE DI RILASCIO**

Nell'ambito della presente analisi, l'identificazione dei pericoli è stata condotta mediante l'individuazione delle rotture casuali degli elementi d'impianto, quali apparecchiature di processo, tubazioni, connessioni ed erogatori, che possono dare luogo a perdite di contenimento. L'analisi ed i risultati hanno quindi carattere statistico.

La frequenza attesa di rilascio è stimata sulla base di ratei di rottura forniti dai database IOGP 434-01 (Rif. 5) e da IOGP 434-03 (Rif. 6), costruiti sulla base di dati storici relativi al periodo 1992-2015, provenienti dal database HCRD (Hydrocarbon Release Database).

Con l'obiettivo di fornire una più completa rappresentazione dell'impianto nelle sue normali condizioni operative ed attraverso i documenti di progetto (Riff.

10,11,12,13,14), l'analisi di rischio prevede l'identificazione delle sezioni isolabili, delle rispettive sottosezioni (i.e. al fine di considerare il cambiamento delle condizioni operative all'interno della sezione isolabile) ed il posizionamento di un punto di rilascio rappresentativo all'interno della singola sottosezione.

Lo studio è condotto definendo dei fori di rilascio rappresentativi delle possibili rotture casuali che possono originarsi per ogni sezione isolabile; si ritengono rappresentativi i seguenti diametri di efflusso:

- 1" (25.4 mm): foro di rilascio di piccola-media grandezza;
- 4" (101.6mm): foro di rilascio rappresentativo di una rottura casuale di modesta grandezza.

Questi diametri di efflusso si ritengono rappresentativi dal momento in cui si correlano i seguenti aspetti: diametro medio delle apparecchiature e tubazioni, storicità dei rilasci.

La frequenza di rilascio associata ad ogni sezione isolabile è calcolata attraverso la tecnica del conteggio degli elementi (i.e. "parts count").

### **3.2. CALCOLO DELLE FREQUENZE DEGLI SCENARI INCIDENTALI**

La tecnica adottata per sviluppare un rilascio nei potenziali scenari incidentali è l' Event Tree Analysis (ETA), ovvero Alberi degli Eventi, che fornisce una presentazione grafica e sistematica di questo sviluppo.

L'albero degli eventi che fornisce una descrizione relativa agli scenari incidentali possibili per l'impianto in esame è quello relativo ai rilasci in fase gas, di cui si fornisce un esempio in Figura 1:

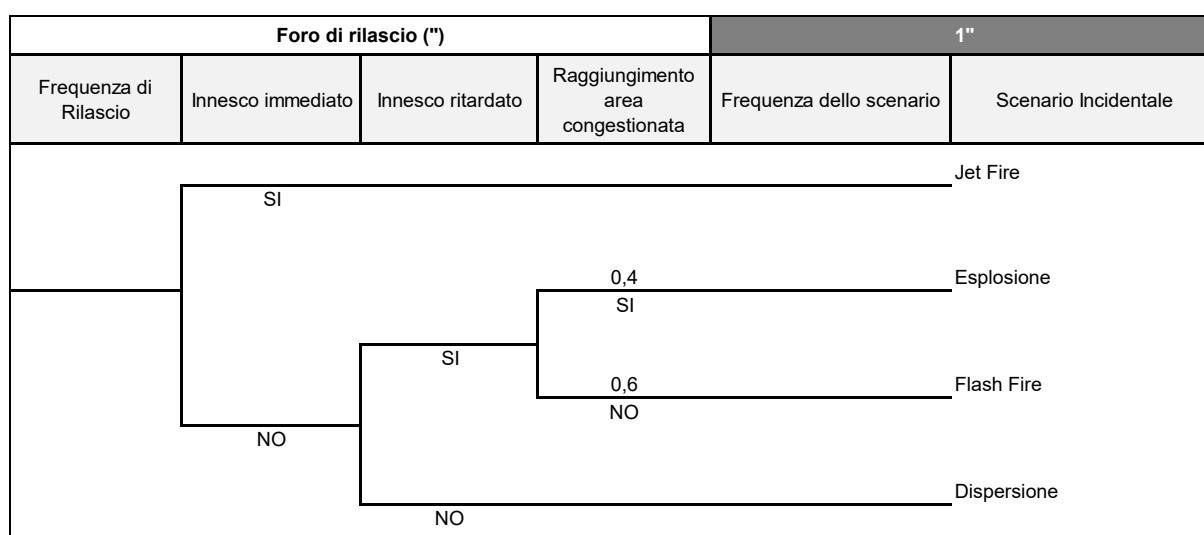


Figura 1 – Albero degli eventi per fluidi stoccati in pressione in fase vapore o liquida per l'industria di processo, da IP-UKOOA (Rif. 9)

La struttura di un albero degli eventi è caratterizzata da tre “nodi” principali: innesco immediato, ritardato e sviluppo di Flash Fire o esplosione, ognuno dei quali può avere due uscite, solitamente indicate con “Si” e “No” e indicanti, rispettivamente, l'accadimento o meno del fenomeno.

Nello sviluppo di quest'analisi vengono adottati gli split elencati di seguito per il calcolo della probabilità di innesco immediata, ritardata e sviluppo di flash fire o esplosione in accordo alla linea guida IP-UKOOA (Rif. 9) tipicamente utilizzata per l'industria di processo:

- Split immediato/ritardato: 50/50;
- Split Flash Fire/Esplosione: 60/40.

Si precisa che la linea guida IP-UKOOA (Rif. 9) è applicabile anche per impianti onshore, visto che la probabilità di innesco è funzione della portata di rilascio e della reattività della sostanza rilasciata.

Si specifica che, sebbene vi sia uno split teorico (i.e. da albero degli eventi) tra Flash Fire ed esplosione, all'interno del presente studio, le frequenze di esplosione saranno calcolate sulla base dei rilasci capaci di raggiungere, ad una concentrazione pari al LFL/2, le aree congestionate presenti all'interno dell'impianto. La quota parte dei rilasci o quei rilasci che non raggiungono le aree congestionate contribuiranno alla sola frequenza di Flash Fire per il singolo rilascio. La valutazione del raggiungimento delle

aree congestionate da parte delle nubi infiammabili terrà conto delle ostruzioni presenti tra il punto di rilascio e le aree congestionate.

Ad ogni nodo dell'albero vi è associata una probabilità di accadimento, calcolabile a partire dalla probabilità di innesco totale.

Il calcolo delle probabilità di innesco totali è stato effettuato mediante l'utilizzo delle "Look-Up Correlation", le quali permettono la determinazione della probabilità di innesco totale in funzione della portata di rilascio ed in funzione della tipologia di stabilimento e del processo (Rif.7); per la presente analisi di Rischio è stata selezionata la correlazione N°5 "Small gas plant LPG". Si è scelta questa correlazione sulla base delle dimensioni dell'impianto ed effettuando, inoltre, una valutazione conservativa tra le possibili correlazioni dedicate ad impianti di piccole dimensioni, come quello in questione.

In Tabella 1 sono riportate le equazioni esplicite per il calcolo delle probabilità di innesco totali, in funzione della portata di rilascio, per la correlazione sopra menzionata.

N. correlazione	Portata di rilascio (kg/s)	Equazione
Small Gas Plant LPG	0.1 – 1	$P_{inn}=0.00250Q^{0.357}$
	1 – 3	$P_{inn}=0.00250Q^{1.568}$
	3-498	$P_{inn}=0.00624Q^{0.735}$
	>498	$P_{inn}=0.600$

*Tabella 1 – Equazioni per il calcolo della probabilità di innesco totale*

Come indicato nel IOGP 434-6 (Rif. 7), data l'energia di innesco dell'idrogeno che è inferiore di circa un ordine di grandezza rispetto a quella degli altri idrocarburi, i valori di probabilità di innesco totali ottenuti sono stati raddoppiati, senza superare la probabilità pari a 1.

Per riassumere, le frequenze degli scenari incidentali finali si ottengono come segue:

- Jet fire: si moltiplica la frequenza iniziale di rilascio per la probabilità di innesco immediato;
- Flash fire: si moltiplica la frequenza iniziale di rilascio per la probabilità di innesco ritardato e la probabilità di non raggiungere un'area congestionata;

- Esplosione: si moltiplica la frequenza iniziale di rilascio per la probabilità di innesco ritardato e la probabilità di raggiungere un'area congestionata.

### **3.3. VALUTAZIONE DELLE CONSEGUENZE INCIDENTALI**

La valutazione delle conseguenze viene effettuata mediante il software DNV PHAST v.8.9, tenendo conto delle condizioni ambientali del luogo geografico in cui è posizionato l'impianto, della posizione delle sorgenti di rilascio e delle aree congestionate.

#### **3.3.1. Dati Ambientali**

In accordo ai dati di progetto ed ambientali, le conseguenze verranno valutate considerando conservativamente un valore di umidità del 54% (Rif. 15) e ad una temperatura media ambientale di 11.5°C (Rif. 17). Tali valori sono stati scelti, a valle di un'analisi di sensitività sugli effetti originati dagli eventi incidentali, in quanto conservativi e rappresentativi della località. L'irraggiamento solare presente nelle ore diurne è posto pari a 0.16 kW/m<sup>2</sup> (Rif.18).

Tutte le conseguenze sono calcolate per due categorie meteorologiche. In particolare, verranno valutati gli effetti considerando le classi di Pasquill D, rappresentativa per le ore diurne, e F rappresentativa per quelle notturne; alle classi saranno associate le velocità medie del vento di 5 m/s e 2 m/s, rispettivamente.

#### **3.3.2. Modellazione delle Conseguenze**

Per le sorgenti di rilascio localizzate fuori terra e per ogni foro rappresentativo si assume quanto elencato di seguito:

- altezza di rilascio pari ad 1.5 m rispetto al livello del suolo per i dispenser treni/carro bombolaio;
- altezza di rilascio pari a 3 m rispetto al livello del suolo per le tubazioni installate su paline;
- direzione di rilascio orizzontale (nel seguito denotato con la lettera "H").

Tutti gli effetti associati agli eventi incidentali sono valutati e riportati ad un'altezza di 1.5 m rispetto al livello del suolo. Tale quota rispecchia l'altezza media di una persona.

### **3.3.3. Stima degli Inventari Pericolosi e Durate di Rilascio**

Ogni sezione isolabile identificata contiene una quantità di sostanza pericolosa stimata attraverso gli effettivi volumi e condizioni operative presenti nella stessa.

La quantità di sostanza pericolosa che può essere rilasciata, caratterizza la durata del rilascio in funzione del diametro di efflusso considerato.

Le durate degli scenari risultano utili al fine dell'individuazione degli impatti sulle strutture, per le quali il danno deve essere valutato in funzione della durata dello scenario. Tuttavia, la valutazione finale dei tempi di svuotamento non tiene conto dei sistemi di depressurizzazione presenti effettivamente in impianto e che riducono le durate dei rilasci. Va considerato che la vulnerabilità delle persone rispetto a qualsiasi scenario incidentale è immediata. Di conseguenza, l'aggiunta di sistemi di mitigazione all'analisi di rischio non comporterebbe in alcun modo miglioramenti nei confronti del target persona e quindi i danni alle persone risulterebbero identici.

Pertanto, ai fini della stima della durata degli scenari incidentali si assume quanto segue:

- Presenza di un sistema di rilevamento fuoco e gas;
- Tempo necessario a rilevazione ed isolamento pari a 120 s (in zone di impianto all'aperto), valore fornito dal Purple Book (Rif. 16), e pari a 60s (in zone di impianto al chiuso), tempo ritenuto più adatto a zone confinate.

### **3.3.4. Identificazione delle Aree Congestionate**

La condizione necessaria affinché vi sia esplosione è strettamente legata alla dispersione di nubi infiammabili in aree congestionate contenenti potenziali sorgenti di innesco.

Le aree congestionate presenti in impianto sono individuate applicando il metodo "GAMES" (Rif.8). È stato scelto questo metodo per il calcolo delle aree congestionate in quanto consente di tenere in considerazione le effettive dimensioni degli ostacoli presenti nell'area di interesse.

Attraverso tale metodo e per tutte le aree con possibile presenza di innesco, viene calcolata la frazione di volume ostruito. Considerando inoltre la dimensione media degli oggetti presenti nell'area, del percorso della fiamma a partire dalla posizione

dell'innesco e del fluido in esame, è possibile calcolare la massima sovrappressione generata dall'esplosione dell'area congestionata.

Mediante il metodo "GAMES", le distanze raggiunte a diversi livelli di sovrappressione vengono calcolate attraverso la scelta di una curva rappresentativa definita dal Multi-Energy Method (MEM) ed in funzione della massa infiammabile presente nell'area congestionata.

### 3.3.5. Soglie di danno

L'estensione delle aree o distanze di danno attese è determinata sulla base di soglie di concentrazione o di energia fornite dalle fonti citate dal decreto ministeriale D.M. 09.05.2001 (Rif. 2).

In Tabella 2 sono riportati i valori soglia e i relativi valori di letalità considerati per gli scenari di incendi, flash fire ed esplosioni riportati nel D.M. 09.05.2001 (Rif. 2).

Scenario incidentale	Elevata letalità (100% fatalità)	Inizio letalità (1% fatalità)	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili	Danni strutture
Jet fire (kW/m <sup>2</sup> )	12.5	7	5	3	12.5
Flash fire	LFL	LFL/2			
Esplosione Sovrappressione di picco (barg)	0.3	0.14	0.07	0.03	0.3

*Tabella 2 – Valori di soglia*

## 3.4. VERIFICA DELLA COMPATIBILITA TERRITORIALE

Ogni scenario incidentale identificato mediante la combinazione di frequenza di accadimento e conseguenza incidentale (i.e. evento contributore al rischio) è soggetto a verifica di compatibilità territoriale in accordo al decreto ministeriale D.M. 09.05.2001 (Rif. 2). Si riportano in Tabella 3 i criteri di compatibilità presenti nel D.M. 09.05.2001 (Rif. 2) e utilizzati per effettuare la verifica della compatibilità.



Classe di Probabilità degli Eventi (ev./anno)	Categoria di Effetti			
	Elevata Letalità	Inizio Letalità	Lesioni Irreversibili	Lesioni Reversibili
$<10^{-6}$	DEF	CDEF	BCDEF	ABCDEF
$10^{-4} - 10^{-6}$	EF	DEF	CDEF	BCDEF
$10^{-3} - 10^{-4}$	F	EF	DEF	CDEF
$>10^{-3}$	F	F	EF	DEF

*Tabella 3 – Categorie territoriali compatibili con gli stabilimenti*

Le lettere indicate in Tabella 3 fanno riferimento alle categorie territoriali, identificate sulla base dell'indice fondiario di edificazione e della presenza di aree affollate in quella determinata zona. In particolare, la categoria A presenta l'indice fondiario di edificazione maggiore e anche un numero di luoghi soggetti ad affollamento elevato; le categorie a seguire riportano un indice fondiario via via minore e anche un numero di luoghi affollati in diminuzione. Infine, si specifica che la categoria F si riferisce alla zona entro i confini dello stabilimento.

La verifica di compatibilità territoriale è effettuata sovrapponendo gli scenari incidentali alla planimetria di dominio pubblico fornite dal comune di Edolo (BS), riportante le densità edilizie (Rif. 19).

### **3.4.1. Raccomandazioni**

Qualora la compatibilità territoriale non sia verificata, le opportune misure preventive e/o mitigative del rischio saranno suggerite come obiettivo della presente analisi, al fine della protezione dallo scenario in esame.

## **3.5. ASSUNZIONI**

L'analisi di rischio di incendio ed esplosione per l'impianto è stata effettuata conformemente all'attuale documentazione di progetto (Rif. 10 a 14) e mediante l'impiego delle seguenti assunzioni di carattere metodologico e/o progettuale:

- Sezione di elettrolisi dell'idrogeno costituita da No.2 container separati e collocati in pila;
- Tubazioni flangiate per la sezione elettrolisi, buffer idrogeno e connessione con il carro bombolaio;

- Presenza di No.3 valvole manuali in corrispondenza di ogni valvola di controllo;
- Tubazioni di diametro 1-1/2" dalla sezione di elettrolisi di idrogeno all'aspirazione del compressore;
- Tubazioni di diametro 1" per l'idrogeno compresso;
- Linee di caricamento treni mantenute in pressione anche nelle fasi di non caricamento;
- Marcia contemporanea dei compressori (configurazione 2x50%);
- In caso di foratura della tubazione in mandata del compressore, la portata massima che può essere rilasciata sarà assunta essere pari al 120% della portata operativa gestibile dalla macchina;
- Singolo stoccaggio (i.e. No.1 Bunker) contenente No.1 rack di No. 9/11 serbatoi in pressione;
- Il carro bombolaio è composto da 12 bombole avente ciascuna diametro pari a 0.5 m e lunghezza 10 m;
- Dimensione e disposizione dei muri di contenimento dei bunker di stoccaggio come da planimetria di progetto (Rif.10);
- Altezza da terra delle tubazioni fuori terra pari a 3.0 m;
- Valvola di riduzione della pressione dell'idrogeno al carro bombolaio collocata in prossimità dello stesso;
- Periodo complessivo di utilizzo del carro bombolaio pari a 1 mese/anno (HOLD 1);
- Muro di contenimento e divisorio tra Ferrovia e l'antistante parcheggio coperto di altezza 3.0 m (HOLD 2);
- Presenza di muri di contenimento perimetrali, progettati da terzi, lato Nord e lato Sud della ferrovia in corrispondenza dei due dispenser di idrogeno, con altezza di almeno 3 metri da piano di calpestio della banchina ed estensione di almeno 60 metri;
- Presenza di un sistema di rilevamento gas e incendio;
- Attivazione automatica del sistema di isolamento di emergenza in caso di rilevamento fuoco e gas;
- Il volume del buffer di idrogeno è pari a 28 m<sup>3</sup>.

## **4. RISULTATI DELL'ANALISI DI RISCHIO**

In questa sezione sono stati riportati i risultati dell'analisi di rischio condotta per l'impianto di produzione, stoccaggio e distribuzione di idrogeno di Edolo (BS) per la produzione di idrogeno, in accordo alla metodologia descritta nella sezione 3, in termini di:

- Individuazione delle sezioni isolabili;
- Calcolo delle frequenze di rilascio;
- Calcolo delle frequenze di accadimento degli scenari incidentali;
- Determinazione delle distanze di danno ai valori soglia;
- Valutazione della compatibilità territoriale;
- Analisi della resistenza al fuoco ed esplosione per le strutture.

### **4.1. SEZIONI ISOLABILI**

L'impianto è stato suddiviso in 9 sezioni isolabili, sulla base delle valvole di sezionamento presenti (Riff. 11,12,13). Le sezioni sono riportate di seguito:

1. Sezione di elettrolisi;
2. Buffer per idrogeno;
3. Area in aspirazione ai compressori;
4. Sezione di compressione;
5. Area di trasferimento idrogeno dai locali compressori agli erogatori per treni e carro bombolaio;
6. Area di stoccaggio, 6 bunker composti uno da un rack di 9 bombole e i restanti 5 da un rack di 11 bombole ciascuno;
7. Area di erogazione idrogeno per il caricamento dei treni (2 dispenser con 2 manichette ciascuno);
8. Linea di collegamento al carro bombolaio;
9. Area di sosta temporanea per carro bombolaio.

La rappresentazione grafica delle sezioni isolabili sugli schemi di processo è mostrata in Allegato 1.

In Tabella 4 sono elencate le condizioni di processo associate alle sezioni isolabili e sottosezioni identificate per la valutazione delle frequenze di rilascio e delle conseguenze di questo impianto.

IS	Sottosezione	Descrizione	Elevazione sezione	Pressione operativa (barg)	Temperatura operativa (°C)
1	-	Modulo elettrolisi in container d'acciaio	Fuori terra	29	40
2	-	Buffer idrogeno	Fuori terra	29	40
3	-	Linea aspirazione compressori	Fuori terra	29	40
4 A/B	-	Compressori	Fuori terra	500	40
5	5.1	Distribuzione H <sub>2</sub> treni interrata	Interrata***	499	30
	5.2	Distribuzione H <sub>2</sub> aerea zona centrale	Fuori terra	499	30
6 A/B/C/D/E/F	-	Stoccaggio idrogeno	Fuori Terra	500	40
7 A/B	-	Erogatori caricamento treni	Fuori Terra	499	-20
8	-	Linea collegamento carro bombolaio	Interrata***	499	40
9	-	Erogatori caricamento/scaricamento carro bombolaio*	Fuori Terra	499	40

*Tabella 4 – Sezioni Isolabili*

*\*La linea da/verso il carro bombolaio è da intendersi come non in funzione. La portata è prevista nei casi di manutenzione dell'elettrolizzatore e/o riempimento del carro bombolaio saltuariamente.*

*\*\*\* Linee interrate ad una profondità superiore a 0.5 m e incamiciate all'interno di uno sleeve-pipe.*

In particolare, 5.1 e 8 si riferiscono rispettivamente alle tubazioni interrate che raggiungono i dispenser dei treni e il carro bombolaio.

Le altre correnti si riferiscono a rilasci fuori terra dalle linee, apparecchiature e valvole presenti.

Per ogni sezione isolabile e sottosezione, in Tabella 5 sono riportate le frequenze di rilascio ottenute secondo la metodologia riportata nella sezione 3.

Sezione Isolabile	Sottosezione	Frequenza di rilascio (occ./anno)	
		1"	4"
1	-	5.63E-03	2.94E-04
2	-	1.81E-03	4.90E-05
3	-	1.45E-03	0.00E+00
4 A/B	-	1.45E-02	5.60E-04
5	5.1	2.38E-03	0.00E+00
	5.2	1.22E-02	0.00E+00
6 A/B/C/D/E	-	1.34E-03	1.10E-06*
6F**		1.34E-03	9.00E-07*
7 A/B	-	2.14E-03	0.00E+00
8	-	2.70E-04	0.00E+00
9	-	8.93E-04	4.90E-05*

*Tabella 5 – Frequenze di rilascio*

*\*I fori da 4" sono ritenuti possibili per il fatto che le frequenze di rilascio riportate nell'IOGP relative ai vessel in pressione arrivano fino ad un diametro di 150mm, ritenendoli di conseguenza scenari credibili e realistici*

*\*\*Un bunker è costituito da un rack di 9 bombole, piuttosto che un rack di 11 bombole come i restanti 5 bunker.*

Le sezioni 3, 5, 7 e 8 presentano una frequenza di rilascio per fori di 4" pari a zero in quanto sono costituite esclusivamente da tubazioni con diametro di 1".

Il calcolo delle frequenze di rilascio è riportato più in dettaglio nell'Allegato 2.

## **4.2. ANALISI DELLE FREQUENZE DEGLI SCENARI INCIDENTALI**

Le Frequenze degli Scenari incidentali derivanti dalle possibili perdite casuali di contenimento sono state individuate mediante la tecnica degli Alberi degli Eventi, descritta al Paragrafo 3.2.

In particolare, le Probabilità di innesco immediate, ritardate e totali, per le differenti sezioni isolabili e sottosezioni sono mostrate in Tabella 6.

Sezione Isolabile	Sottosezione	Probabilità di innesco					
		1''			4''		
		Totale	Immediato	Ritardato	Totale	Immediato	Ritardato
1	-	0.0046	0.0023	0.0023	0.0804	0.0402	0.0402
2	-	0.0046	0.0023	0.0023	0.0804	0.0402	0.0402
3	-	0.0046	0.0023	0.0023	-	-	-
4 A/B	-	0.0008	0.0004	0.0004	0.0008	0.0004	0.0004
5	5.1	0.0792	0.0396	0.0396	-	-	-
	5.2	0.0792	0.0396	0.0396	-	-	-
6 A/B/C/D/E/F	-	0.0792	0.0396	0.0396	0.6074	0.3037	0.3037
7 A/B	-	0.0838	0.0419	0.0419	-	-	-
8	-	0.0792	0.0396	0.0396	-	-	-
9	-	0.0792	0.0396	0.0396	0.324	0.162	0.162

*Tabella 6 – Probabilità di innesco*

Tali probabilità sono funzione delle portate di rilascio (che a loro volta dipendono dalle condizioni di processo). Le portate utilizzate nel calcolo della probabilità di innesco riportate sopra sono mostrate in Tabella 7.

Sezione Isolabile	Sottosezione	Portata di rilascio (kg/s)		Volume IS (m <sup>3</sup> )	Durate degli scenari (min)	
		1''	4''		1''	4''
1	-	0.79	12.63	43 <sup>Nota 1</sup>	9	1.5
2	-	0.79	12.63	28	7.2	2.4
3	-	0.79	-	0.04	2	-
4 A/B	-	0.02	0.02	0.01	2	2
5	5.1	12.35	-	0.3	2.1	-
	5.2	12.35	-			
6 A/B/C/D/E/F	-	12.35	197.53	15.5 / 12.7 <sup>Nota 2</sup>	7.8 / 6.8 <sup>Nota 2</sup>	2.4 / 2.3 <sup>Nota 2</sup>
7 A/B	-	13.33	-	0.003	2	-
8	-	12.35	-	0.06	2	-
9	-	12.35	197.35	23 <sup>Nota 3</sup>	10.8	2.6

*Tabella 7 – Portate di rilascio e tempi di svuotamento*

*Nota 1: Il volume della sezione isolabile 1 è stato calcolato considerando il volume del piano inferiore del container (3.3m x 12.3m x 3.5 m =142 m<sup>3</sup>) per un grado di riempimento del 30%.*

*Nota 2: 5 bunker prevedono 11 bombole di stoccaggio mentre 1 bunker prevede un rack di 9 bombole; quindi, i volumi e i tempi di svuotamento si riferiscono a queste due configurazioni. Ogni bombola presenta un diametro di 0.47 m e lunghezza 11.8 m.*

*Nota 3: il volume è stato stimato sulla base dell'assunzione che afferma che il carro bombolaio trasporta 12 bombole, ciascuna dal diametro di 0.5 m e lunghezza 10 m.*

Dalla Tabella 7 si evince che le durate degli scenari incidentali non superano una durata di 11 minuti, considerando la presenza di sistemi di F&G sempre funzionanti. Ad ogni modo, non si tiene in considerazione la possibile presenza di sistemi di depressurizzazione presenti in campo che andrebbero a ridurre le durate di rilascio, per mancanza di dettagli di progettazione in questa fase. Le portate di rilascio e la durata degli scenari sono stati calcolati con l'ausilio del software DNV PHAST v.8.9. In Allegato 6 sono state riportate le curve di svuotamento delle sezioni isolabili, mostranti la massa contenuta nel volume della specifica sezione isolabile in funzione del tempo. Le frequenze degli scenari incidentali risultanti in caso di perdita di contenimento sono riportate in Tabella 8, rispettivamente jet fire, flash fire ed esplosioni. Le frequenze degli scenari d'innesco ritardato riportate sono le frequenze effettive (i.e. le frequenze effettivamente calcolate considerando il raggiungimento delle nubi infiammabili all'interno delle aree congestionate).



Sezione Isolabili	Sottosezione	Frequenza degli scenari incidentali (occ./anno)					
		Jet Fire		Flash Fire		Esplosioni	
		1''	4''	1''	4''	1''	4''
1	-	1.29E-05	1.18E-05	0.00E+00	0.00E+00	1.29E-05	1.18E-05
2	-	4.16E-06	1.97E-06	4.16E-06	1.97E-06	0.00E+00	0.00E+00
3	-	3.33E-06	0.00E+00	3.33E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4 A/B	-	5.70E-06	2.18E-07	3.42E-06	2.18E-07	2.28E-06	1.24E-12
5	5.2	9.41E-05	0.00E+00	9.41E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
6 A/BC/D/E/F	-	4.84E-05 / 4.83E-05 Nota 1	3.34E-07 / 2.73E-07 Nota 1	2.90E-05 / 2.90E-05 Nota 1	3.34E-07 / 2.73E-07 Nota 1	1.93E-05 / 1.93E-05 Nota 1	1.62E-11 / 1.32E-11 Nota 1
7 A/B	-	8.97E-05	0.00E+00	8.97E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
9	-	3.53E-05	1.49E-05	3.36E-05	1.49E-05	1.77E-06	5.26E-10

*Tabella 8 – Frequenza degli scenari incidentali*

*Nota 1: 5 bunker prevedono 11 bombole di stoccaggio mentre 1 bunker prevede un rack di 9 bombole; quindi, le frequenze si riferiscono a queste due configurazioni.*

### **4.3. VALUTAZIONE DELLE CONSEGUENZE**

In Allegato 3 sono riportate le mappe degli effetti incidentali considerati con le distanze di danno relative alle soglie di riferimento per ogni sezione isolabile.

Le conseguenze degli scenari incidentali, in termini di distanze di danno riferite ai valori di soglia definiti al paragrafo 3.3.5, a 1.5 metri di altezza dal suolo, sono riportate nei seguenti sottoparagrafi. Inoltre, le condizioni meteo utilizzate per la modellazione degli scenari di rilascio sono le seguenti:

- 5D indica classe di Pasquill D e velocità del vento 5 m/s;
- 2F indica classe di Pasquill F e velocità del vento 2 m/s.

### 4.3.1. Jet Fire

In Tabella 9 sono mostrate le distanze di danno sottovento dovute ad irraggiamento a seguito di un getto infuocato che potrebbe seguire un rilascio di idrogeno in caso di innesco immediato.

Sezione Isolabile	Sottosezione	Direzione rilascio	Condizioni meteo	Distanze di danno irraggiamento sottovento (m)							
				1''				4''			
				3 (kW/m <sup>2</sup> )	5 (kW/m <sup>2</sup> )	7 (kW/m <sup>2</sup> )	12.5 (kW/m <sup>2</sup> )	3 (kW/m <sup>2</sup> )	5 (kW/m <sup>2</sup> )	7 (kW/m <sup>2</sup> )	12.5 (kW/m <sup>2</sup> )
2	-	H	5D	18	17	16	15	74	66	62	56
		H	2F	19	17	16	15	75	67	62	56
3	-	H	5D	18	17	16	15	-	-	-	-
		H	2F	19	17	16	15	-	-	-	-
4 A/B	-	H	5D	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
		H	2F	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
5	5.2	H	5D	70	63	59	53	-	-	-	-
		H	2F	71	63	60	54	-	-	-	-
6 A/BC/D/E/F	-	H	5D	70	63	59	53	279	245	226	200
		H	2F	71	63	60	54	278	243	224	197
7 A/B	-	H	5D	74	67	63	57	-	-	-	-
		H	2F	75	67	63	57	-	-	-	-
9	-	H	5D	69	62	59	53	279	245	226	200
		H	2F	70	63	59	54	278	243	224	197

*Tabella 9 – Distanze di danno Jet Fire*

Le distanze di danno per la sezione di elettrolisi (IS01) non sono state riportate in Tabella 9 in quanto la sezione si trova all'interno di un container in metallo; quindi, gli scenari incidentali di Jet Fire risultano schermati dal container stesso.

Allo stesso modo, le distanze di danno per le sezioni interrate IS 5.1 e IS 8 non sono riportate in quanto le sezioni si trovano interrate ad una profondità superiore di 0.5 m e incamiciate all'interno di uno sleeve pipe, dotato di vent per sfiatare le linee in caso di perdita accidentale dal tubo carrier dell'idrogeno.

### 4.3.2. Flash Fire

In Tabella 10 sono mostrate le distanze di danno sottovento dovute ad irraggiamento a seguito della combustione rapida della nube infiammabile che potrebbe seguire un rilascio di idrogeno in caso di innesco ritardato in assenza di aree congestionate ai valori soglia riportati al paragrafo 3.3.5:

Sezione Isolabile	Sottosezione	Direzione rilascio	Condizioni meteo	Distanze di danno sottovento raggiunte dalla nube infiammabile(m)			
				1''		4''	
				LFL	LFL/2	LFL	LFL/2
2	-	H	5D	N.R.	30	83	119
		H	2F	N.R.	32	76	107
3	-	H	5D	N.R.	30	-	-
		H	2F	N.R.	32	-	-
4 A/B	-	H	5D	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
		H	2F	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
5	5.2	H	5D	87	128	-	-
		H	2F	80	115	-	-
6 A/BC/D/E/F	-	H	5D	87	128	235	295
		H	2F	80	115	219	277
7 A/B	-	H	5D	105	141	-	-
		H	2F	92	123	-	-
9	-	H	5D	99	133	229	281
		H	2F	87	117	208	255

*Tabella 10 – Distanze di danno Flash Fire*

Le distanze di danno per la sezione di elettrolisi (IS01) non sono state riportate in Tabella 10 in quanto la sezione si trova all'interno di un container in metallo; quindi, gli scenari incidentali di Flash Fire risultano schermati dal container stesso.

Allo stesso modo, le distanze di danno per le sezioni interrate IS 5.1 e IS 8 non sono riportate in quanto le sezioni si trovano interrate ad una profondità superiore di 0.5 m e incamiciate all'interno di uno sleeve pipe, dotato di vent per sfiatare le linee in caso di perdita accidentale dal tubo carrier dell'idrogeno.

### 4.3.3. Esplosioni

Al fine di valutare la frequenza di accadimento delle esplosioni, si sono identificati tutti i rilasci in grado di raggiungere con una concentrazione pari al LFL/2 le aree congestionate riportate di seguito:

- AC1: piano terra del container dell'elettrolizzatore;
- AC2: locale compressori;
- AC3: singolo bunker per lo stoccaggio di idrogeno.

In Tabella 11 sono mostrate le distanze di danno dovute a sovrappressioni a seguito dell'esplosione della nube infiammabile che potrebbe seguire un rilascio di idrogeno in caso di innesco ritardato in un'area congestionata ai valori soglia riportati al paragrafo 3.3.5.

I risultati sono stati riportati per ogni area congestionata identificata, in grado di dare sovrappressioni superiori a 0.03 bar, specificando la curva Multi Energy e la frequenza di esplosione calcolate per ognuna di esse. In particolare, la curva Multi Energy stabilisce il massimo valore che si può ottenere da un'esplosione da un'area congestionata. In aggiunta, la curva si stabilisce valutando gli ostacoli, la loro forma e la sostanza che partecipa all'esplosione. Esistono 10 curve Multi Energy e la scelta della più adatta ricade sulla base dello scenario considerato (Rif. 8).

Area Congestionata	Frequenze di esplosione (occ./anno)	Curva Multi Energy	Distanze di danno da sovrappressione(m)			
			0.03 bar	0.07 bar	0.14 bar	0.3 bar
AC1	2.48E-05	6	108	51	28	15
AC2	6.33E-06	5	99	42	21	N.R.
AC3	1.93E-05 / 1.93E-05*	5	88	38	19	N.R.

*Tabella 11 – Distanze di danno esplosioni*

*\*La frequenza di esplosione è riferita al singolo bunker contenente un rack di 11 / 9 bombole di stoccaggio di idrogeno. Complessivamente sono presenti 6 bunker di bombole di idrogeno.*

Si specifica inoltre che, avendo definito le aree congestionate come curva 6 e curva 5 (rispettivamente per AC1 e AC2/3), queste presentano dei valori massimi di sovrappressione raggiungibili (rispettivamente di 0.5 barg e 0.2 barg). Si noti quindi che la soglia 0.3 barg non può essere raggiunta dalle aree AC2 e AC3 ("N.R." riportato in tabella).

#### 4.4. COMPATIBILITÀ TERRITORIALE

Nei paragrafi seguenti, si riportano le verifiche di compatibilità territoriale per gli scenari di fuoco, dispersione di nube infiammabile e di esplosione delle aree congestionate individuate.

Per quanto riguarda gli scenari di fuoco provenienti dalla sezione isolabile 1, non sono riportate le rispettive mappe in quanto la sezione di elettrolisi si trova all'interno di un container e, in quanto tale, gli effetti termici sono schermati dal container stesso.

I risultati sono riportati in forma tabellare assieme ad una breve discussione degli stessi; le rispettive mappe, raffiguranti l'effetto incidentale, sono mostrate nell' Allegato 2.

##### 4.4.1. Incendio - Jet Fire

In Tabella 12 sono riportati gli scenari incidentali di Jet Fire e la rispettiva verifica della compatibilità territoriale effettuata per ognuno di essi.

Sezione Isolabile (IS)	Sottosezione	Diametro di Efflusso (")	Frequenza Jet Fire (occ./anno)	Compatibilità Territoriale Verificata (S/N)	Figura di Riferimento (Allegato 3)
2 <sup>Nota 5</sup>	-	1	4.16E-06	S	Figura 2
		4	1.97E-06	S <sup>Nota 2</sup>	Figura 3
3	-	1	3.33E-06	S	Figura 4
4A	-	1	5.70E-06	S	-
		4	2.18E-07	S	-
4B	-	1	5.70E-06	S	-
		4	2.18E-07	S	-
5	5.2	1	9.41E-05	S <sup>Nota 2</sup>	Figura 5
6A	-	1	4.84E-05	S <sup>Nota 4</sup>	Figura 6
		4	3.34E-07	S <sup>Nota 4</sup>	Figura 7
6B	-	1	4.84E-05	S <sup>Nota 4</sup>	Figura 6
		4	3.34E-07	S <sup>Nota 4</sup>	Figura 7
6C	-	1	4.84E-05	S <sup>Nota 4</sup>	Figura 6
		4	3.34E-07	S <sup>Nota 4</sup>	Figura 7
6D	-	1	4.84E-05	S <sup>Nota 4</sup>	Figura 6
		4	3.34E-07	S <sup>Nota 4</sup>	Figura 7
6E	-	1	4.84E-05	S <sup>Nota 4</sup>	Figura 6
		4	3.34E-07	S <sup>Nota 4</sup>	Figura 7
6F <sup>Nota 1</sup>	-	1	4.83E-05	S <sup>Nota 4</sup>	Figura 6
		4	2.73E-07	S <sup>Nota 4</sup>	Figura 7
7A	-	1	8.97E-05	S	Figura 8
7B	-	1	8.97E-05	S	Figura 8
9	-	1	3.53E-05	S <sup>Nota 3</sup>	Figura 9
		4	1.49E-05	S <sup>Nota 3</sup>	Figura 10

Tabella 12 - Verifica di Compatibilità Territoriale - Jet Fire

*Nota 1: Questa sezione isolabile è stata considerata costituita da un rack di 9 bombole.*

*Nota 2: Vista la presenza di un muro lato Est in corrispondenza dell'isola ecologica di altezza pari a 3 m circa, lo scenario incidentale è stato valutato non impattare le aree al di fuori dell'impianto.*

*Nota 3: Vista la presenza dei muri in corrispondenza delle postazioni di rifornimento del carro bombolaio, lo scenario incidentale è stato valutato non impattare le aree al di fuori dell'impianto.*

*Nota 4: Vista la presenza di muri di schermatura lato Ovest, lo scenario è stato valutato non impattare le aree esterne all'impianto.*

*Nota 5: Vista la presenza di muri di schermatura relativi al buffer lati Nord, Est e Ovest, lo scenario è stato valutato non impattare le aree esterne all'impianto.*

Dalla Tabella 12 si evince che gli scenari incidentali di Jet Fire soddisfano tutti i requisiti di compatibilità con i territori limitrofi all'impianto, pertanto, non è richiesto l'impiego di alcuna misura di prevenzione e/o mitigazione aggiuntiva rispetto a quanto attualmente previsto nella progettazione dell'impianto.

#### 4.4.2. Incendio - Flash Fire

In Tabella 13 si riportano gli scenari incidentali di Flash Fire e la rispettiva verifica della compatibilità territoriale effettuata per ognuno di essi.

Sezione Isolabile (IS)	Sottosezione	Diametro di Efflusso (")	Frequenza Flash Fire (occ./anno)	Compatibilità Territoriale Verificata (S/N)	Figura di Riferimento – (Allegato 3)
2	-	1	4.16E-06	S	Figura 2
		4	1.97E-06	S <sup>Nota 1</sup>	Figura 3
3	-	1	3.33E-06	S	Figura 4
4A	-	1	3.42E-06	S	-
		4	2.18E-07	S	-
4B	-	1	3.42E-06	S	-
		4	2.18E-07	S	-
5	5.2	1	9.41E-05	N	Figura 5
6A	-	1	2.90E-05	S <sup>Nota2</sup>	Figura 6
		4	3.34E-07	S <sup>Nota2</sup>	Figura 7
6B	-	1	2.90E-05	S <sup>Nota2</sup>	Figura 6
		4	3.34E-07	S <sup>Nota2</sup>	Figura 7
6C	-	1	2.90E-05	S <sup>Nota2</sup>	Figura 6
		4	3.34E-07	S <sup>Nota2</sup>	Figura 7
6D	-	1	2.90E-05	S <sup>Nota2</sup>	Figura 6
		4	3.34E-07	S <sup>Nota2</sup>	Figura 7
6E	-	1	2.90E-05	S <sup>Nota2</sup>	Figura 6
		4	3.34E-07	S <sup>Nota2</sup>	Figura 7
6F	-	1	2.90E-05	S <sup>Nota2</sup>	Figura 6
		4	2.73E-07	S <sup>Nota2</sup>	Figura 7
7A	-	1	8.97E-05	N	Figura 8
7B	-	1	8.97E-05	N	Figura 8
9	-	1	3.36E-05	S <sup>Nota 3</sup>	Figura 9
		4	1.49E-05	S <sup>Nota 3</sup>	Figura 10

**Tabella 13 - Verifica di Compatibilità Territoriale - Flash Fire**

*Nota 1: Vista la presenza dei muri di contenimento lato Nord, Est e Ovest in prossimità de buffer, lo scenario incidentale è stato valutato non impattare le aree al di fuori dell'impianto.*

*Nota 2: Vista la presenza dei muri di contenimento lato Ovest dei bunker di stoccaggio, lo scenario incidentale è stato valutato non impattare le aree al di fuori dell'impianto. Invece, la schermatura lato Est è garantita dalla presenza di un muro in corrispondenza di Via Rassiche di altezza 4 metri circa. Per maggiori dettagli sul muro esistente si veda l'Allegato 7.*

*Nota 3: Vista la presenza dei muri in corrispondenza delle postazioni di rifornimento del carro bombolaio, lo scenario incidentale è stato valutato non impattare le aree al di fuori dell'impianto.*

Dalla Tabella 13 si evince che gli scenari incidentali di Flash Fire provenienti dalle sezioni IS5.2, IS7A e IS7B, non sono compatibili con i territori limitrofi all'impianto (i.e. l'accettabilità del rischio è superata); pertanto, al fine di ridurre il rischio, si ritiene opportuno l'impiego di misure di prevenzione e/o mitigazione aggiuntive rispetto a quanto attualmente previsto nella progettazione dell'impianto.



Al fine di ridurre gli impatti da Flash Fire delle linee aeree presenti in impianto (i.e. Sottosezione 5.2), si raccomanda di prevedere dei piatti metallici installati in prossimità della tubazione ("jet guard/shield") o soluzioni analoghe (i.e. sfruttando le travi di collegamento dei vari supporti) tali da evitare le dispersioni lato est (verso l'isola ecologica) e lato ovest (verso opificio).

Per quanto concerne la stazione di rifornimento treni, un muro dovrà essere previsto ad Ovest per schermare le categorie attualmente non compatibili con gli scenari di Flash Fire provenienti dai dispenser della stazione.

Una rappresentazione delle barriere da implementare è mostrata in Allegato 4. Inoltre, per maggiori dettagli in merito alla verifica della compatibilità territoriale si veda l'Allegato 9.

### 4.4.3. Esplosione

In Tabella 14 si riportano gli scenari incidentali di esplosione delle aree congestionate identificate e la rispettiva verifica della compatibilità territoriale effettuata per ognuno di esse.

Area Congestionata (AC)	Frequenza Esplosione (occ./anno)	Compatibilità Territoriale Verificata (S/N)	Figura di Riferimento – (Allegato 3)
1	2.48E-05	S	Figura 11
2	6.33E-06	S	Figura 12
3A	1.93E-05	S	Figura 13
3B	1.93E-05	S	Figura 13
3C	1.93E-05	S	Figura 13
3D	1.93E-05	S	Figura 13
3E	1.93E-05	S	Figura 13
3F*	1.93E-05	S	Figura 13

*Tabella 14 - Verifica di Compatibilità Territoriale – Esplosione*

*\*Il bunker seguente è stato considerato composto da un rack di 9 bombole.*

Dalla Tabella 14 si osserva che tutti gli scenari di esplosione risultano compatibili con i territori limitrofi all'impianto. Non si raccomandano misure di riduzione del rischio aggiuntive rispetto a quanto già predisposto dalla progettazione attuale dell'impianto.

## 4.5. RISULTATI DEI DANNI ALLE STRUTTURE

Date le durate degli scenari incidentali riportate in Tabella 7 che tengono conto della presenza di sistemi di F&G, si evince che i muri in cemento armato da installare in impianto o già presenti dovranno essere resistenti ad un'esposizione a jet fire di 11 minuti, ad eccezione di quelli per i bunker di stoccaggio e per il buffer idrogeno che dovranno resistere ad un'esposizione a jet fire di almeno 8 minuti.

Tale caratteristica di resistenza a fuoco è stata valutata in modo tale che non si abbia effetto domino nell'intorno delle strutture da cui si origina un determinato scenario incidentale. Tuttavia, nella valutazione delle durate di rilascio calcolate non sono considerati i sistemi di depressurizzazione presenti, capaci di ridurre ulteriormente i tempi di svuotamento delle linee e che, quindi, rendono la valutazione dei tempi di resistenza conservativi. In aggiunta, la presenza di sistemi a diluvio nelle parti più critiche dell'impianto riduce le conseguenze da fuoco, facendo in modo che i muri in cemento armato siano adatti a resistere a tali scenari.

Relativamente agli scenari di esplosione, si raccomanda di installare, nelle sezioni di stoccaggio, muri che resistano ad un carico di 200 mbar, valore massimo di sovrappressione che la curva MEM scelta (curva 5) può raggiungere. In particolare, grazie alla presenza di muri di tale resistenza, l'esplosione all'interno di ogni singolo bunker non danneggerà i bunker adiacenti, in quanto l'onda di sovrappressione è schermata dalle pareti presenti. In questo modo si evita la propagazione dell'onda di sovrappressione e il danneggiamento da effetto domino dei bunker adiacenti.

## **5. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI**

L'analisi di rischio incendio ed esplosione è stata condotta considerando rilasci random da apparecchiature e tubazioni valutandone la loro frequenza di accadimento sulla base di dati storici e standard disponibili.

Le frequenze di rilascio considerate nell'analisi coprono una vasta gamma di casistiche, comprendono anche i cedimenti a fatica e la possibilità di infragilimento.

Alla base dell'analisi di rischio viene considerato che un adeguato piano di manutenzione verrà redatto e seguito durante la vita dell'impianto per garantirne il corretto funzionamento.

I risultati principali dello studio possono essere riassunti come segue:

- Gli scenari incidentali di Jet Fire verificano tutta la compatibilità territoriale;
- Gli scenari incidentali di Flash Fire provenienti dalle sezioni IS5.2, IS7A e IS7B non sono compatibili con i territori limitrofi all'impianto;
- Tutti gli scenari di esplosione delle aree congestionate identificate verificano la compatibilità territoriale con le zone limitrofe all'impianto.

Al fine di ridurre il rischio, si possono definire le seguenti misure di prevenzione e/o mitigazione aggiuntive rispetto a quanto attualmente previsto nella progettazione dell'impianto.

In merito agli scenari di Flash Fire, si raccomanda le seguenti protezioni:

1. Prevedere ad Ovest della stazione di rifornimento treni un muro di protezione per schermare le categorie attualmente non compatibili con gli scenari di Flash Fire provenienti dai dispenser della stazione (a carico di terzi).  
A tal proposito si noti che è stata effettuata una verifica tenendo conto che la pressione operativa agli erogatori dei treni è di 350 barg: ciò nonostante la compatibilità territoriale non risulta verificata, da qui il permanere della Raccomandazione n.1;
2. l'installazione di piatti metallici in prossimità delle tubazioni idrogeno aree ("jet guard/shield") o soluzioni analoghe (i.e. sfruttando le travi di collegamento dei vari supporti) tali da evitare le dispersioni lato est (verso l'isola ecologica) e lato ovest (verso opificio).
3. l'installazione di elettrovalvole al fine di intercettare a monte e a valle le linee interrate di collegamento ai dispenser treni, vista la possibilità di presenza di persone nelle zone limitrofe alla sezione IS5.1. Durante la fase di non caricamento dei treni, le valvole saranno in posizione di chiusura, garantendo in questo modo una durata veramente limitata dell'eventuale scenario incidentale (minore di 2 sec). L'attuazione di questa misura mitigativa, congiuntamente con la realizzazione di tubazioni interrate ad una profondità superiore a 0.5 m e incamiciate all'interno di uno sleeve pipe con la presenza di vent lungo le linee, è stata ritenuta necessaria per limitare le dispersioni di idrogeno nelle aree limitrofe in caso di emergenza.

Relativamente al buffer di idrogeno, **si raccomanda la minimizzazione del suo volume per ridurre i tempi di durata degli scenari**, vista la sua posizione vicina al confine dell'impianto. Ipotizzando una riduzione di volume fino a circa 9 m<sup>3</sup>, si avrebbero delle durate degli scenari pari a circa 4 minuti in caso di foro da 1" e 2 minuti in caso di foro da 4" (assumendo la positiva rilevazione e il corretto isolamento).

Essendo verificati tutti gli scenari di esplosione, non si raccomandano misure di riduzione del rischio aggiuntive rispetto a quanto già predisposto dalla progettazione attuale dell'impianto.

Per quanto concerne le raccomandazioni per le strutture, si osserva che **i muri in cemento armato da installare in impianto o già presenti (ad esempio quelli del Lotto 2 – Area rifornimento treni) dovranno essere resistenti ad un'esposizione a jet fire di 11 minuti, ad eccezione di quelli per i bunker di stoccaggio e per il buffer idrogeno (considerando il volume di 28 m<sup>3</sup>) che dovranno resistere ad un'esposizione a fuoco di 8 minuti.** Tuttavia, nella valutazione delle durate di rilascio calcolate non sono considerati i sistemi di depressurizzazione presenti, capaci di ridurre ulteriormente i tempi di svuotamento delle linee e che, quindi, rendono la valutazione dei tempi di resistenza conservativi. In aggiunta, la presenza di sistemi a diluvio nelle parti più critiche dell'impianto riduce le conseguenze da fuoco, raffreddando le pareti metalliche degli equipment coinvolti in caso di incendio da jet fire e facendo in modo che i muri in cemento armato siano adatti a resistere a tali scenari.

Relativamente alle esplosioni derivanti da scenari di vapour cloud explosion, **si raccomanda di installare, nelle varie sezioni di stoccaggio, muri resistenti ad un carico di 200 mbar**, valore massimo di sovrappressione che la curva MEM scelta (curva 5) può raggiungere, **con una durata della fase positiva pari a 60 ms.**

Relativamente ai muri presenti e forniti da terze parti nel Lotto 2 – Area di rifornimento treni, si raccomanda che:

4. I muri di schermatura dovranno essere realizzati in cemento armato e resistenti all'esposizione a jet fire per 5 minuti, con altezza pari a 3 metri da piano di calpestio delle nuove banchine (durata cautelativa considerando le piccole volumetrie).

## **Allegato 1 – Markup Sezioni Isolabili**

PCK-001 sterilizzatore\_uv

STERILIZZATORE UV

PCK-002 elettrolizzatore

PACKAGE ELETTROLIZZATORE  
(NOTA 1,2)

REC-001 serbatoio\_ricevitore\_osmotico

SERBATOIO RICEVITORE  
ACQUA DA ELETTROLISI

POM-001\_A pompa\_rilancio\_ritentato

POMPE RILANCIO RITENTATO  
(IN MARCIA)

POM-001\_B pompa\_rilancio\_ritentato

POMPE RILANCIO RITENTATO  
(IN RISERVA)

- NOTE/NOTES
1. LA PACKAGE ELETTROLIZZATORE E' INCLUSIVA DEL TRATTAMENTO DI FILTRAZIONE ACQUA

2. IL DESIGN DELLA PACKAGE DEVE ESSERE CONFERMATO E DETTAGLIATO DAL VENDOR NOMINATO

3. PREVISTA UN'INIEZIONE PERIODICA DI BIOCIDIA IN CASO DI BIOFOULING

4. OGNI TAG E' PRECEDUTO DALLA SEGUENTE NOMENCLATURA: "EDO-IMP-IMP2"

5. LA CORRENTE 18 POTREBBE ESSERE PARTE DELLA CORRENTE 19 SULLA BASE DELLE FUTURE INFORMAZIONI RICEVUTE DAL FORNITORE.

6. LA SECONDA POMPA E' PREVISTA COME RICAMBIO IN MAGAZZINO.

HOLDS

1. DA CONFERMARE IN BASE A VENDOR NOMINATO

2. IN STUDIO CON DISCIPLINA CIVILE

SIMBOLOGIA/SYMBOLS

◇

CORRENTE DI FLUSSO

IA

ARIA STRUMENTI

DR

DRENAGGI A SCARICO

V

SFIATO H2 IN ZONA SICURA

N2

AZOTO

EE

ENERGIA ELETTRICA

IC

INIEZIONE CHIMICI

IS 01

IS 02

Finanziato dall'Unione europea

NextGenerationEU

RegioneLombardia

Direzione Generale Infrastrutture, Trasporti e Mobilità sostenibile

FERROVIENORD

FNM

H2ise

idee in movimento

COECCOMISSA

LEVELLO PROGETTAZIONE

DATA 2023/10

PROGETTISTA ELABORATO

CATEGORIA OPERA

NUMERO OPERA

REVISIONE

SCALA

B35

D

d

001

VV

02

R0

---

IMPIANTO DI PRODUZIONE, STOCCAGGIO E DISTRIBUZIONE DI IDROGENO DI EDOLO

Progetto Definitivo

SCHEMA DI PROCESSO

SEZIONE ACQUA DI ALIMENTO ED ELETTROLISI

Revisión

	Data	Descrizione	Redatto	Controllato
3	-	-		
2	-	-		
1	-	-		
0	-	PRIMA EMISSIONE		

FERROVIENORD

APPALTATORE

BTP

COBECO7

Progettista

BTP

INFRASTRUTTURE

BTP INFRASTRUTTURE S.p.A.

Via di Torre Rossa 65 - 01100 ROMA

+39 06 84 81 7000 - +39 06 84 81 7001

Web: www.btpinfrastrutture.com

Redatto

Controllato

Approvato

Data

18/10

2/Nov

8/Seg

26/2023

COECCOMISSA

COLLABORATORE

AGIL

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato, in tutto o in parte, senza il consenso scritto del proprietario. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge.

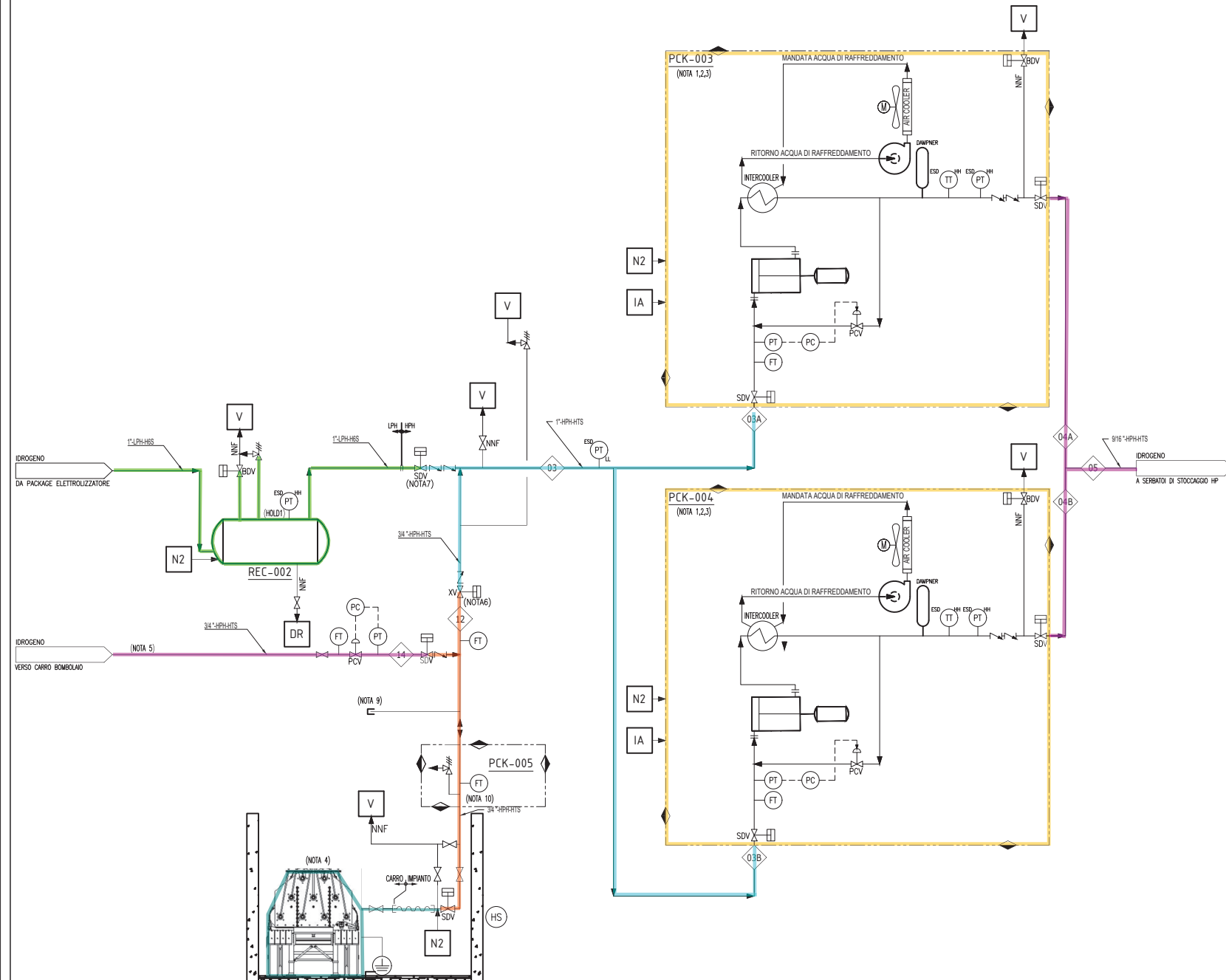
FILE: B35D0021VVD2R0\_Schema di proc. sez.acqua di alimento ed elettrolisi.dwg

REC-002\_buffer idrogeno  
SERBATOIO POLMONE  
IDROGENO

PCK-003\_compressore idrogeno  
PACKAGE 1 COMPRESSORE H2

PCK-004\_compressore idrogeno  
PACKAGE 2 COMPRESSORE H2

PCK-005\_ pannello carro bombolaio  
BAIA DI CARICO/SCARICO IDROGENO  
200/500 barg (HOLD 1)



## NOTE/NOTES

- IL DESIGN DELLA PACKAGE DEVE ESSERE CONFERMATO DAL VENDOR NOMINATO.
- LA FILOSOFIA DI CONTROLLO DI CASCUNA PACKAGE SARA' CONFERMATO IN BASE AL FORNITORE SELEZIONATO.
- IL NUMERO DI VALVOLE DI BLOWDOWN VIENE DETERMINATO DAL VENDOR IN BASE AL NUMERO DI SEZIONAMENTI PREVISTO E AL QUANTITATIVO DI GAS DA DEPRESSURIZZARE.
- CARRO BOMBOLAIO
- LINEA DI CARICAMENTO CARRI BOMBOLAIO
- VALVOLE APERTE SOLO IN CASO DI SCARICO IDROGENO DA CARRO BOMBOLAIO
- VALVOLE CHIUSE SOLO IN CASO DI SCARICO IDROGENO DA CARRO BOMBOLAIO
- OGNI TAG E' PRECEDUTO DALLA SEGUENTE NOMENCLATURA: "EDO-MP-H2-"
- PREDISPOSIZIONE PER FUTURA IMPLEMENTAZIONE DI UNA SECONDA BAI DI CARICO/SCARICO IDROGENO
- IL MISURATORE DI FLUSSO SARA' CONFORME ALLA NORMA OIML R130.

## HOLDS

- IN FASE DI VALUTAZIONE

## SIMBOLOGIA/SYMBOLS

◇	CORRENTE DI FLUSSO		
IA	ARIA STRUMENTI	IS 02	
DR	DRENAGGI A SCARICO	IS 03	
V	SFINTO DI EMERGENZA H2 IN ZONA SICURA	IS 04 A/B	
N2	AZOTO PURGA	IS 05	
EE	ENERGIA ELETTRICA	IS 08	
		IS 09	



CODICE COMMISDA	LORELLI PROGETTAZIONE	D.F. 2017/10	PROCESSIONARIO ELABORATO	CATEGORIA OPERA	NUMERO OPERA	REVISIONE	SCALA
B35	D	d	002	VV	02	R0	

IMPIANTO DI PRODUZIONE, STOCCAGGIO E DISTRIBUZIONE  
DI IDROGENO DI EDOLO  
Progetto Definitivo

SCHEMA DI PROCESSO  
SEZIONE DI COMPRESSIONE H2

Revisioni	Data	Descrizione	Redatto	Controllato
3	-	-	-	-
2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
0	-	PRIMA EMISSIONE	-	-

FERROVIENORD	APPALTATORE

Progettista	Redatto	Controllato	Approvato	Data
	18/10	2/Nov	3/Nov	24/10/24
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE				AGL

FILE: B35D002V02R0\_Schema di proc. sez. di compressione H2.dwg



PCK-007\_stoccaggio\_H2\_alta\_pressione  
FORTINO STOCCAGGIO H2  
ALTA PRESSIONE (500 BARG)  
(IN RACKS)  
(NOTA 1,3,4)

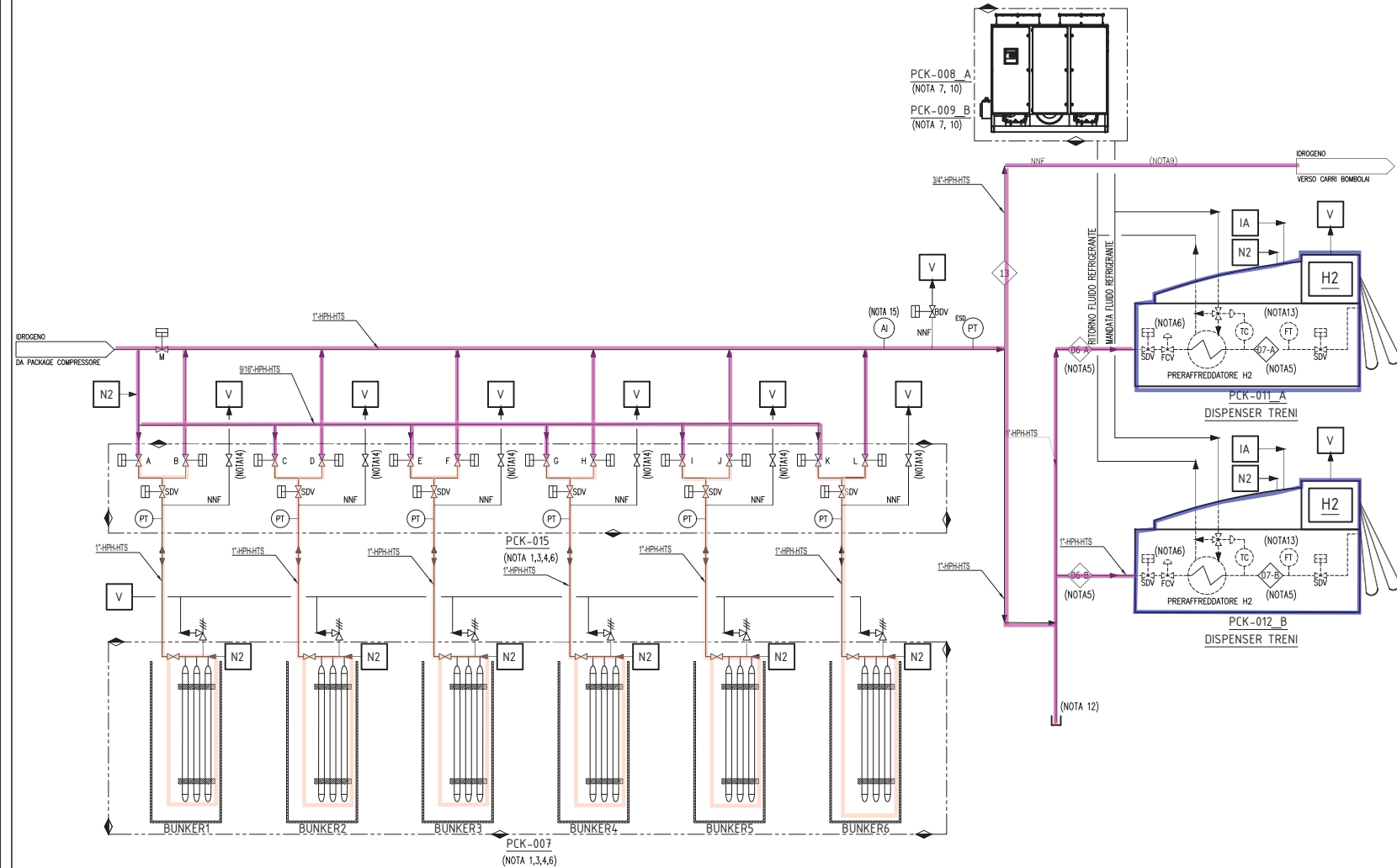
PCK-008\_A\_chiller\_treni  
PACKAGE CHILLER TRENI  
PRE-RAFFREDDAMENTO H2  
(NOTA 7, 10)

PCK-009\_B\_chiller\_treni  
PACKAGE CHILLER TRENI  
PRE-RAFFREDDAMENTO H2  
(NOTA 7, 10)

PCK-011\_A\_dispenser\_treni  
PACKAGE DISPENSER  
DI CARICO TRENI  
(NOTA 1,2)

PCK-012\_B\_dispenser\_treni  
PACKAGE DISPENSER  
DI CARICO TRENI  
(NOTA 1,2)

PCK-015\_priority\_panel  
MOSCAIO VALVOLE  
"CASCADE"



## NOTE/NOTES

- IL DESIGN DELLA PACKAGE DEVE ESSERE CONFERMATO E DETTAGLIATO DAL VENDOR NOMINATO
- DISPENSER A DOPPIA MANICHETTA
- LE VALVOLE ON/OFF (DA "X" A "W") FUNZIONALI AL PROCESSO DI FUNZIONAMENTO IN CASCATA SONO COMANDATE DA UNA LOGICA PROGRAMMABILE (PLC) ASSOCIATA AL PANNELLO ELETTRO-PNEUMATICO ALIMENTATO AD ARIA STRUMENTI (PRIORITY PANEL).
- I "BUNKER" DI BOMBOLE A PRESSIONE ORGANIZZATI IN CONFIGURAZIONE IN "CASCATA" OPERANO TRA UN MASSIMO DI 500 BARG E UNA PRESSIONE MINIMA OPPORTUNAMENTE SCELTA.  
LE VALVOLE DA "X" AD "M" CONSENTONO LA MASSIMA FLESSIBILITA' SIA NEL RIFORMIMENTO DI UNO O PIU' COMPARTI "BUNKER" ALIMENTATI DALLA PACKAGE DI COMPRESSIONE SIA NELLA FASE IN CUI UNO O PIU' "BUNKER" ALIMENTINO I DISPENSER.  
LA CONFIGURAZIONE IN "CASCATA" E' GESTITA DA OPPORTUNI SENSORI DI PRESSIONE POSTI SUI MANIFOLD DI CIASCUN COMPARTO "BUNKER".
- LE CORRENTI 10-A/B/C/D NON SONO DA INTENDERSI CONTEMPORANEE; INOLTRE PER I BUSSILS IL RIFORMIMENTO NON E' MAI CONTEMPORANEO OSSIA CON DUE DISPENSER IN MARCIA MENTRE PER I TRENI SI PUO' AVERE LA CONTEMPORANETA' DI DUE DISPENSER IN EROGAZIONE ALLA VOLTA
- QUANTO MOSTRATO E' SOLO DI RIFERIMENTO: IL FORNITORE DOVRA' PROMUOVERE ALLA DEFINIZIONE DELLA CONFIGURAZIONE DELLA PACKAGE DISPENSER (ISO 19880).
- SI PREVEDE UNA TEMPERATURA MINIMA IN USCITA DAL CHILLER DI -20 °C.
- SI PREVEDE UNA TEMPERATURA MINIMA IN USCITA DAL CHILLER DI 0 °C.
- LINEA PER CARICAMENTO CARRI BOMBOLAI
- A SECONDA DEL FORNITORE SELEZIONATO I CHILLER NECESSARI AI DISPENSER DEI TRENI POTRANNO ESSERE UNO O DUE.
- OGNI TAG E' PRECEDUTO DALLA SEGUENTE NOMENCLATURA: "EDO-IMP-02-"
- PREDISPOSIZIONE A FUTURO AMPLIAMENTO PER STAZIONE DI RIFORMIMENTO AUTOBUS IDROGENO.
- IL MISURATORE DI FLUSSO SARA' CONFORME ALLA NORMA DIN 1139.
- LO SFATIO SARA' UTILIZZATO SOLO PER DEPRESSURIZZARE MANUALMENTE LO STOCCAGGIO PRIMA DELLA MANUTENZIONE.
- SI PREVEDE UN ANALIZZATORE DI PUREZZA DELLA CORRENTE H2 A VALLE DEGLI STOCCAGGI.

## HOLDS

## SIMBOLOGIA/SYMBOLS

◇	CORRENTE DI FLUSSO
IA	ARIA STRUMENTI
DR	DRENAGGI A SCARICO
V	SFATIO DI EMERGENZA H2 IN ZONA SICURA
N2	AZOTO PURGA
EE	ENERGIA ELETTRICA
IS 05	IS 05
IS 06 A/B/C/E/F	IS 06 A/B/C/E/F
IS 07 A/B	IS 07 A/B

**Finanziato dall'Unione europea**  
NextGenerationEU

**Regione Lombardia**  
Direzione Generale Infrastrutture, Trasporti e Mobilità sostenibile



COSE COMPLESSIVA	LEVELLO PROGETTAZIONE	D.F. A. 2017/10	PROGETTAVANTO ELABORATO	CATEGORIA OPERA	NUMERO OPERA	REVISIONE	SCALA
B35	D	d	003	VV	02	R0	---

IMPIANTO DI PRODUZIONE, STOCCAGGIO E DISTRIBUZIONE DI IDROGENO DI EDOLO  
Progetto Definitivo

SCHEMA DI PROCESSO  
SEZIONE DI STOCCAGGIO ALTA PRESSIONE E RIFORMIMENTO H2

	Data	Descrizione	Redatto	Controllato
3	-	-	-	-
2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
0	-	PRIMA EMISSIONE	-	-

FERROVIENORD

APPALTATORE  


Progettista  


REDAITTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
10/10	2/10	8/10	20/03/21

COSE ARCHIVIO COLLABORATORE

AGIL

## **Allegato 2 – Calcolo frequenze di rilascio**

Frequenze radice da IOGP 434-01 e 434-03											
1"		5.93E-04	1.13E-02	9.00E-07	7.70E-04	2.42E-05	2.76E-05	2.21E-04	1.97E-04	7.31E-06	1.05E-03
4"		4.90E-05	5.60E-04	1.00E-07	-	-	-	-	-	-	-
IS	Sottosezione	Serbatoi (diametro in ingresso <6")	Compressori Alternativi (<6")	Bombole	Scambiatori di calore (diametro in ingresso <6") Lato tubi	Tubazione (m)	Valvole Manuali	Valvole Attuate	Strumentazione	Flange	Tubi flessibili (m)
1	-	6	-	-	-	10	5	7.5	-	5	-
2	-	1	-	-	-	30	0.5	2	-	5	-
3	-	-	-	-	-	20	0.5	4	-	9	-
4 A/B	-	-	1	-	2	8	3	2.5	4	-	-
5	5.1	-	-	-	-	80	-	2	-	-	-
	5.2	-	-	-	-	494	-	1	1	-	-
6 A/B/C/ D/E	-	-	-	11	-	14	1	3.75*	0.17*	-	-
6 F	-	-	-	9	-	14	1	3.75*	0.17*	-	-
7 A/B	-	-	-	-	1	5	3	3.5	2	-	-
8	-	-	-	-	-	103	3	3	-	-	-
9	-	12	-	-	-	7	2	1	-	-	3

\* Il numero delle valvole attuate e degli strumenti tiene in considerazione anche, in modo equidistribuito per ogni sezione di stoccaggio, quelli presenti nella linea di collegamento dei bunker

---

## **Allegato 3 – Mappe di Rischio – Compatibilità Territoriale**

Le mappe riportate nel seguente allegato si riferiscono agli scenari incidentali senza considerare opere di mitigazione.

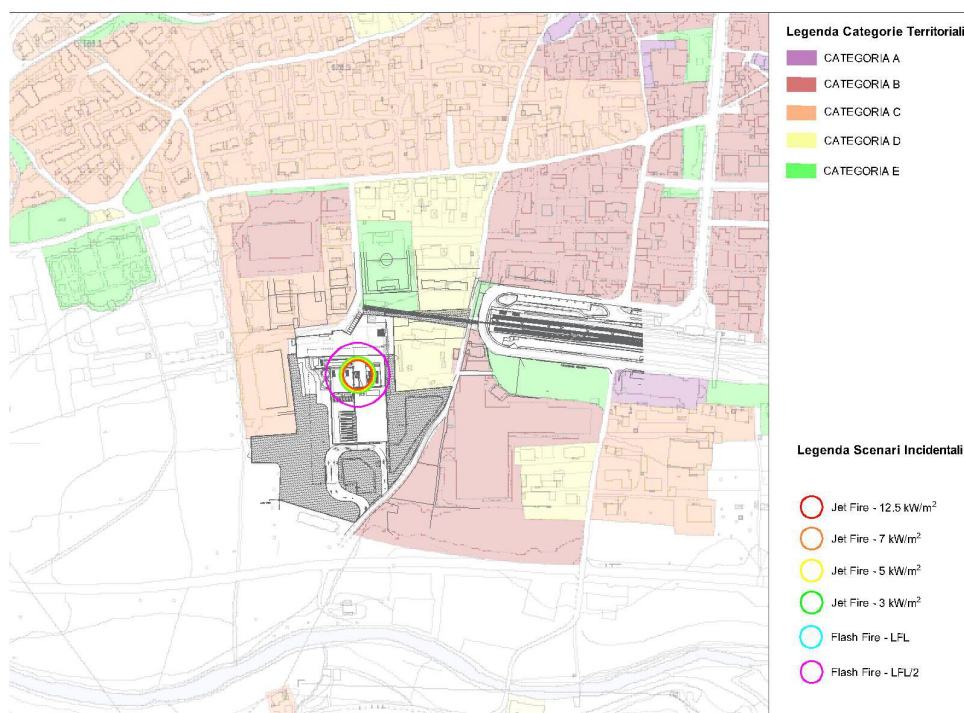


Figura 2 - Jet Fire e Flash Fire - Rilascio da Foro 1"- IS 2 (buffer idrogeno con volume tampone da 28m<sup>3</sup>)

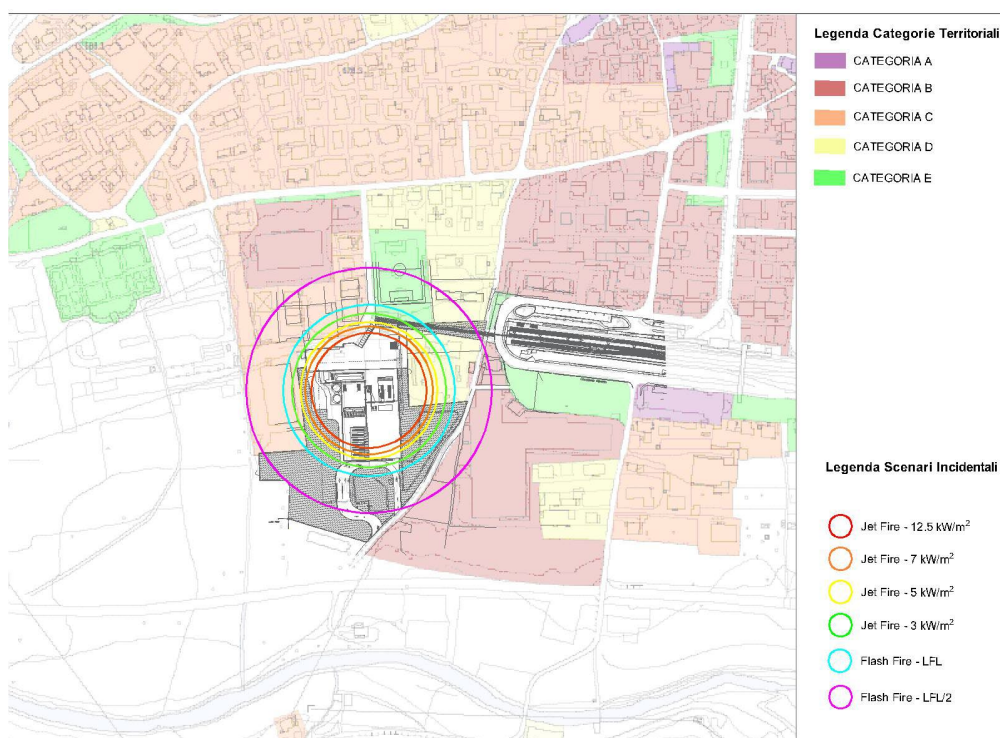


Figura 3 – Jet Fire e Flash Fire – Rilascio da Foro 4"- IS 2 (buffer idrogeno con volume tampone da 28m<sup>3</sup>)

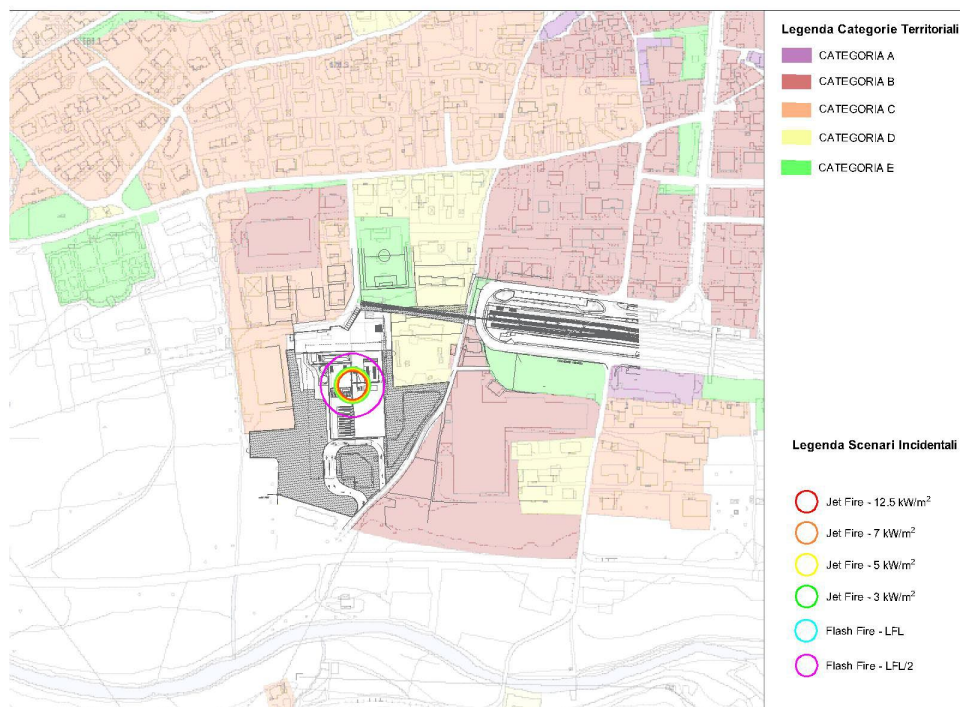


Figura 4 - Jet Fire e Flash Fire - Rilascio da Foro 1"- IS3 (linea aspirazione compressor)

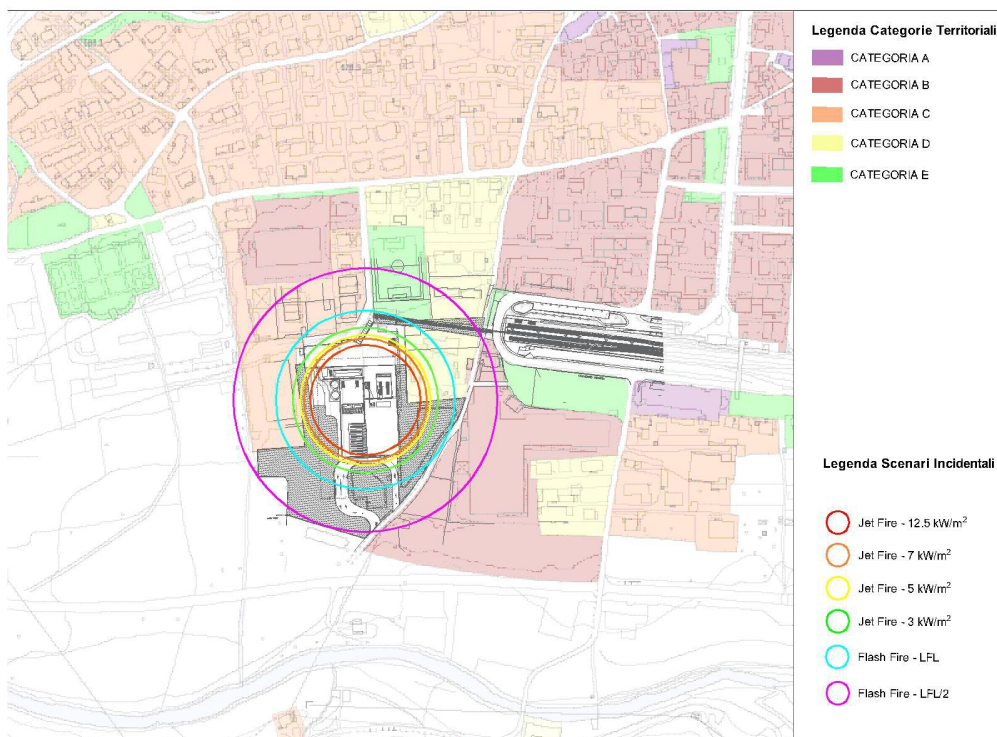


Figura 5 - Jet Fire e Flash Fire - Rilascio da Foro 1"- IS5 - Sottosezione 5.2 (linea aerea zona centrale)



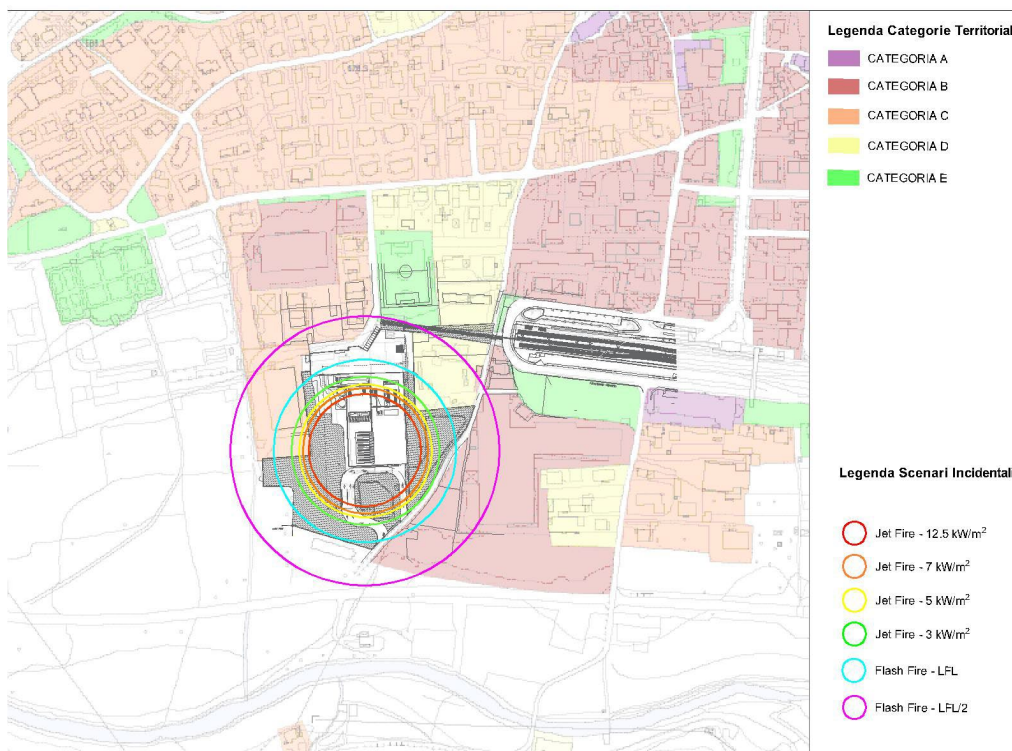


Figura 6 - Jet Fire e Flash Fire - Rilascio da Foro 1"- IS6A/6B/6C/6D/6E/6F (stoccaggio idrogeno)

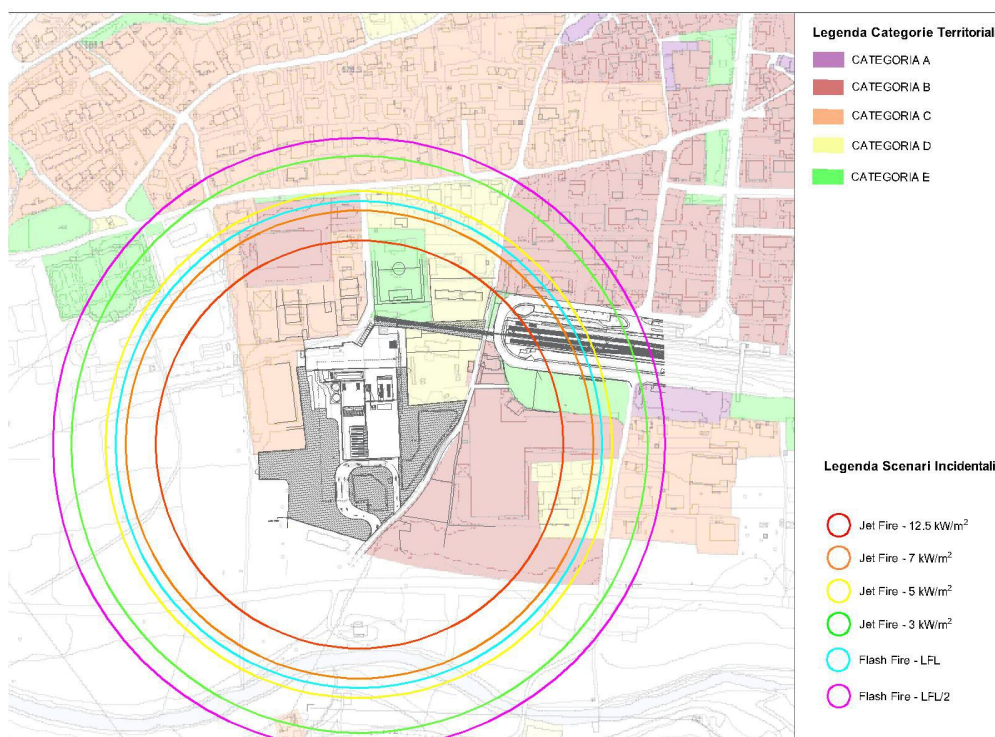
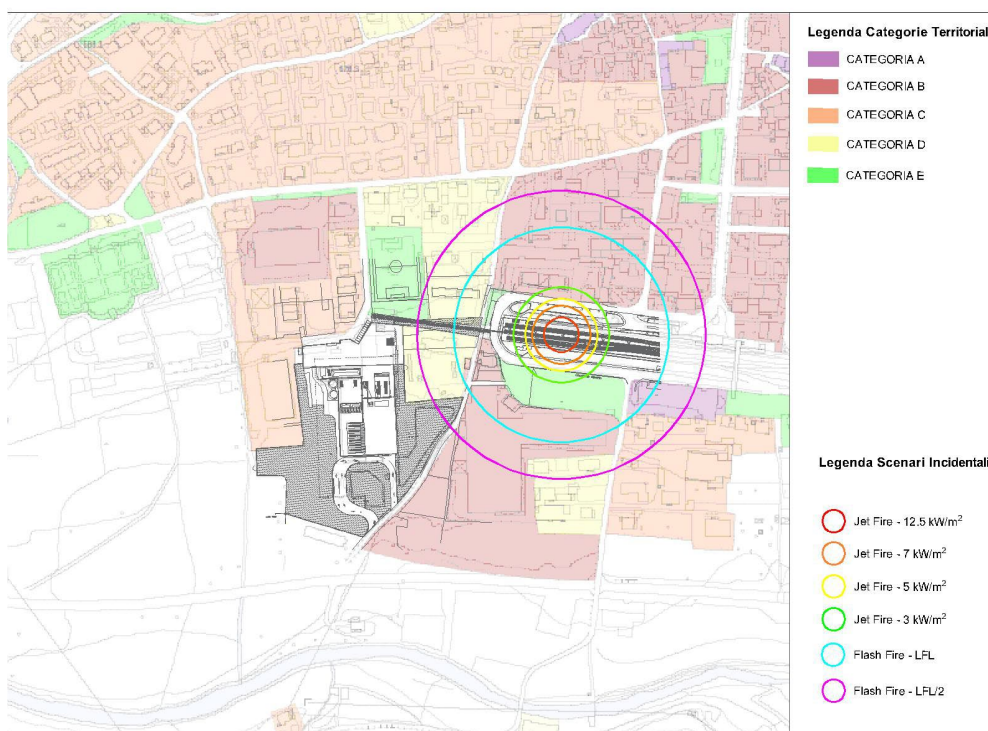
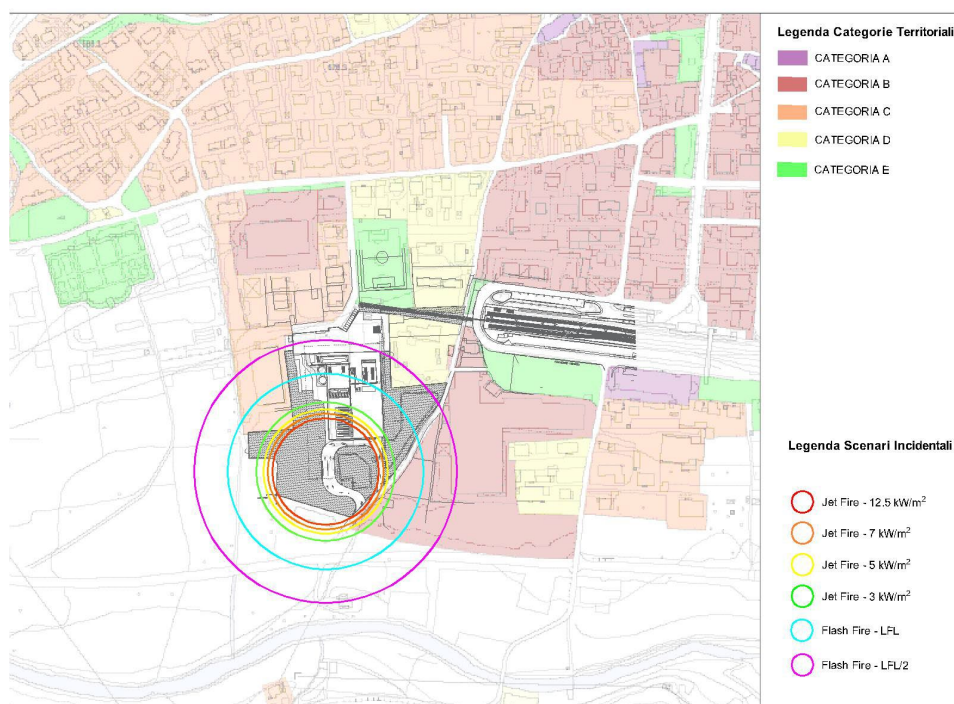


Figura 7 - Jet Fire e Flash Fire - Rilascio da Foro 4"- IS6A/6B/6C/6D/6E/6F (stoccaggio idrogeno)

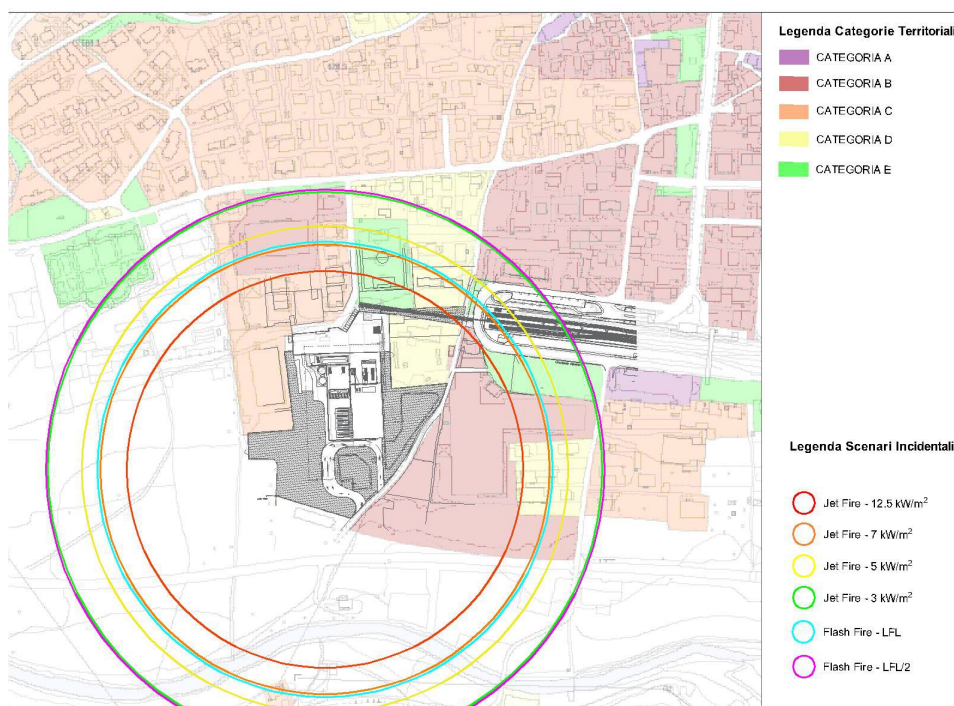


*Figura 8 - Jet Fire e Flash Fire - Rilascio da Foro 1" - IS 7A/7B (erogatori caricamento treni)*

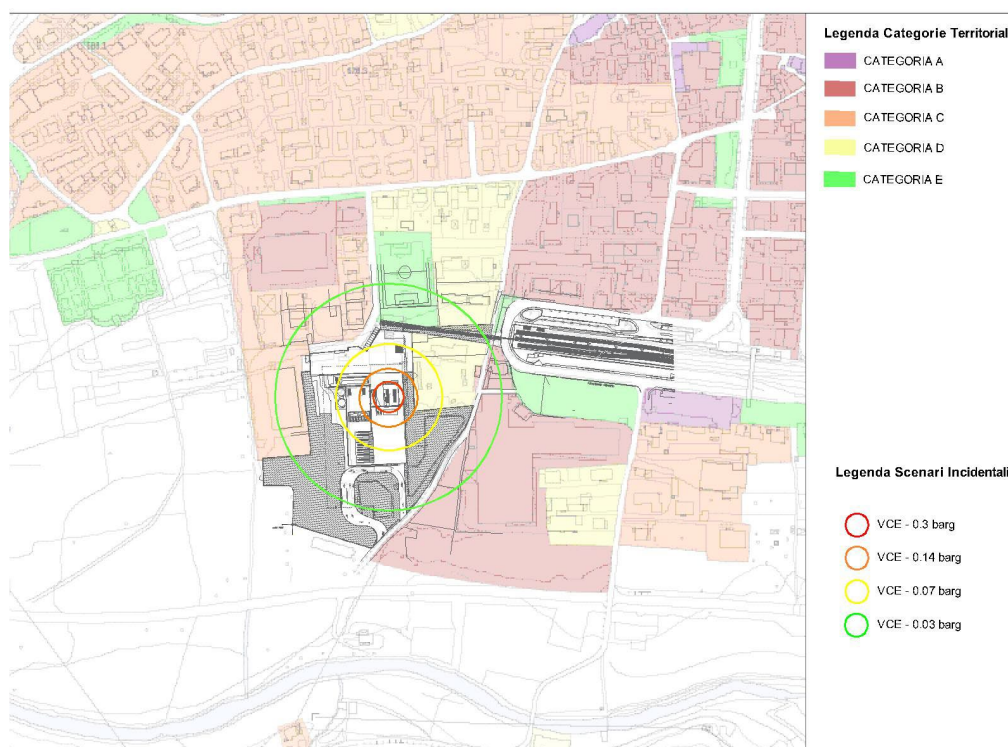




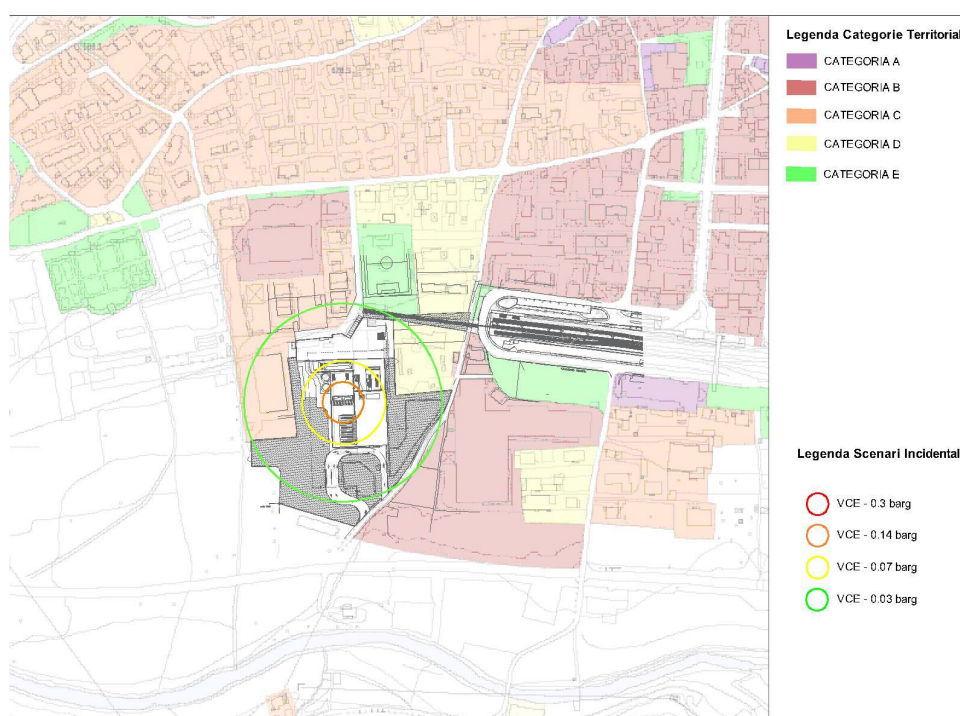
**Figura 9 - Jet Fire e Flash Fire - Rilascio da Foro 1''- IS 09 (erogatori caricamento/scaricamento carro bombolaio)**



**Figura 10 - Jet Fire e Flash Fire - Rilascio da Foro 4''- IS 09 (erogatori caricamento/scaricamento carro bombolaio)**

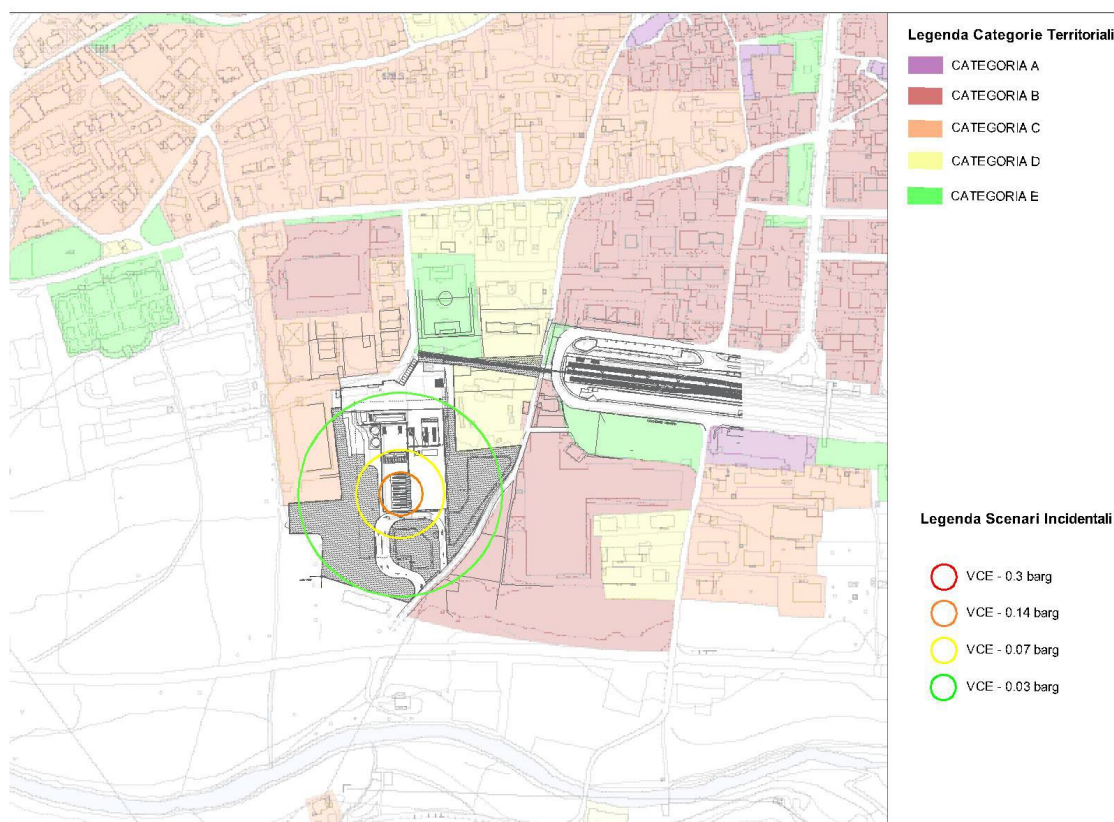


*Figura 11 - Esplosione - Area Congestionata 1 (AC1) (Elettrolizzatore)*



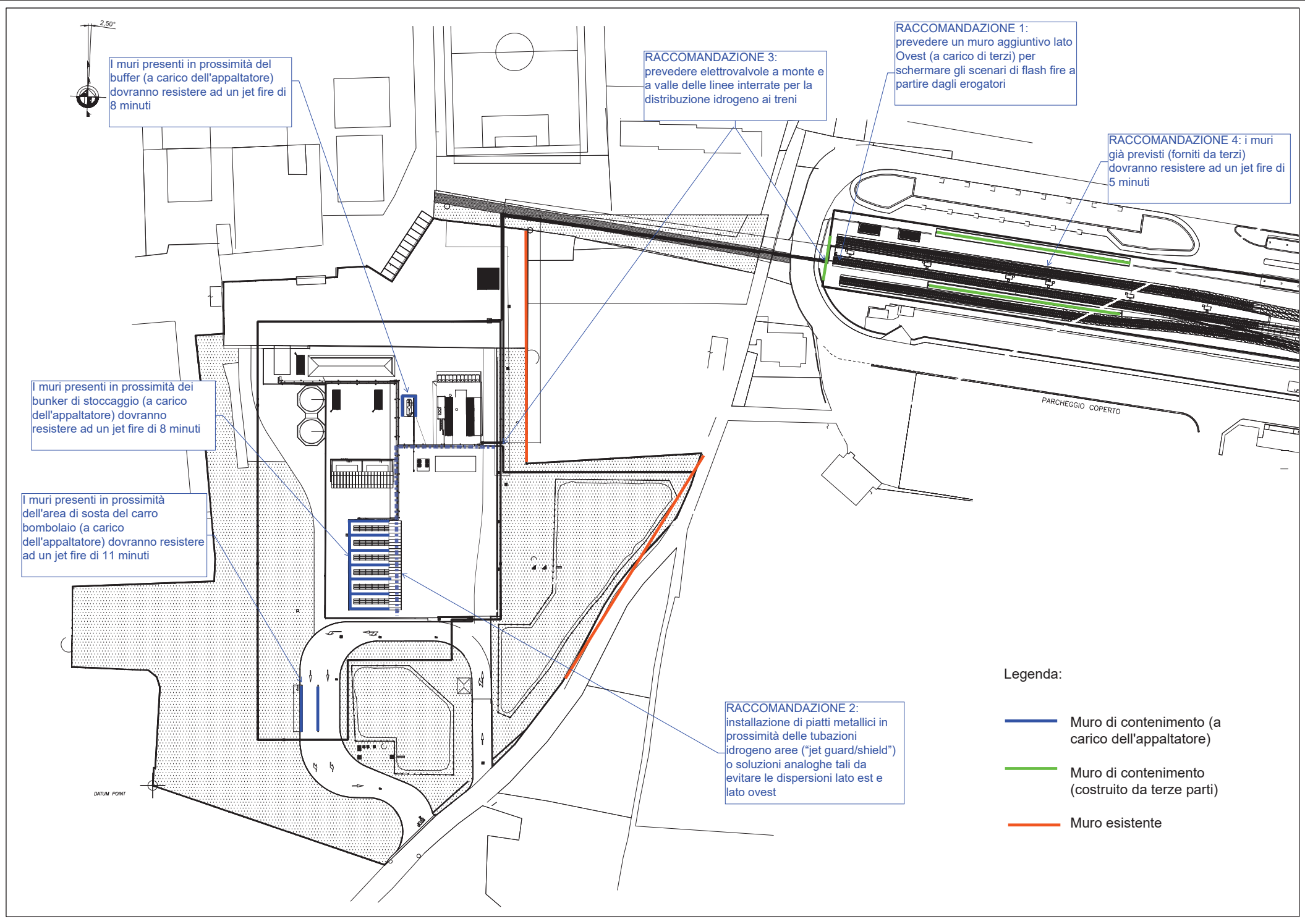
*Figura 12 - Esplosione - Area Congestionata 2 (AC2) (Compressori)*





*Figura 13 - Esplosione - Area Congestionata 3A/3B/3C/3D/3E/3F (AC3A/3B/3C/3D/3E/3F)  
(Stoccaggio idrogeno)*

## **Allegato 4 – Misure di Riduzione del Rischio – Planimetria**



I muri presenti in prossimità del buffer (a carico dell'appaltatore) dovranno resistere ad un jet fire di 8 minuti

I muri presenti in prossimità del bunker di stoccaggio (a carico dell'appaltatore) dovranno resistere ad un jet fire di 8 minuti

I muri presenti in prossimità dell'area di sosta del carro bombolaio (a carico dell'appaltatore) dovranno resistere ad un jet fire di 11 minuti

RACCOMANDAZIONE 3: prevedere elettrovalvole a monte e a valle delle linee interrare per la distribuzione idrogeno ai treni

RACCOMANDAZIONE 1: prevedere un muro aggiuntivo lato Ovest (a carico di terzi) per schermare gli scenari di flash fire a partire dagli erogatori

RACCOMANDAZIONE 4: i muri già previsti (forniti da terzi) dovranno resistere ad un jet fire di 5 minuti

RACCOMANDAZIONE 2: installazione di piatti metallici in prossimità delle tubazioni idrogeno aree ("jet guard/shield") o soluzioni analoghe tali da evitare le dispersioni lato est e lato ovest

- Legenda:
- Muro di contenimento (a carico dell'appaltatore)
  - Muro di contenimento (costruito da terze parti)
  - Muro esistente

## Allegato 5 – Analisi delle durate degli scenari incidentali

Nel seguente allegato sono riportati i grafici realizzati con il software DNV PHAST v.8.9. Si può osservare come tutti i grafici presentino una prima parte in cui la massa rilasciata è costante, dovuto al fatto che i primi 60 s o 120 s costituiscono il tempo di rilevazione e isolamento della sezione.

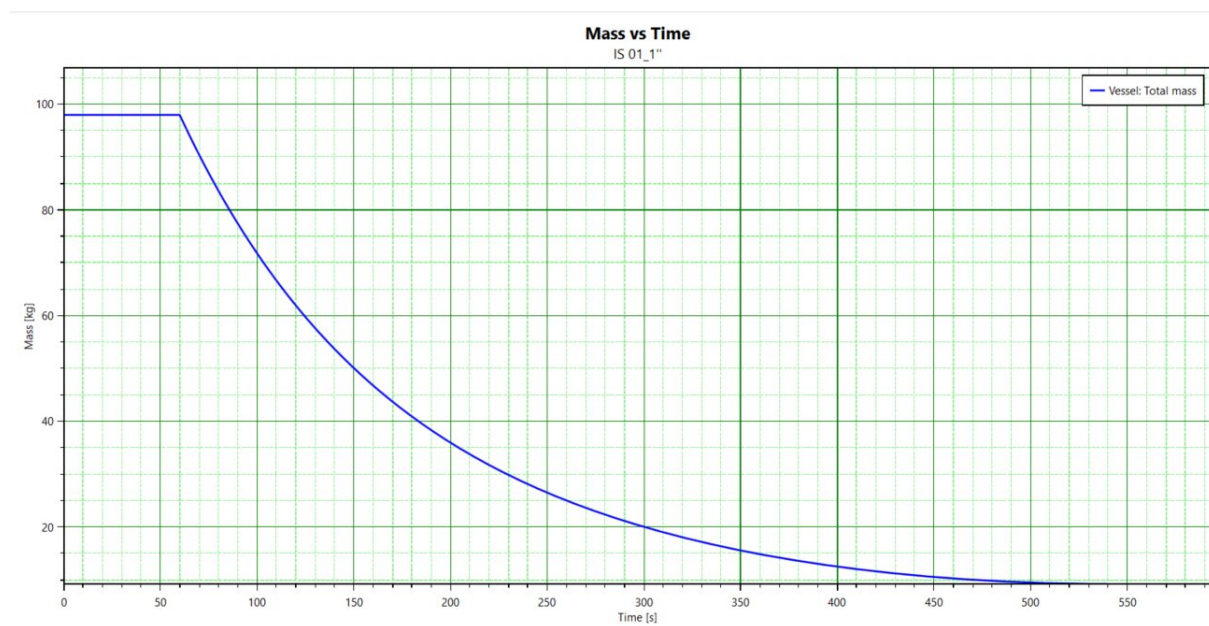


Figura 14 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS01-1''(Modulo elettrolisi)

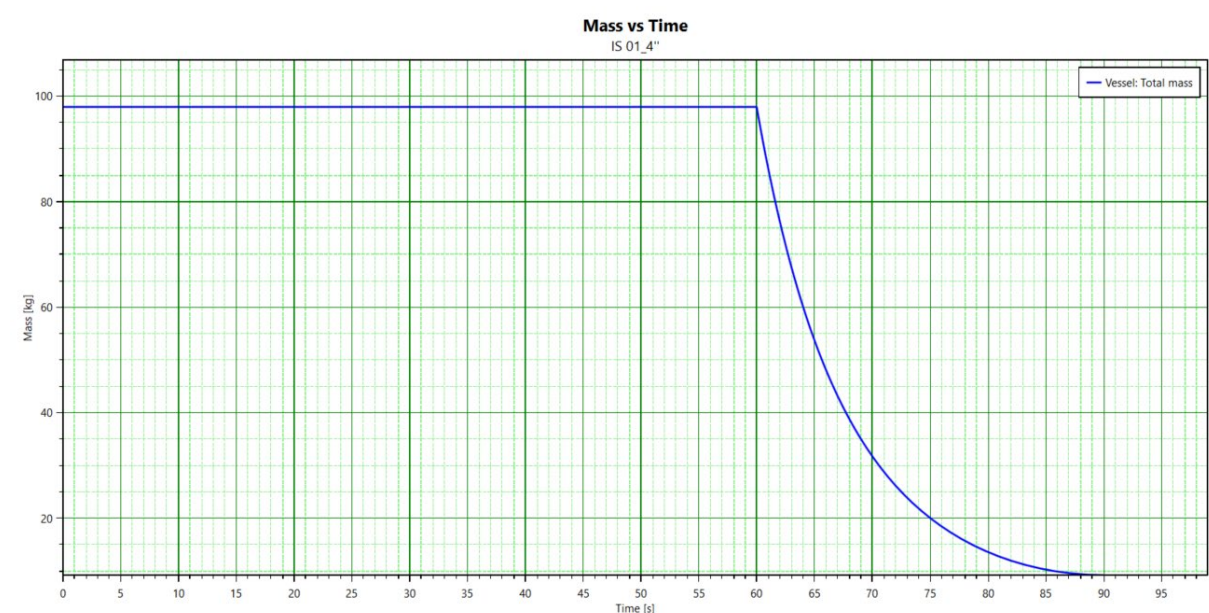
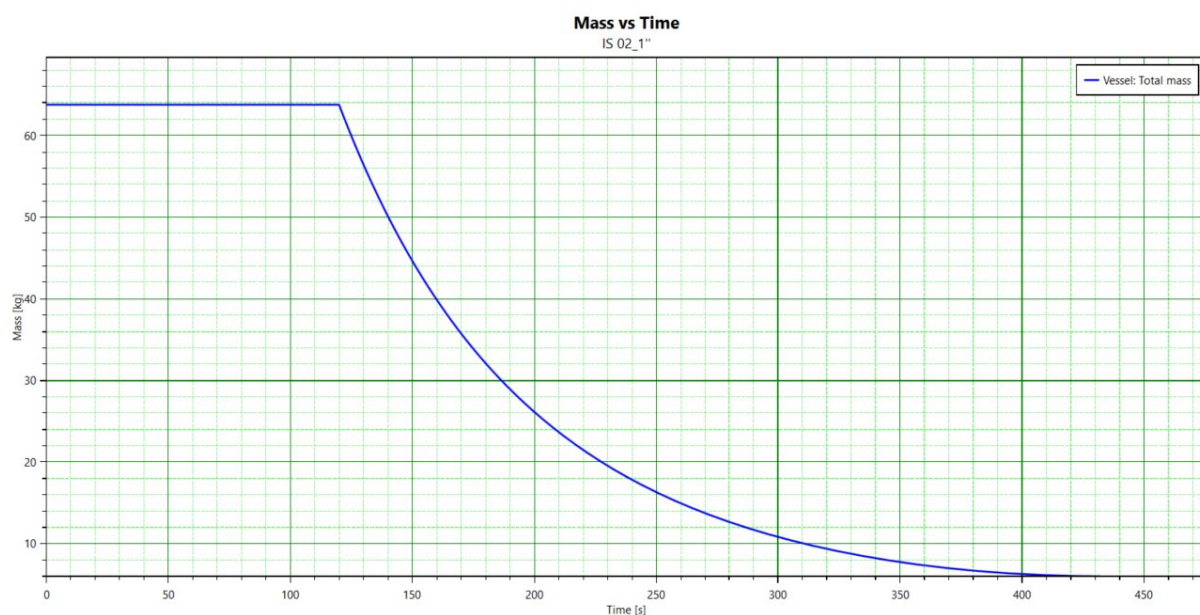
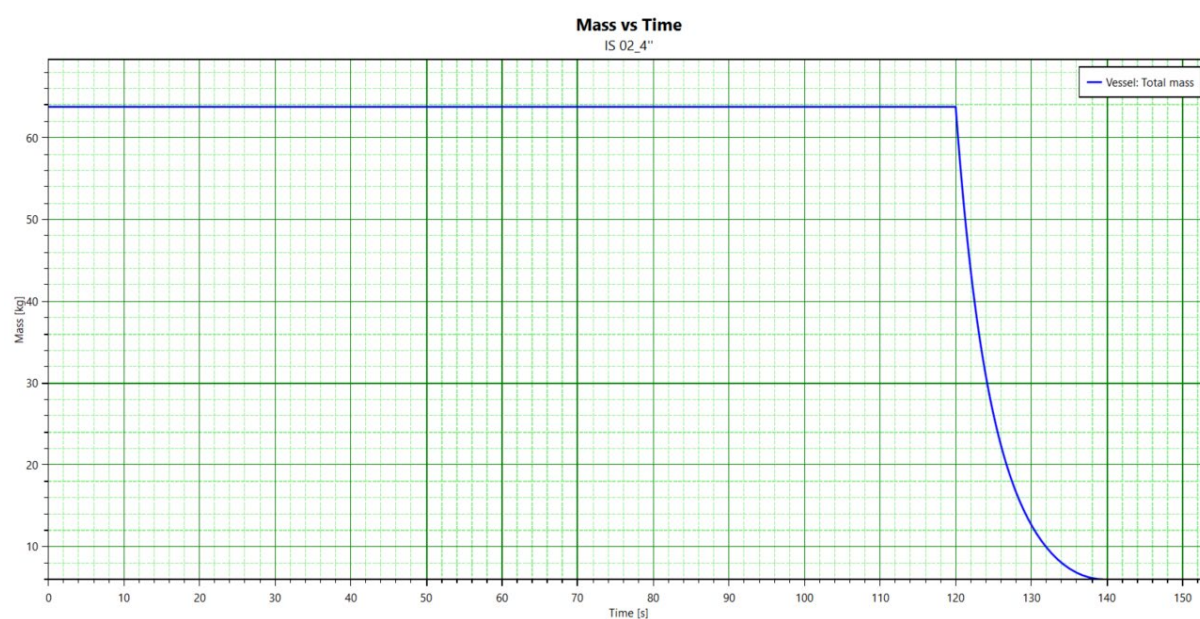


Figura 15 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS01-4''(Modulo elettrolisi)





*Figura 16 - Massa rilasciata in funzione del tempo: IS02-1" (Buffer idrogeno con volume tampone pari a 28 m<sup>3</sup>)*



*Figura 17 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS02-4" (Buffer idrogeno con volume tampone pari a 28 m<sup>3</sup>)*

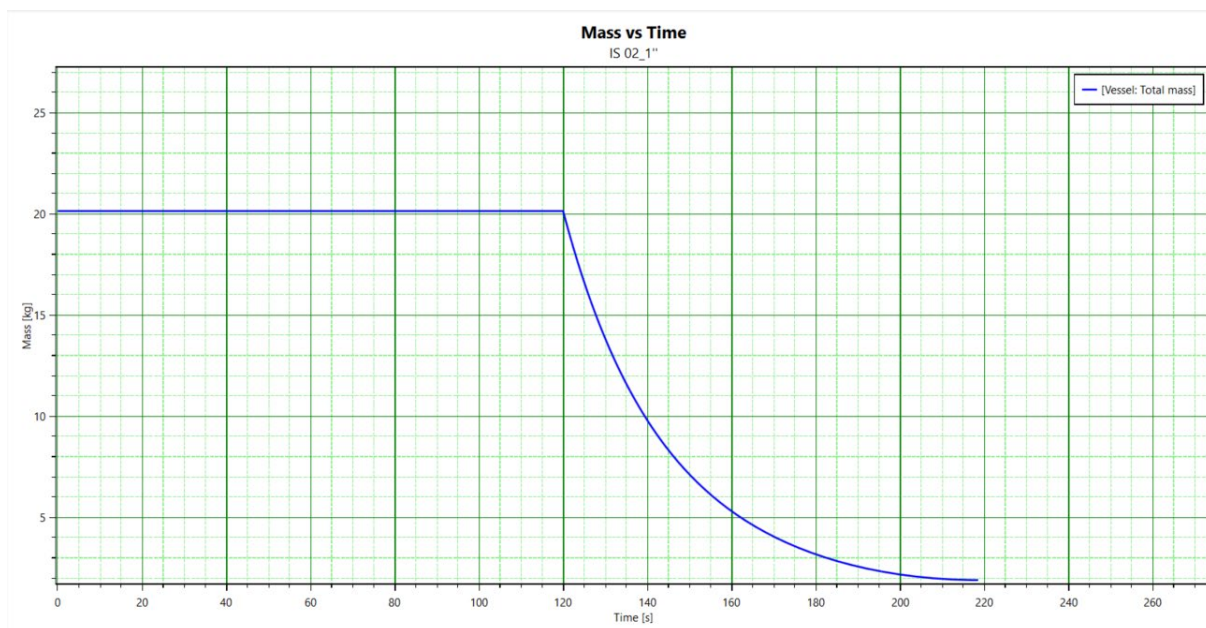


Figura 18 - Massa rilasciata in funzione del tempo: IS02-1" (Buffer idrogeno con volume circa 9 m<sup>3</sup>)

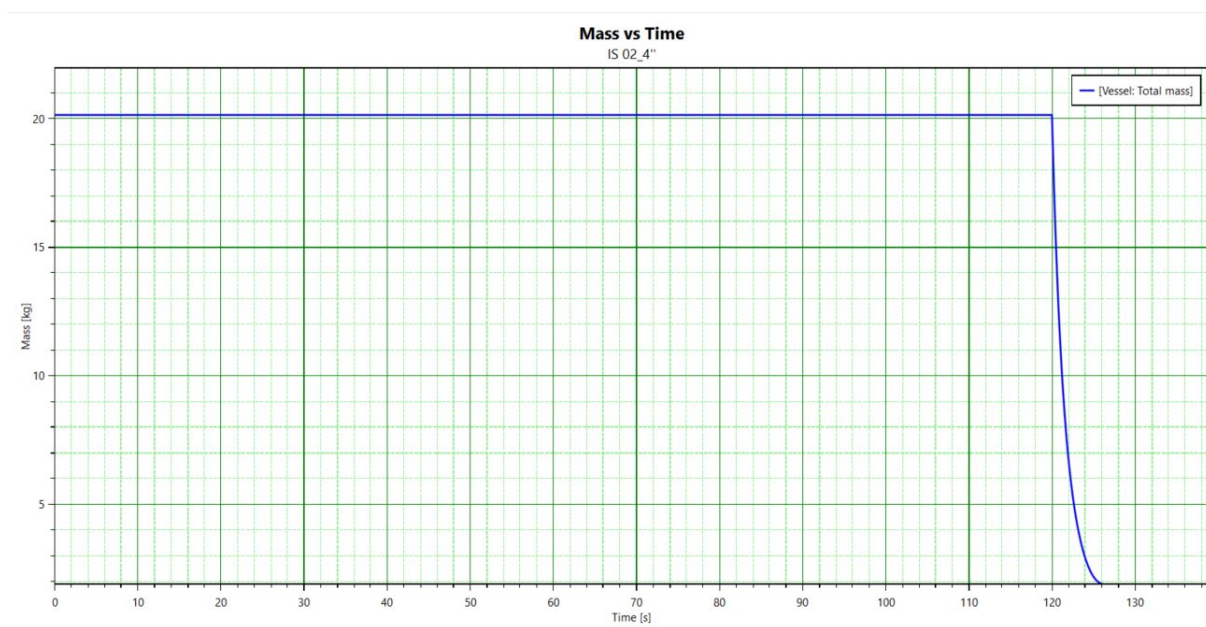
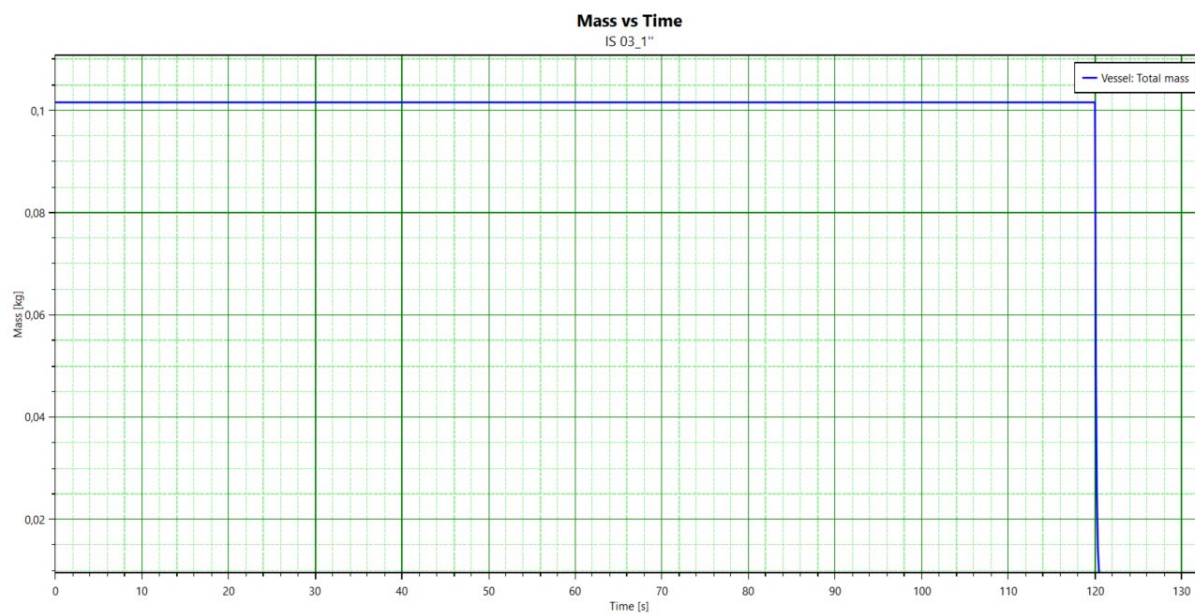
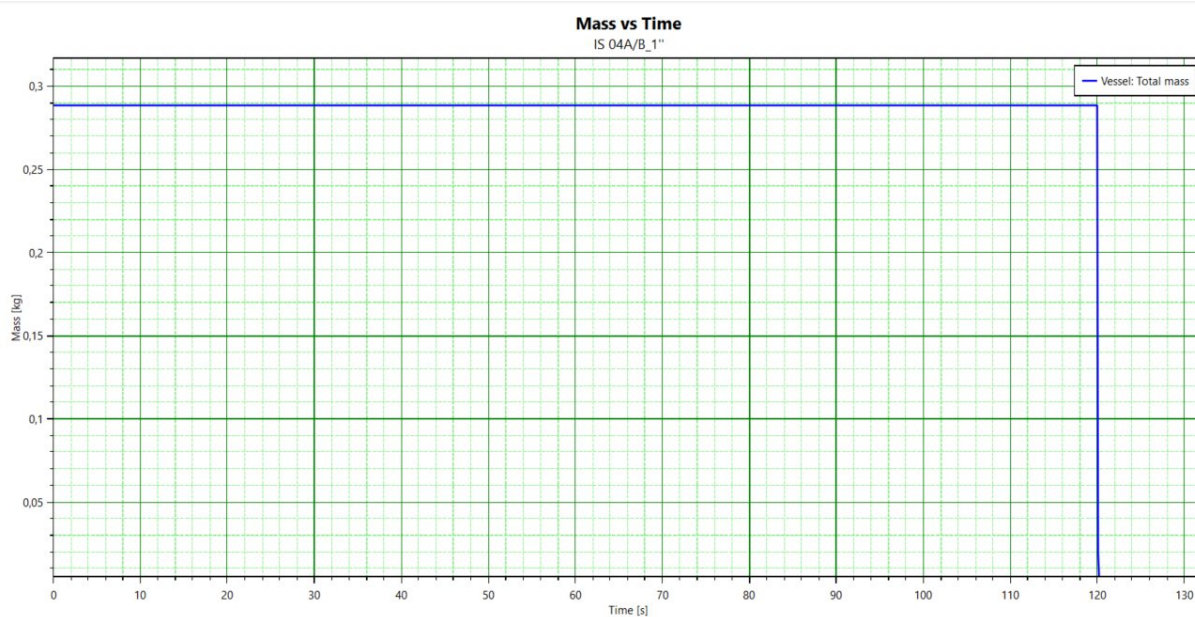


Figura 19 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS02-4" (Buffer idrogeno con volume circa 9 m<sup>3</sup>)





*Figura 20 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS03-1" (Linea aspirazione compressori)*



*Figura 21 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS04A/B-1" (Compressori)*

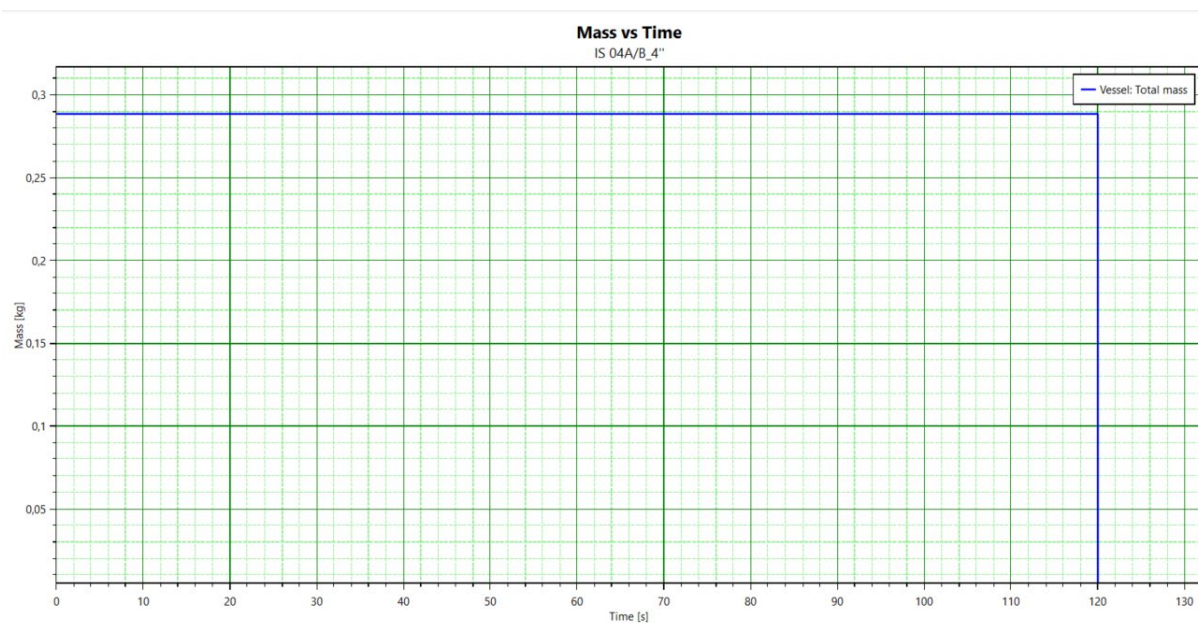


Figura 22 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS04A/B-4" (Compressori)

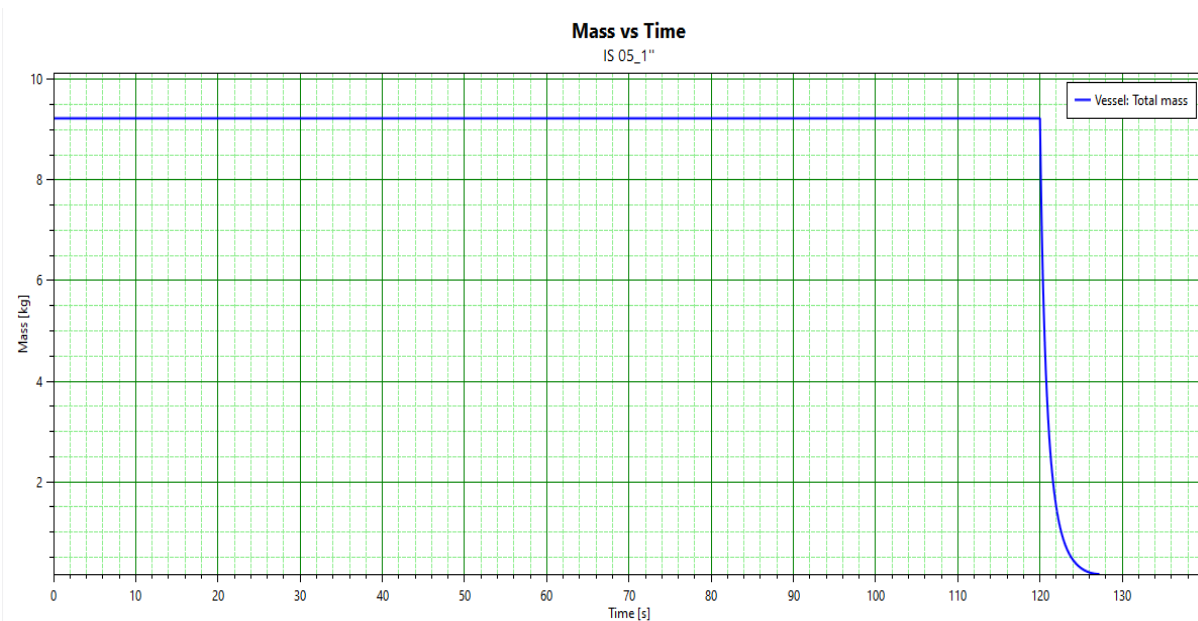


Figura 23 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS05-1" (Distribuzione idrogeno)

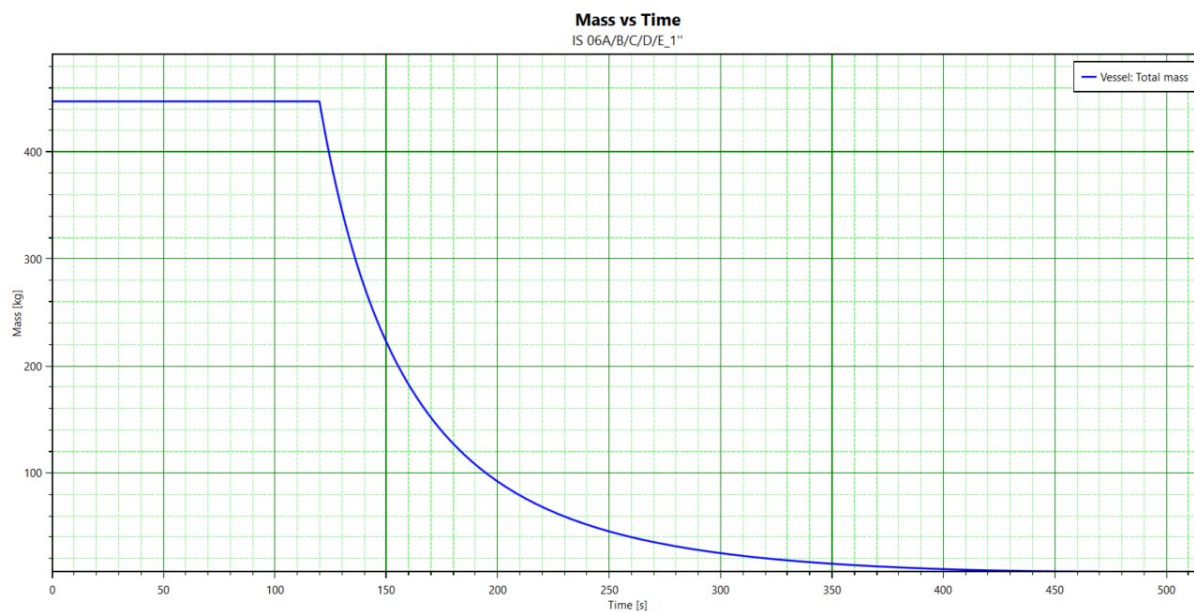


Figura 24 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS06A/B/C/D/E-1" (Stoccaggio idrogeno)

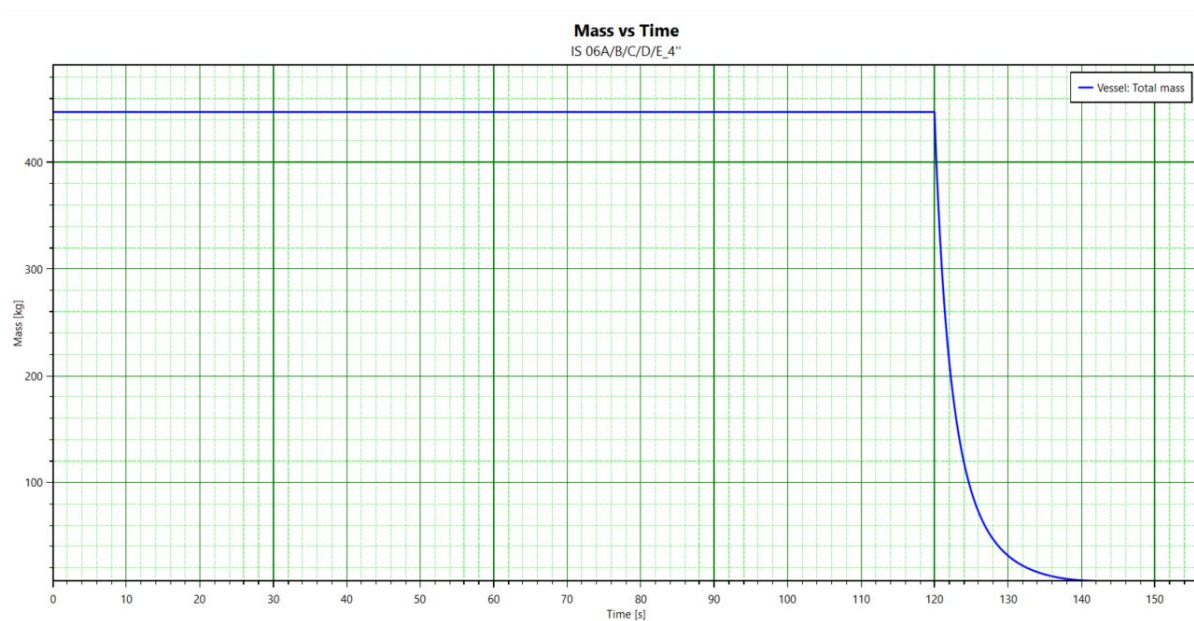
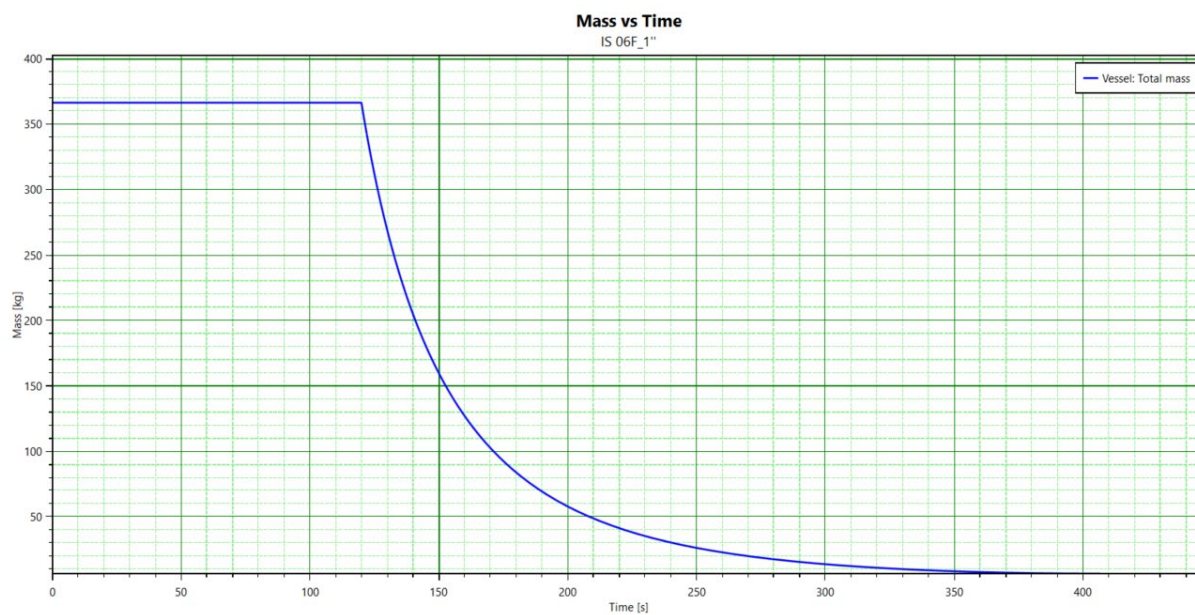
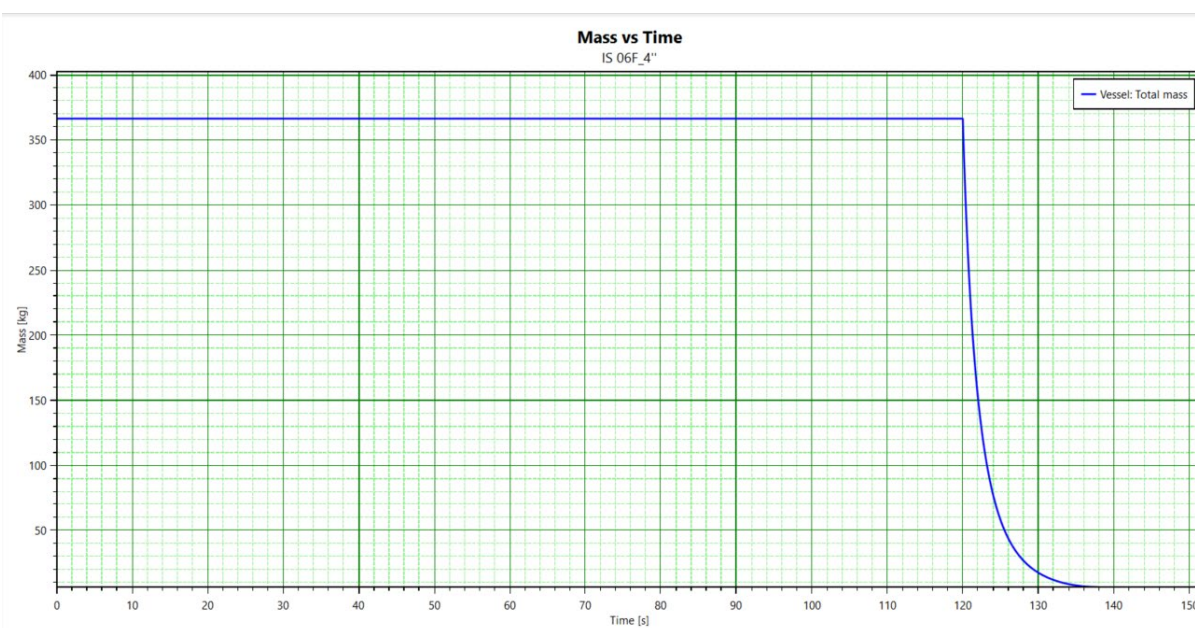


Figura 25 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS06A/B/C/D/E-4" (Stoccaggio idrogeno)

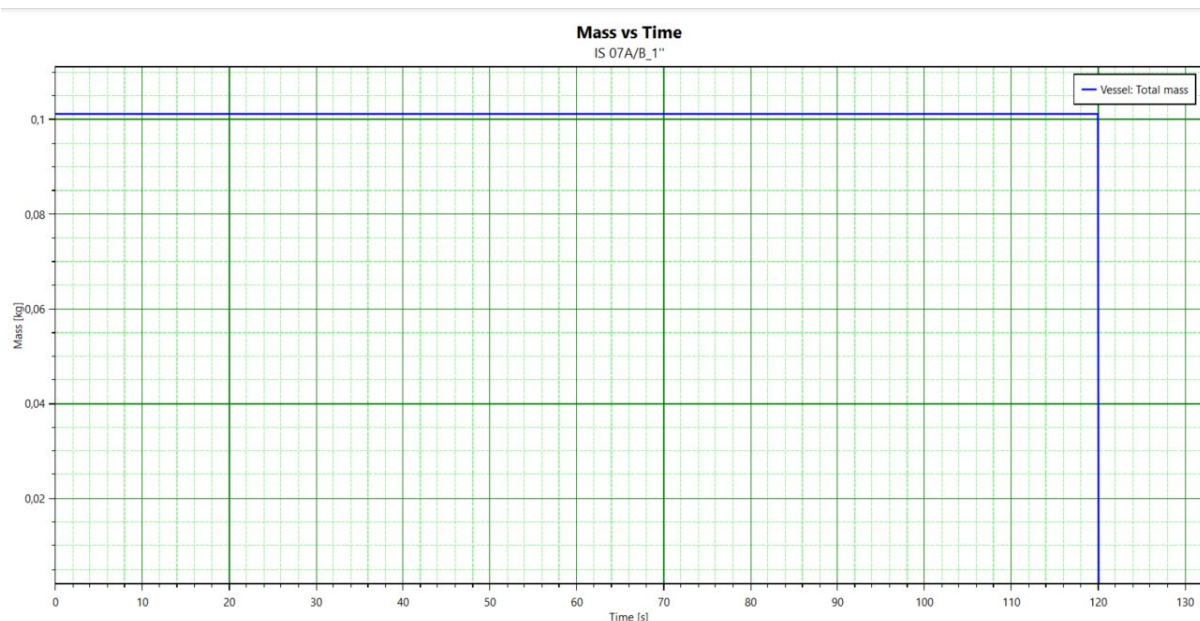




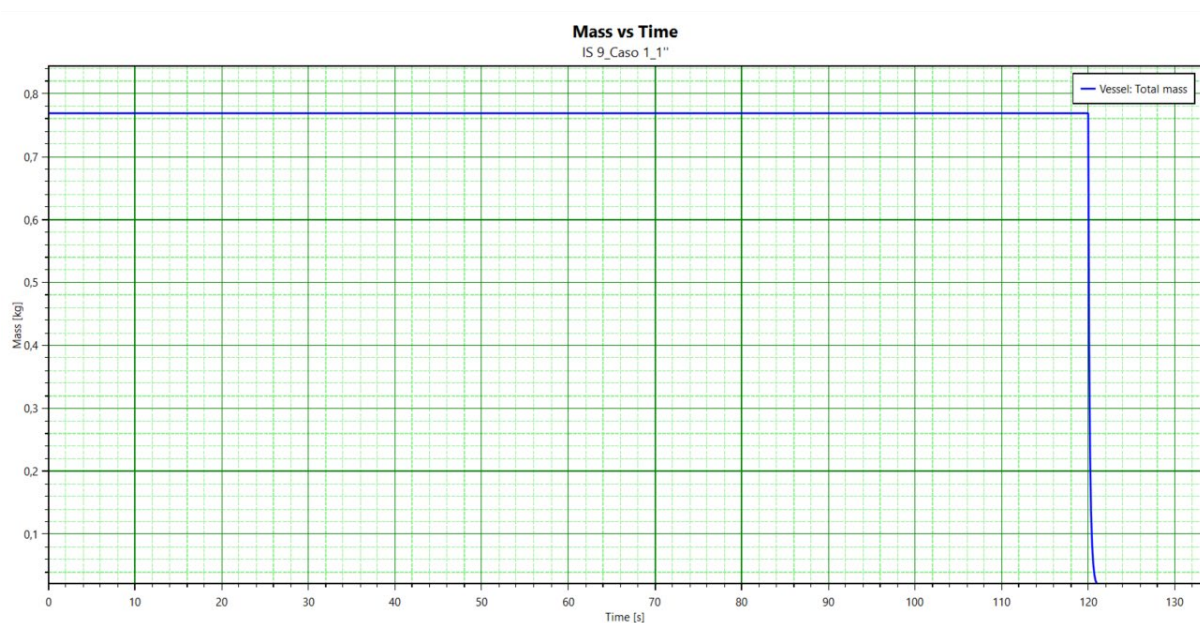
*Figura 26 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS06F-1" (Stoccaggio idrogeno)*



*Figura 27 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS06F-4" (Stoccaggio idrogeno)*

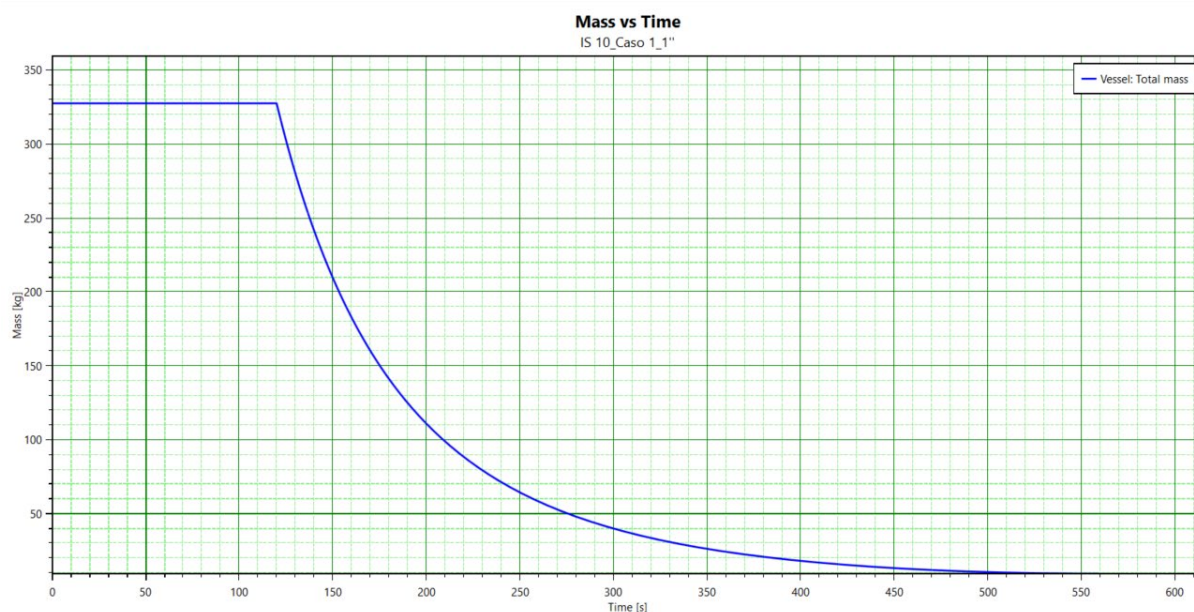


*Figura 28 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS07A/B-1" (Erogatori caricamento treni)*

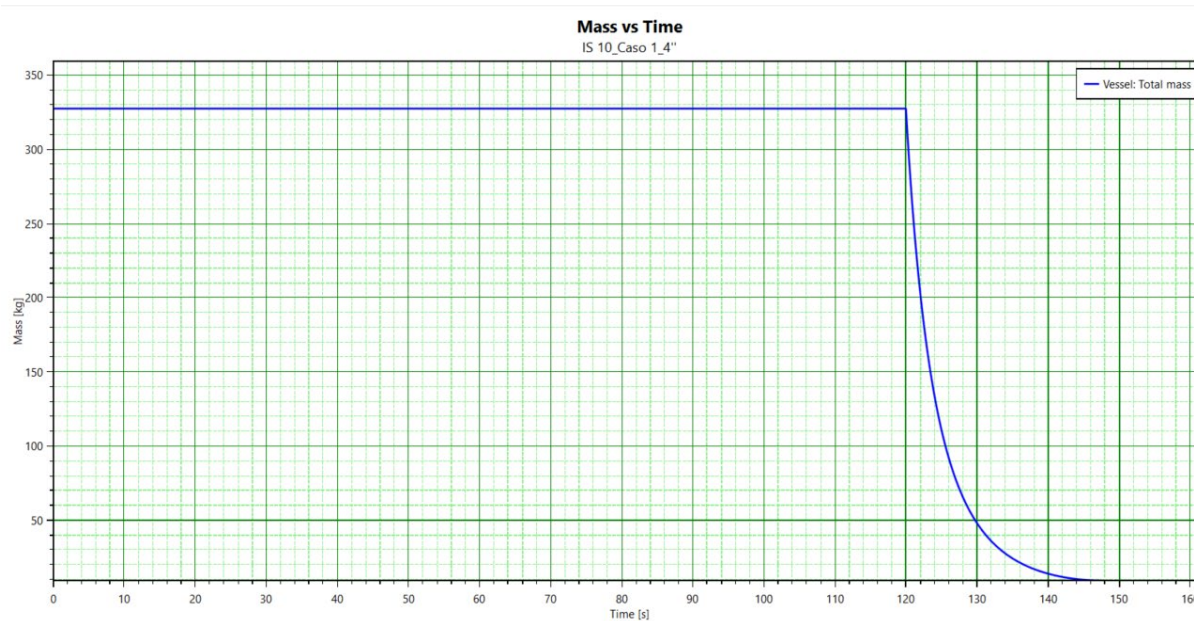


*Figura 29 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS08-1" (Linea collegamento carro bombolaio)*





*Figura 30 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS09-1" (Erogatori caricamento/scaricamento carro bombolaio)*



*Figura 31 – Massa rilasciata in funzione del tempo: IS09-4" (Erogatori caricamento/scaricamento carro bombolaio)*

---

## **Allegato 6 – HOLD List**

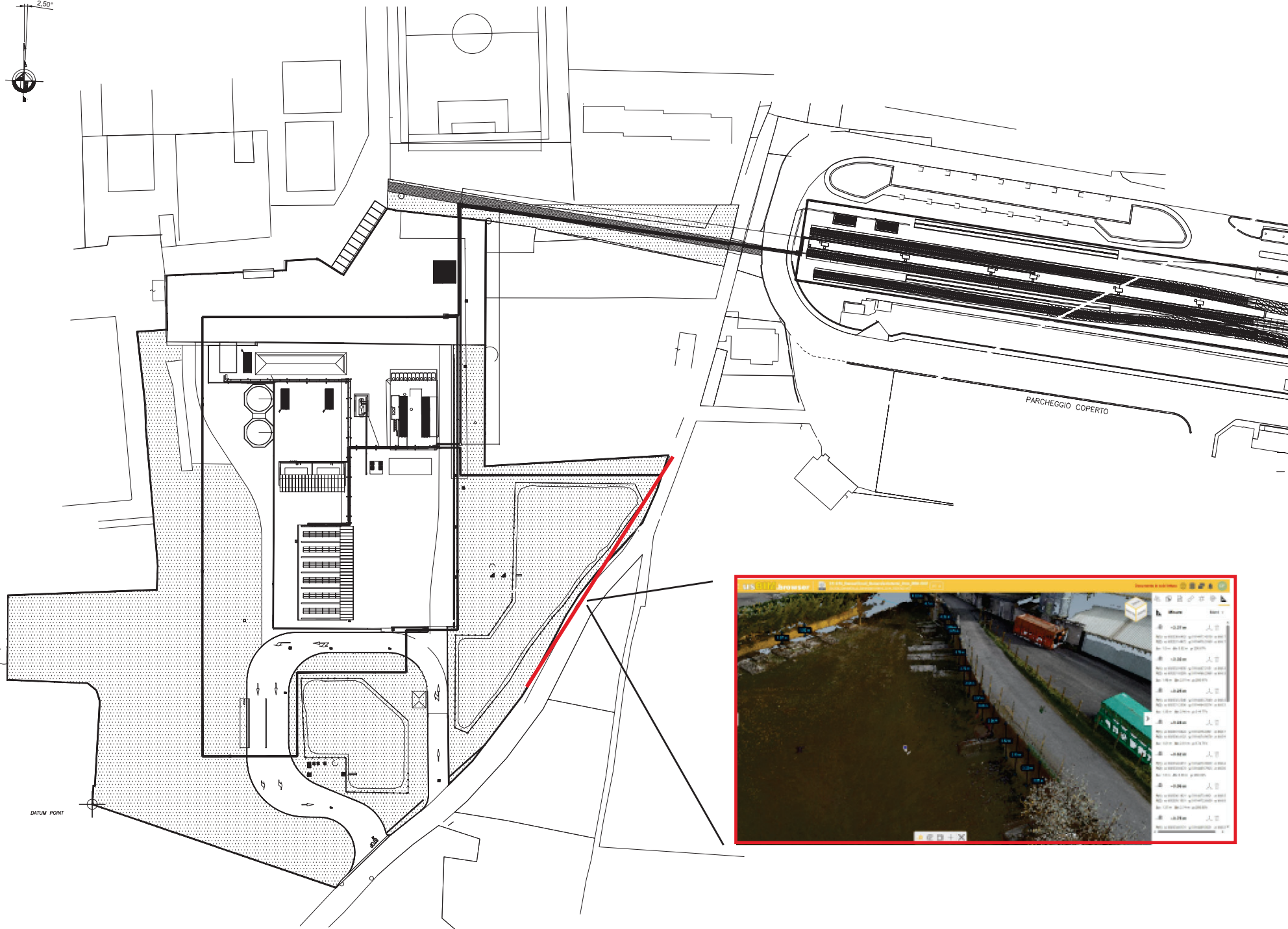
HOLD 1: Periodo complessivo di utilizzo del carro bombolaio pari a 1 mese/anno.

HOLD 2: Muro di contenimento e divisorio tra ferrovia e l'antistante parcheggio coperto di altezza 3.0 m.

## **Allegato 7 – Rappresentazione muro esistente in Via Rassiche**

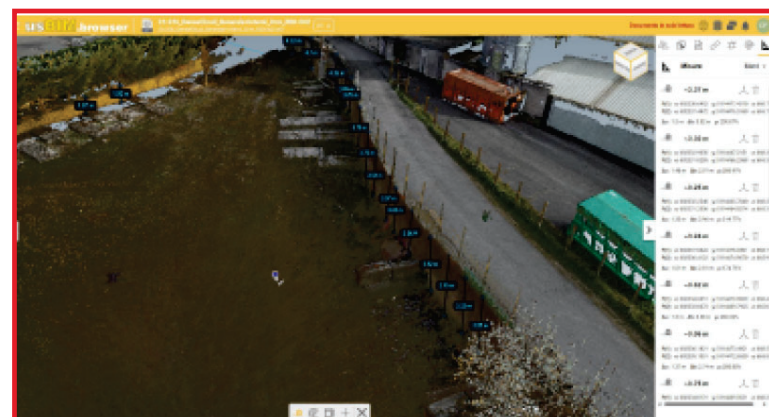
In Allegato viene riportata una rappresentazione che mostra l'altezza media del muro esistente presente in Via Rassiche pari a circa 3.0 – 3.5 metri dal piano del nuovo sito.





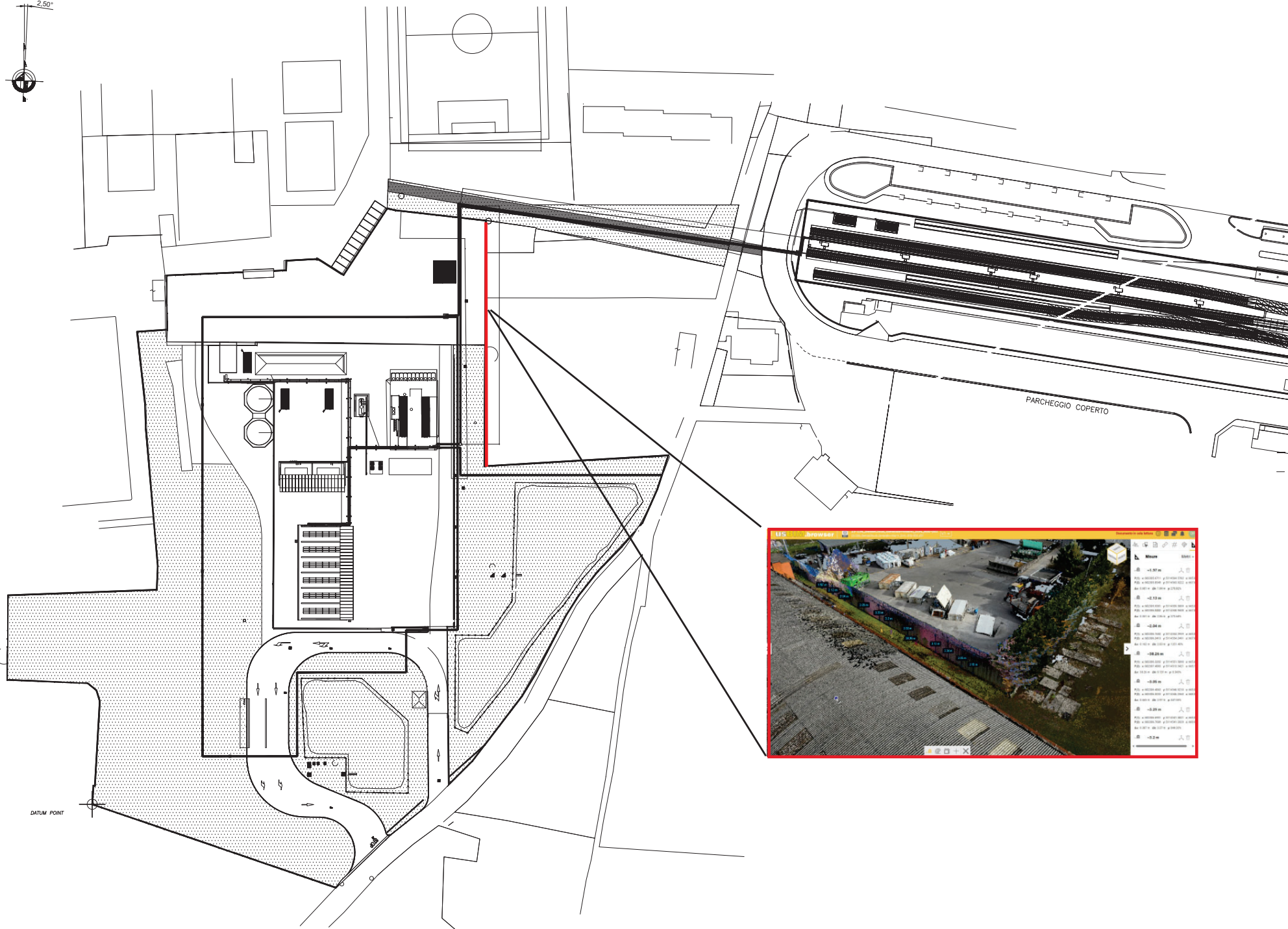
PARCHEGGIO COPERTO

DATUM POINT



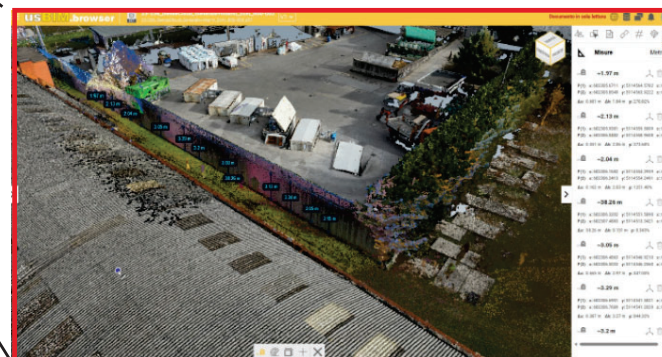
## **Allegato 8 - Raffigurazione muro esistente in corrispondenza dell'Isola Ecologica**

In Allegato viene riportata una raffigurazione che mostra l'altezza media del muro esistente presente in corrispondenza dell'Isola Ecologica, a est dell'impianto, pari a circa 3.0 metri nella zona alta e a circa 2.0 metri nella zona più bassa a nord.



PARCHEGGIO COPERTO

DATUM POINT



## **Allegato 9 - Verifica della compatibilità territoriale**

In Tabella è riportata la verifica della compatibilità territoriale, in cui si tiene conto anche della presenza dei muri esistenti (in particolare il muro parallelo a Via Rassiche, che costituisce un sostegno alla strada stessa sopraelevata, e il muro parallelo all'isola ecologica su lato est).

Le lettere A, B, C, D, E ed F riportate nella tabella stanno ad indicare la categoria territoriale più gravosa colpita dallo scenario (passando dalla categoria F alla categoria A la gravità è crescente in quanto aumenta la densità di popolazione presente).

Le colorazioni delle celle devono essere così interpretate:

- Verde Chiaro: la categoria territoriale che viene raggiunta dallo scenario è compatibile con i criteri riportati in Tabella 3;
- Verde Scuro: lo scenario è schermato da protezioni già presenti in impianto o nelle zone limitrofe e quindi risulta compatibile;
- Rosso: lo scenario raggiunge una categoria territoriale non compatibile con i criteri riportati in Tabella 3 e quindi sono necessarie ulteriori misure di mitigazione del rischio.

Viste le assunzioni fatte nel presente documento, le note e le raccomandazioni presenti alla seguente tabella forniscono un contributo significativo alla riduzione del rischio ai fini del raggiungimento della compatibilità territoriale.

IS	Foro	Scenario	Frequenza	Elevata Letalità	Inizio Letalità	Lesioni Irreversibili	Lesioni Reversibili	Note
2	1"	Jet Fire	4.16E-06	F	F	F	F	
		Flash fire	4.16E-06	-	F	-	-	
	4"	Jet Fire	1.97E-06	F	D	C	C	Lo scenario è risultato compatibile per la presenza del muro a est in corrispondenza dell'isola ecologica
		Flash fire	1.97E-06	C	B	-	-	Lo scenario è risultato compatibile per la presenza di muri nei lati Nord, Est e Ovest del buffer
3	1"	Jet Fire	3.33E-06	F	F	F	F	
		Flash fire	3.33E-06	-	-	-	-	
4 A/B	1"	Jet Fire	5.70E-06	-	-	-	-	
		Flash fire	3.42E-06	-	-	-	-	
	4"	Jet Fire	2.18E-07	-	-	-	-	
		Flash fire	2.18E-07	-	-	-	-	
5.2	1"	Jet Fire	9.41E-05	F	D	D	C	Lo scenario è risultato compatibile per la presenza del muro a est in corrispondenza dell'isola ecologica
		Flash fire	9.41E-05	C	B	-	-	Si veda la raccomandazione No. 2
6 A/B/C/D/E	1"	Jet Fire	4.84E-05	F	C	C	C	Lo scenario è risultato compatibile per la presenza del muro lato ovest degli stoccaggi
		Flash fire	2.90E-05	B	B	-	-	
	4"	Jet Fire	3.34E-07	B	B	B	A	
		Flash fire	3.34E-07	B	A	-	-	
6 F	1"	Jet Fire	4.83E-05	F	C	C	C	Lo scenario è risultato compatibile per la presenza del muro lato ovest degli stoccaggi
		Flash fire	2.90E-05	B	B	-	-	
	4"	Jet Fire	2.73E-07	B	B	B	A	
		Flash fire	2.73E-07	B	A	-	-	
7 A/B	1"	Jet Fire	8.97E-05	F	F	F	B	
		Flash fire	8.97E-05	A	A	-	-	Si veda la raccomandazione No. 1
9	1"	Jet Fire	3.53E-05	F	F	F	F	Lo scenario è risultato compatibile per la presenza dei muri in corrispondenza della postazione riservata al carro bombolaio.
		Flash fire	3.36E-05	F	F	-	-	
	4"	Jet Fire	1.49E-05	F	F	F	F	
		Flash fire	1.49E-05	F	F	-	-	