



SAPIO

Produzione Idrogeno Ossigeno Stabilimento di Porto Marghera (VE)

Nota tecnica sui requisiti di sicurezza

Marzo 2024

Emis. N.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
03	08/08/2024	Emissione Finale	DC	GR	Ing. Giovanni Romano
Commessa: 72512		File: 72512 - nota tecnica elettrolisi Porto Marghera-02			

T R R S.r.l. – Tecnologia Ricerca Rischi – Via Saore, 25 – 24046 Osio Sotto (BG)





INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	DEFINIZIONI	4
3.	REQUISITI MINIMI DI SICUREZZA PREVISTI DAL D.M. 7 LUGLIO 2023	5
	3.1 MATERIALI DA UTILIZZARE.....	5
	3.2 ACCESSO ALL'AREA.....	5
	3.3 UNITÀ DI STOCCAGGIO	6
	3.4 COMPRESSORI.....	6
	3.5 BAIE DI CARICO	6
	3.6 TUBAZIONI.....	6
	3.7 DISTANZE DI SICUREZZA	7
4.	VALUTAZIONI PER IL PROGETTO PREVISTO PRESSO LO STABILIMENTO DI PORTO MARGHERA (VE).....	9
5.	INDIVIDUAZIONE DEGLI ELEMENTI DI PROTEZIONE ANTINCENDIO ATTIVI E PASSIVI.....	15
6.	DETTAGLI RELATIVI ALLE SIMULAZIONI PRELIMINARI.....	17
7.	CONCLUSIONI	18





1. PREMESSA

Il presente documento rappresenta una nota tecnica esplicativa riguardante alcuni requisiti di sicurezza da adottare per la progettazione, la realizzazione e l'esercizio dei nuovi impianti relativi all'impianto di Porto Marghera (VE).

Il progetto prevede la costruzione dell'area dedicata alla produzione di idrogeno mediante elettrolisi. In tale zona si prevede l'allestimento di un'area compressori con 2 macchine che riceveranno in ingresso l'idrogeno prodotto dai 2 nuovi elettrolizzatori e lo invieranno alle restanti baie di carico per effettuare il riempimento dei carri bombolai.

Attualmente è applicabile il DM 7 luglio 2023 in qualità di **“Norma 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. DEFINIZIONI

Box

area delimitata da muri perimetrali costruiti in calcestruzzo armato, o in altro materiale incombustibile di adeguata resistenza meccanica, con caratteristiche costruttive dei manufatti tali da garantire solo perimetralmente la mitigazione degli effetti dovuti a scenari da rilascio e di incendio ed ai materiali che venissero proiettati a seguito di un eventuale scoppio. Il box può avere uno o due dei quattro lati completamente aperti a condizione che tali aperture non siano rivolte verso zone ove è prevista o consentita la presenza di persone estranee all'impianto e/o di parti vulnerabili dell'impianto e delle relative pertinenze. L'altezza della delimitazione è maggiore di almeno 1 m rispetto al punto più alto degli elementi pericolosi in esso contenuti. La pavimentazione e la copertura, che qualora presente deve essere di tipo leggero, sono realizzate in materiali incombustibili. Al suo interno sono adottati idonei accorgimenti per prevenire la formazione e la permanenza di atmosfere esplosive.

Elementi pericolosi

Gli impianti di produzione e stoccaggio di idrogeno sono costituiti, tipicamente, dai seguenti elementi:

- a) Elettrolizzatore (per la parte del sistema di produzione);
- b) serbatoio tampone;
- c) sistema di compressione;
- d) stoccaggio di idrogeno;
- e) gruppo di riduzione e stabilizzazione della pressione;
- f) stazione di caricamento (baie di carico);
- g) tubazioni di collegamento (elementi di connessione tra gli elementi a), b), c), d), e) e f) per il trasferimento dell'idrogeno);
- h) area di sosta per i carri bombolai;
- i) locali destinati a servizi accessori.

Gli elementi dalla lettera a) alla lettera g) sono considerati elementi pericolosi dell'impianto.





3. REQUISITI MINIMI DI SICUREZZA PREVISTI DAL D.M. 7 LUGLIO 2023

Si riportano di seguito alcuni significativi requisiti minimi di sicurezza desunti dal DM 7 Luglio 2023 per la progettazione costruttiva di strutture e impianti.

3.1 MATERIALI DA UTILIZZARE

I materiali impiegati per la realizzazione degli elementi di impianto devono essere compatibili con l'idrogeno alle temperature e pressioni di utilizzo. In particolare, i materiali dovranno essere scelti anche tenendo conto delle problematiche specifiche derivanti da fenomeni di infragilimento da idrogeno.

3.2 ACCESSO ALL'AREA

Per consentire l'intervento dei mezzi di soccorso dei Vigili del fuoco deve essere previsto almeno un accesso al sito con i seguenti requisiti minimi:

- larghezza: 3.50 m;
- altezza libera: 4 m;
- raggio di volta: 13 m;
- pendenza: non superiore al 10%;
- resistenza al carico: almeno 20 tonnellate (8 sull'asse anteriore e 12 sull'asse posteriore: passo 4 m).

In relazione ai carri bombolai, i percorsi all'interno dell'area dell'impianto, o nelle immediate vicinanze, devono consentire l'accesso e la manovra dei mezzi.

Il percorso previsto per il carro bombolaio, tra l'ingresso dell'impianto ed il punto di carico/scarico e poi da questo all'uscita, deve avvenire su idonea pavimentazione con eventuali curve che consentano il movimento continuo del mezzo. L'eventuale caricamento del carro bombolaio senza la motrice deve essere effettuato nei tempi strettamente necessari; in tal caso, il carro bombolaio deve essere parcheggiato in modo che la motrice possa agganciarlo e trainarlo anche in caso di emergenza senza compiere manovre (in direzione di uscita dall'impianto).





3.3 UNITÀ DI STOCCAGGIO

Le unità di stoccaggio, fatta eccezione per i serbatoi tampone, devono essere collocate in apposito *box*.

Se il volume complessivo del deposito è superiore a 6000 Nm³, il *box* deve essere suddiviso in porzioni (ciascuna contenente un volume non superiore a 6000 Nm³) delimitate da muri costruiti in calcestruzzo armato, o in altro materiale incombustibile di adeguata resistenza meccanica.

La struttura di supporto, se presente, deve essere incombustibile ed avere caratteristiche di resistenza al fuoco almeno R60.

3.4 COMPRESSORI

I compressori, comprensivi degli eventuali dispositivi di pertinenza (ad esempio serbatoi adibiti a smorzare le pulsazioni di pressione) devono essere collocati in *box*.

3.5 BAIE DI CARICO

Le baie di carico sono sistemi deputati al trasferimento dell'idrogeno tramite dispositivi di erogazione del gas e sono impiegate per alloggiare i carri bombolai. Il percorso previsto per il carro bombolaio, tra l'ingresso dell'impianto ed il punto di carico e scarico e poi da questo all'uscita, transita su idonea pavimentazione e con raggi di curvatura che consentano il movimento del mezzo senza manovre.

Le baie di carico devono disporre di un dispositivo di arresto che interrompe il flusso dell'idrogeno sia lato impianto che lato carro bombolaio non appena viene premuto il pulsante di emergenza, collocato in prossimità della stazione di caricamento.

3.6 TUBAZIONI

Le tubazioni rigide in pressione sono:

- a) progettate, costruite e collaudate secondo il decreto legislativo 15 febbraio 2016, n. 26;
- b) collocate a vista, facilmente ispezionabili, soprassuolo, in posizione protetta da possibili urti; se ciò non fosse possibile, potrebbero essere posate in appositi cunicoli carrabili, comunque ispezionabili, dotati di griglie di aerazione con superficie almeno pari alla sezione del cunicolo, oppure possono essere collocate interrato, a profondità di interramento non inferiore a 0,50 m;





- c) protette da fenomeni di corrosione esterna;
- d) prive di sollecitazioni significative all'interno del materiale prodottesi a causa del montaggio, degli assestamenti o delle differenze di temperatura;
- e) realizzate preferibilmente con giunti saldati e comunque ispezionabili;
- f) chiaramente segnalate e individuate, anche a terra.

La scelta delle modalità di posa delle tubazioni deve garantire il corretto espletamento delle attività di ispezione, controllo e manutenzione.

3.7 DISTANZE DI SICUREZZA

Per i vari *elementi pericolosi* costituenti l'impianto, in relazione della specifica pressione di esercizio, devono essere rispettate le seguenti distanze di sicurezza:

PRESSIONE IDROGENO (barg)	DISTANZE DI SICUREZZA (m)		
	ESTERNA	PROTEZIONE	INTERNA
$700 < P \leq 1000$	30	15	15
$500 < P \leq 700$	25	15	15
$300 < P \leq 500$	20	15	15
$100 < P \leq 300$	17	12	12
$50 < P \leq 100$	12	8	8
$30 < P \leq 50$	8	6	6
$10 < P \leq 30$	7	5	5
$P \leq 10$	5	3	3

Tabella 1: distanze di sicurezza previste nella nuova norma per vari intervalli di pressione..

La distanza “esterna” si riferisce alla distanza minima misurata orizzontalmente tra il perimetro in pianta di ciascun *elemento pericoloso* e il perimetro del più vicino fabbricato esterno alla attività stessa o di altre opere pubbliche o private oppure rispetto ai confini di aree edificabili.

La distanza di “protezione” si riferisce alla distanza minima misurata orizzontalmente tra il perimetro in pianta di ciascun *elemento pericoloso* e la recinzione ovvero il confine dell'area di stabilimento.

La distanza “interna” si riferisce alla distanza minima misurata orizzontalmente tra i rispettivi perimetri in pianta dei vari *elementi pericolosi*.

Per il locale compressori la distanza di sicurezza esterna può essere ridotta del 50% qualora risulti che tra le aperture del locale compressori e le costruzioni esterne all'impianto siano realizzate idonee schermature di tipo continuo con muri in calcestruzzo o in altro materiale incombustibile di adeguata resistenza





meccanica tali da assicurare il contenimento di eventuali schegge proiettate verso le costruzioni esterne. In ogni caso, tale distanza non può essere inferiore alla minore tra le distanze di sicurezza interna e distanza di protezione relative alla medesima pressione.

I tratti di tubazione (sia ad alta che bassa pressione) sono considerati elementi pericolosi e per essi si applicano, in funzione del relativo livello di pressione, le distanze di sicurezza indicate in tabella, ad eccezione per le distanze di sicurezza interna verso gli elementi di processo strettamente collegati.

Tra gli *elementi pericolosi* ed i locali destinati a servizi accessori devono essere rispettate distanze di sicurezza interna.

Tra gli *elementi pericolosi* e la cabina di consegna energia elettrica devono essere rispettate distanze di 22 m.

Tra gli elementi pericolosi dell'impianto e le linee elettriche aeree, con valori di tensione maggiori di 1000 V per corrente alternata e di 1500 V per corrente continua, deve essere osservata, rispetto alla proiezione in pianta, una distanza di 45 m.





4. VALUTAZIONI PER IL PROGETTO PREVISTO PRESSO LO STABILIMENTO DI PORTO MARGHERA (VE)

Gli elementi pericolosi elencati nel paragrafo 2 devono rispettare le distanze riportate in **Tabella 1**. Qualora queste distanze non fossero soddisfatte è possibile ricorrere all'approccio ingegneristico previsto dal decreto del **Ministro dell'Interno 9 maggio 2007**.

L'approccio ingegneristico per il caso in esame prevede lo svolgimento di una analisi di rischio quantitativa completa del progetto, con valutazione sia delle frequenze di accadimento delle ipotesi e degli scenari incidentali. **L'attuale fase di progettazione non consente ancora di procedere con la suddetta analisi e pertanto ai soli fine di valutare il layout del progetto sono state anticipate alcune simulazioni preliminari che dovranno poi essere confermate e supportate dall'analisi di rischio completa.**

Al fine dello svolgimento dell'analisi, sono necessari i valori di pressione di esercizio degli item che rientrano nel paragrafo 2. Essi sono riportati in **Tabella 2**.

ITEM	PRESSIONE DI ESERCIZIO [barg]	DISTANZA (m)		
		ESTERNA	PROTEZIONE	INTERNA
Compressori	550	25	15	15
Baie di carico future	500	20	15	15
Baie di carico esistenti	200	15	12	12
Elettrolizzatori	40	8	6	6

Tabella 2: Pressione di esercizio degli item previsti dal progetto e relative distanze da DM 7/7/2023

In **Figura 1**, **Figura 2** e **Figura 3** è possibile osservare le distanze previste dal decreto 7 luglio 2023 applicate intorno ad ogni item sulla planimetria dell'impianto. Essendo il canale non navigabile, non sorgono problemi sull'applicazione delle distanze esterne agli items.



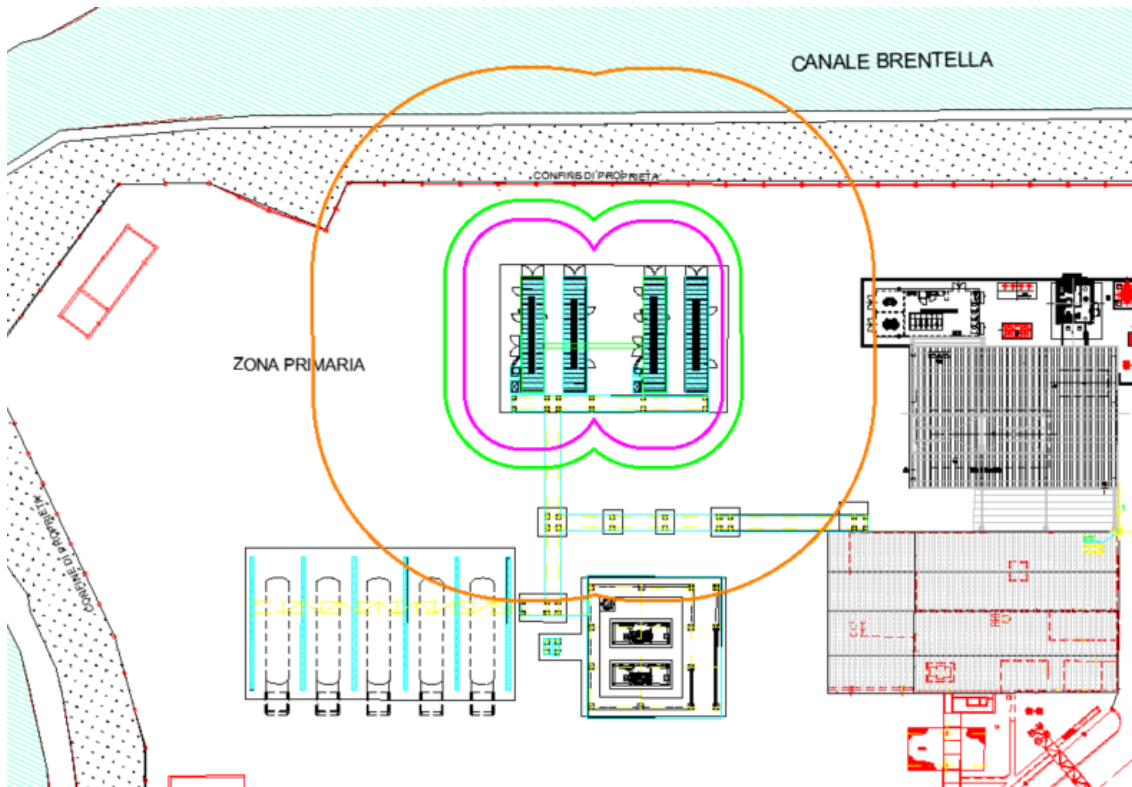


Figura 1: Distanze interna, di protezione ed esterna da DM 07/07/2023 attorno agli elettrolizzatori. In arancione il vincolo sulla distanza dalle cabine elettriche

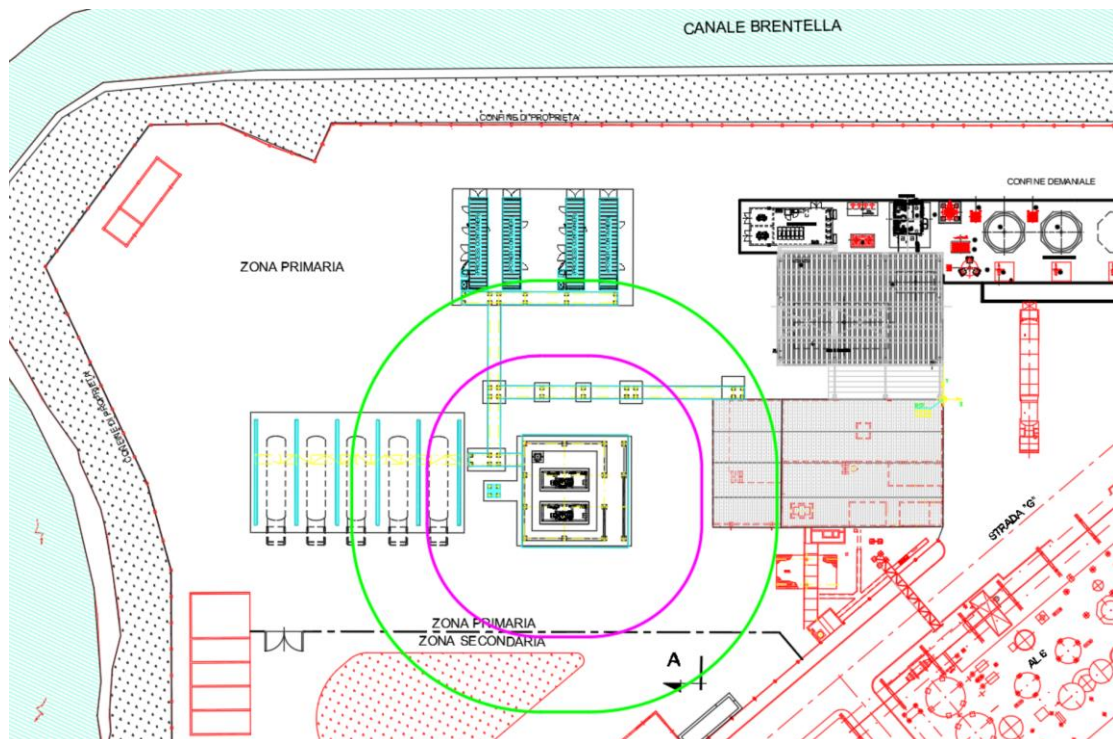


Figura 2: Distanze interna, di protezione ed esterna da DM 07/07/2023 attorno ai compressori.



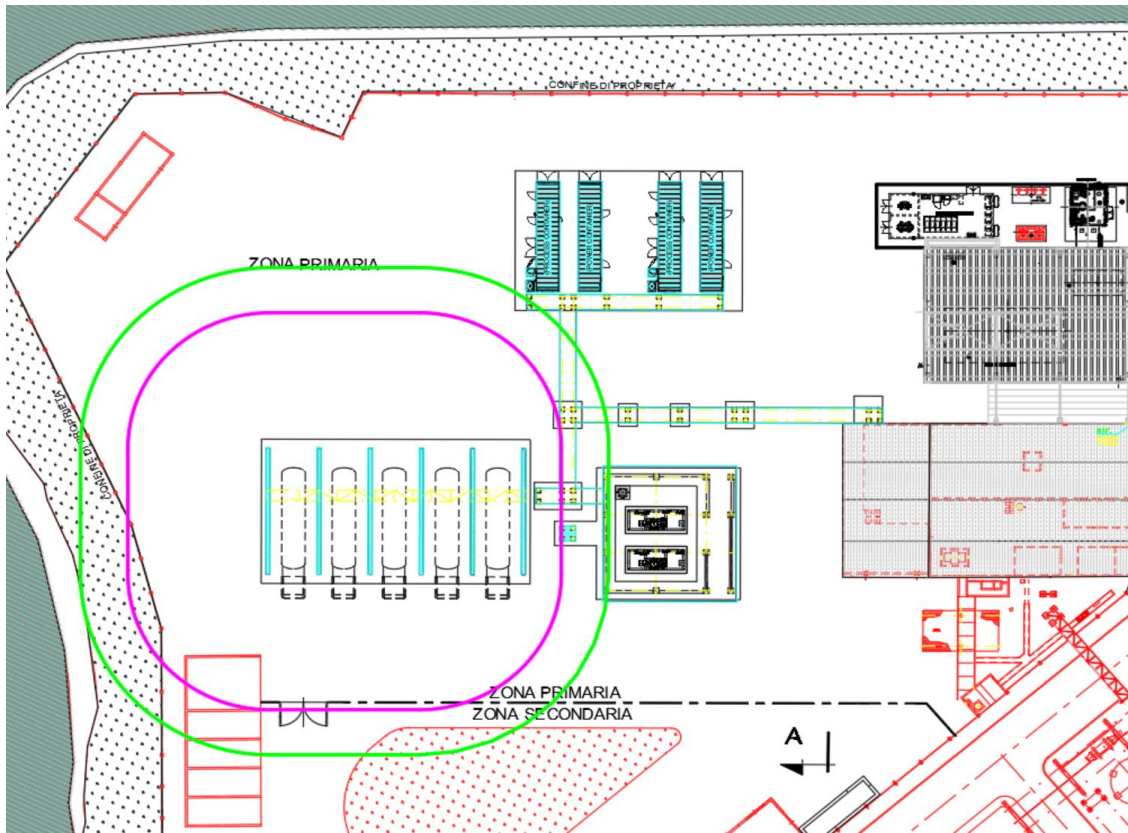


Figura 3: Distanze interna, di protezione ed esterna da DM 07/07/2023 attorno alle nuove baie di carico.

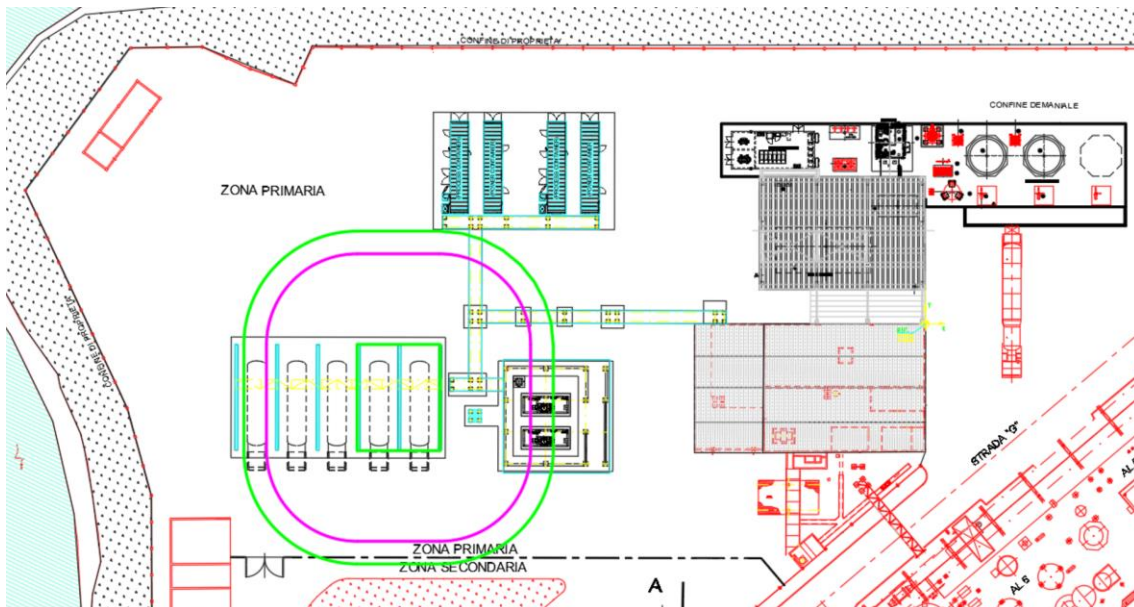





Figura 4: Distanze interna, di protezione ed esterna da DM 07/07/2023 attorno alle baie di scarico esistenti.





Legenda:

-  Limite distanza esterna
-  Limite distanza interna e di protezione
-  Limite di 22m per distanza da cabine elettriche

In **Figura 1** si mostra come le distanze interna, di protezione ed esterna sono rispettate per l'installazione degli elettrolizzatori. Inoltre è anche rispettato il vincolo di installazione a 22 m dalle cabine elettriche.

Si nota dalla **Figura 2** che la distanza interna di 15m attorno al compressore non è soddisfatta in quanto in questo raggio sono presenti le baie di scarico esistenti. Inoltre, anche le nuove baie di carico non rispettano la distanza di protezione, come mostrato in **Figura 3**.

Infine, le baie di carico esistenti coinvolgono l'area dei compressori per quanto riguarda il limite di distanza interna.

Pertanto, per i compressori e le baie di carico, sono state anticipatamente svolte delle simulazioni preliminari dalle quali è stato possibile usare come riferimento una distanza pari a 10 m per la distanza INTERNA/PROTEZIONE/ESTERNA. Tale valore verrà confermato nell'analisi di rischio completa. Nel paragrafo 6 seguono i dettagli relativi alle simulazioni.

Gli effetti della riduzione delle distanze sul layout per i compressori e le baie sono mostrati nella **Figura 5**.

Per le baie esistenti le distanze risulterebbero anche inferiori a quelle calcolate per le nuove baie, ma per avere un approccio conservativo sono stati considerati comunque 10 m.



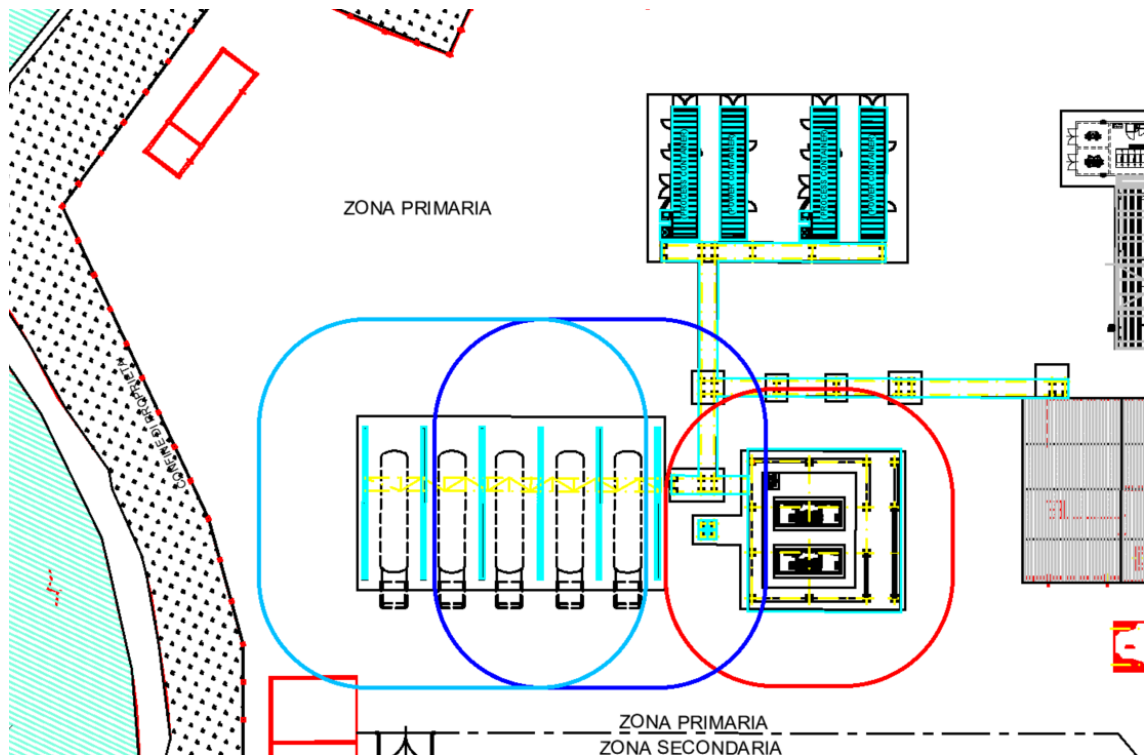


Figura 5: Distanze derivanti dall'approccio ingegneristico (10 m). In azzurro la distanza dalle nuove baie, in blu la distanza dalle baie esistenti ed in rosso la distanza dai compressori.

Il trasformatore previsto all'interno della cabina elettrica (riportata in rosso in alto a sinistra in Figura 5) sarà di tipo in resina, pertanto non è sottoposto a vincoli di normativa.

Il progetto include la predisposizione per una futura tubazione per la fornitura di idrogeno prodotto con elettrolizzatori ad eventuali clienti. Si prevede che tale linea sarà installata fuori terra e sfrutterà buona parte della tubazione presente attualmente utilizzata per fornire idrogeno da carri bombolai in scarico nelle baie esistenti agli utenti finali.

In **Figura 6** è riportato lo stralcio di planimetria in cui si evidenzia la linea dell'idrogeno con la relativa area di danno (rilascio di idrogeno a 9,6 m di distanza), corrispondente allo scenario 12 della precedente relazione tecnica. Il tratto verde indica la rilocazione della tubazione esistente che verrà posizionata sui nuovi rack, il tratto di linea blu rimane invariato rispetto all'esistente, mentre il breve tratto di linea arancio che collega la zona dei compressori con il rack delle tubazioni adiacente è l'unica eventuale nuova installazione descritta sopra, che comunque non impatta sulle distanze di danno in essere risultanti dall'ultima relazione tecnica.

Come mostrato in **Figura 6**, la nuova tubazione ricadrebbe nell'area di danno di una tubazione esistente (scenario 12).

La norma dispone le modalità costruttive come indicato al paragrafo 3.6.





Pertanto si raccomanda di studiare con i progettisti il design, in particolare di minimizzare gli accoppiamenti flangiati e di costruire la tubazione con tronchi saldati, al fine di minimizzare la possibilità di perdite di idrogeno.

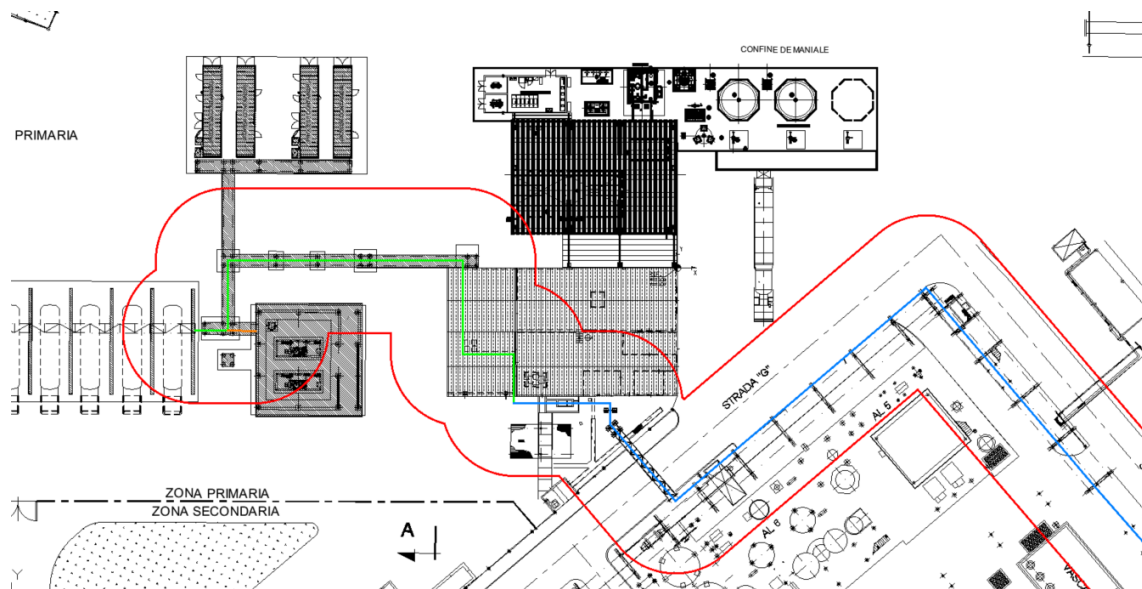


Figura 6: Tubazione di idrogeno con relativa area di danno in rosso: in blu la linea invariata rispetto all'esistente, in verde la linea rilocata ed in arancio l'eventuale nuova linea che fornisce idrogeno da elettrolisi.





5. INDIVIDUAZIONE DEGLI ELEMENTI DI PROTEZIONE ANTINCENDIO ATTIVI E PASSIVI

Le misure di protezione attive che saranno previste all'interno dell'impianto sono descritte al Titolo III del D.M. 7 luglio 2023. In particolare, per gli elementi pericolosi (definiti al Capitolo 2) dell'impianto dovranno essere installati i seguenti sistemi:

- sistema di rilevazione, controllo e monitoraggio di temperatura degli elementi pericolosi dell'impianto, qualora possano essere raggiunti elevati valori di temperatura;
- sistema di rilevazione e controllo fughe di gas in tutte le aree dell'impianto suscettibili di essere interessate dalla possibile formazione di un'atmosfera esplosiva;
- sistema di rilevazione di fiamma collocato in tutte le aree dell'impianto suscettibili di essere interessate dall'accensione di eventuali perdite di idrogeno.

È inoltre richiesta l'installazione di un impianto di rivelazione e allarme incendi (IRAI) a protezione dell'intera attività, con le seguenti funzioni principali:

- A, rivelazione automatica dell'incendio;
- B, funzione di controllo e segnalazione;
- C, funzione di allarme incendio;
- L, funzione di alimentazione di sicurezza;
- D, funzione di segnalazione manuale.

Le funzioni B, C, L, D dovranno essere estese a tutta l'attività, mentre la funzione A potrà essere prevista anche solo nelle aree o locali dove è possibile l'innesco di un incendio.

Le segnalazioni dei sistemi sono riportate ad apposita centrale collocata in locale tecnico all'interno dell'impianto, con possibilità di ripetizione anche all'esterno, e riportate al sistema di emergenza (ESD); all'esterno è installato un dispositivo di segnalazione luminoso e sonoro, collegato all'attivazione dei sistemi di controllo.

Gli elementi pericolosi dell'impianto saranno protetti con una rete idranti progettata, installata, collaudata e gestita secondo la regola dell'arte ed in conformità alle direttive di cui al decreto del Ministero dell'interno 20 dicembre 2012.

Per la progettazione della rete si è fatto riferimento alla norma UNI 10779, assumendo per l'attività un livello di pericolosità non inferiore a 2.

Le baie di carico saranno protette anche tramite impianti di raffreddamento a pioggia, in particolare, in fase di progettazione si è scelto un sistema del tipo a diluvio per le baie a 550 bar, in analogia con quelle esistenti.





All'interno dell'impianto saranno previsti estintori carrellati da 50kg ed estintori portatili da 12kg, entrambi contenenti polvere, i quali, secondo il D.M. 7 luglio 2023, dovranno avere una capacità estinguente non inferiore a 27A e 89B e saranno posizionati massimo ogni 20m.

Il futuro impianto sarà dotato di un sistema di emergenza che interrompe immediatamente l'alimentazione degli elementi pericolosi dell'impianto in caso di pericolo grave ed immediato e non può essere disattivato con il solo intervento dei sistemi di controllo del processo.

Il sistema di emergenza può essere attivato a seguito di intervento dei sistemi di rilevazione automatica o dell'IRAI.

Le misure di protezione passive sono anch'esse determinate dal D.M. 7 luglio 2023 e sono basate essenzialmente sulla presenza di muri di contenimento in calcestruzzo armato o altro materiale incombustibile di adeguata resistenza meccanica. In particolare, per le baie di carico sono previsti muri antischegge su almeno due lati (spessore minimo di 15 cm), a condizione che i lati aperti non siano rivolti verso zone ove è prevista o consentita la presenza di persone estranee all'impianto. Il dimensionamento di tali muri sarà effettuato sulla base dei risultati dell'analisi di rischio nella fase di ingegneria di dettaglio.

È prevista la costruzione di una struttura di contenimento anche per i compressori.





6. DETTAGLI RELATIVI ALLE SIMULAZIONI PRELIMINARI

Il decreto di riferimento prevede che le distanze di sicurezza differenti rispetto a quelle indicate in **Tabella 1** possono essere eventualmente individuate applicando le metodologie dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio previste dal decreto del **Ministro dell'Interno 9 maggio 2007**.

Il decreto prevede la possibilità di utilizzo dell'approccio FSE qualora le distanze di sicurezza riportate in **Tabella 1** non siano rispettate.

L'attuale fase di progettazione non consente ancora di procedere con la suddetta analisi e pertanto ai soli fini di valutare il layout del progetto sono state anticipate alcune simulazioni preliminari che dovranno poi essere confermate e supportate dall'analisi di rischio completa.

Sulla base di valutazioni preliminari, condotte con una simulazione di un caso di jet fire di idrogeno da un foro di un pollice a 550 bar, il valore di irraggiamento termico associato alla soglia di 12,5 kW/m² è pari a 10 m.

I principali input utilizzati per sono sintetizzati in **Tabella 3**.

Pressione [bar]	550
Temperatura [°C]	25
Foro [mm]	25
Portata di efflusso [kg/h]	89,28
Mass inventory [kg]	1 · 10 ⁹

Tabella 3: Dati di input per le simulazioni preliminari.

Tale valore può essere utilizzato come riferimento per la distanza INTERNA/PROTEZIONE/ESTERNA, valore che verrà confermato successivamente nell'analisi di rischio completa.





7. CONCLUSIONI

In sintesi, per ciascun item sono state calcolate le distanze di sicurezza in base al DM 7/7/2023. La Tabella 4 identifica per gli item critici i casi in cui le distanze definite dal DM 07/07/2024 non sono rispettate.

	interna	esterna	protezione
Compressore	NO (necessità approccio ingegneristico)	SI	SI
Nuove Baie	SI	SI	NO (necessità approccio ingegneristico)
Elettrolizzatori	SI	SI	SI
Baie esistenti	NO (necessità approccio ingegneristico)	SI	SI

Tabella 4: Rispetto delle distanze previste dal DM 07/07/2023 degli items del progetto.

Si evidenzia che il compressore e le baie non rispettano tutte le distanze previste dal decreto. Pertanto per essi sono stati adottati valori delle distanze di sicurezza differenti, pari a 10m, sulla base dell'approccio descritto al paragrafo 6.

Tale valore può essere utilizzato come riferimento per la distanza INTERNA/PROTEZIONE/ESTERNA, valore che verrà confermato successivamente nell'analisi di rischio completa.

Si riporta infine una tabella riassuntiva di ulteriori requisiti di sicurezza previsti dal D.M. 07 Luglio 2023 e suggerimenti di ulteriori migliorie da adottare.





ULTERIORI REQUISITI DI SICUREZZA		
Elemento pericoloso	<u>Obbligator</u> i in accordo a regola tecnica	<u>Suggeriti</u> da TRR
Area Compressori	<ul style="list-style-type: none">• <i>box</i> con muri perimetrali*	<ul style="list-style-type: none">• Copertura di tipo leggero in materiale incombustibile
Area di stoccaggio / baie di carico	<ul style="list-style-type: none">• <i>box</i> con muri laterali	
Linea di H ₂ da elettrolizzatore	<ul style="list-style-type: none">• realizzate preferibilmente con giunti saldati e comunque ispezionabili	

Tabella 5: Riepilogo requisiti di sicurezza e suggerimenti.

*Per l'area compressori, considerando la presenza di persone e di parti vulnerabili dell'impianto e delle relative pertinenze **su tutti i lati** (chiller, baie di carico, elettrolizzatori e cabine elettriche) è necessaria l'implementazione di un muro perimetrale (valutando eventualmente delle sfalsature per consentire la rimozione di questi setti durante le fasi di manutenzione).

