Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile

CORPO NAZIONALE DEI VIGILI DEL FUOCO

Transizione energetica, sostenibilità e prevenzione incendi

Compendio polifunzionale di Montelibretti - 16 novembre 2022

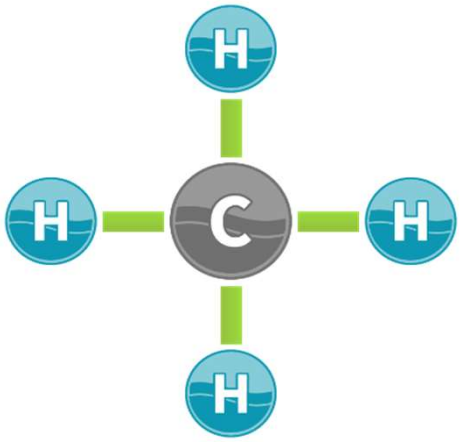
"La normativa di sicurezza antincendi sull'impiego del GNL"

D.V. Ing. Armando De Rosa

Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica

G.N.L. – Gas Naturale Liquefatto

Il gas naturale viene definito dalla **Norma UNI EN ISO 14532** come una "***miscela complessa di idrocarburi, composta principalmente da metano (≅90÷95%)***, *ma che generalmente include, quantità sensibilmente minori di etano, propano, butano e alcuni gas non combustibili come ad esempio azoto*".



Ciò significa che gas naturale non è sinonimo di metano ma ne eredita gran parte delle caratteristiche chimico-fisiche.

- *Intervallo di ebollizione (-182°C ÷ - 161 °C);*
- *Temperatura Critica di -82 °C* a 45 bar*;*
- *Temperatura di accensione di 540°C;*
- *Campo di infiammabilità 3.9 ÷ 17.5% in aria;*
- *Potere Calorico molto elevato: ~ 13.000 Kcal/Kg;*
- *Tossicità nulla (è solo asfissiante).*

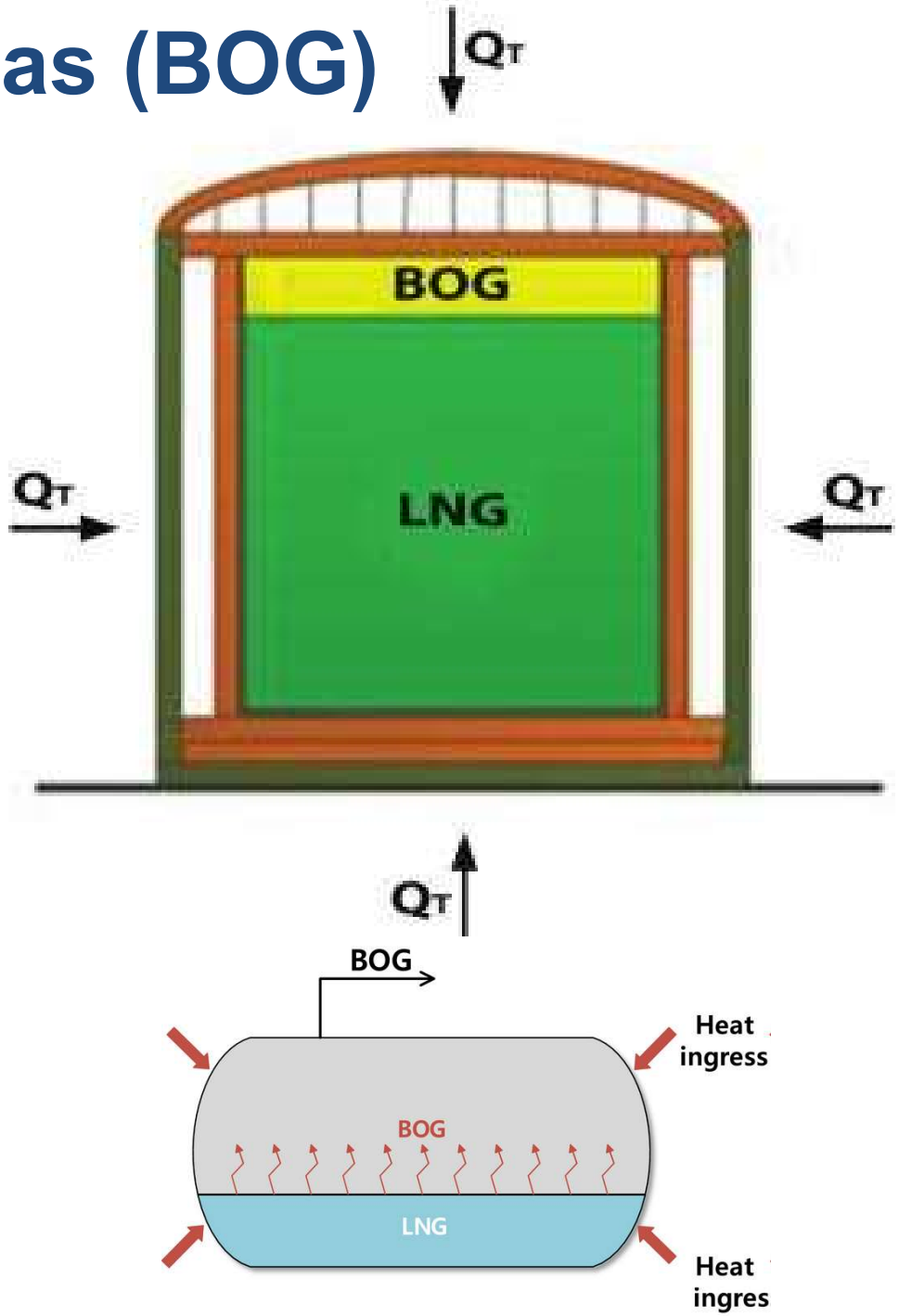
Effetti specifici del prodotto e potenziali scenari incidentali

- Boil-off gas (BOG);
- Rollover;
- Rapida Transizione di Fase (RPT);
- Bleve;
- Incendio (pool fire, jet fire, flash fire);
- Asfissia;
- Ustioni da freddo.

Boil-off gas (BOG)

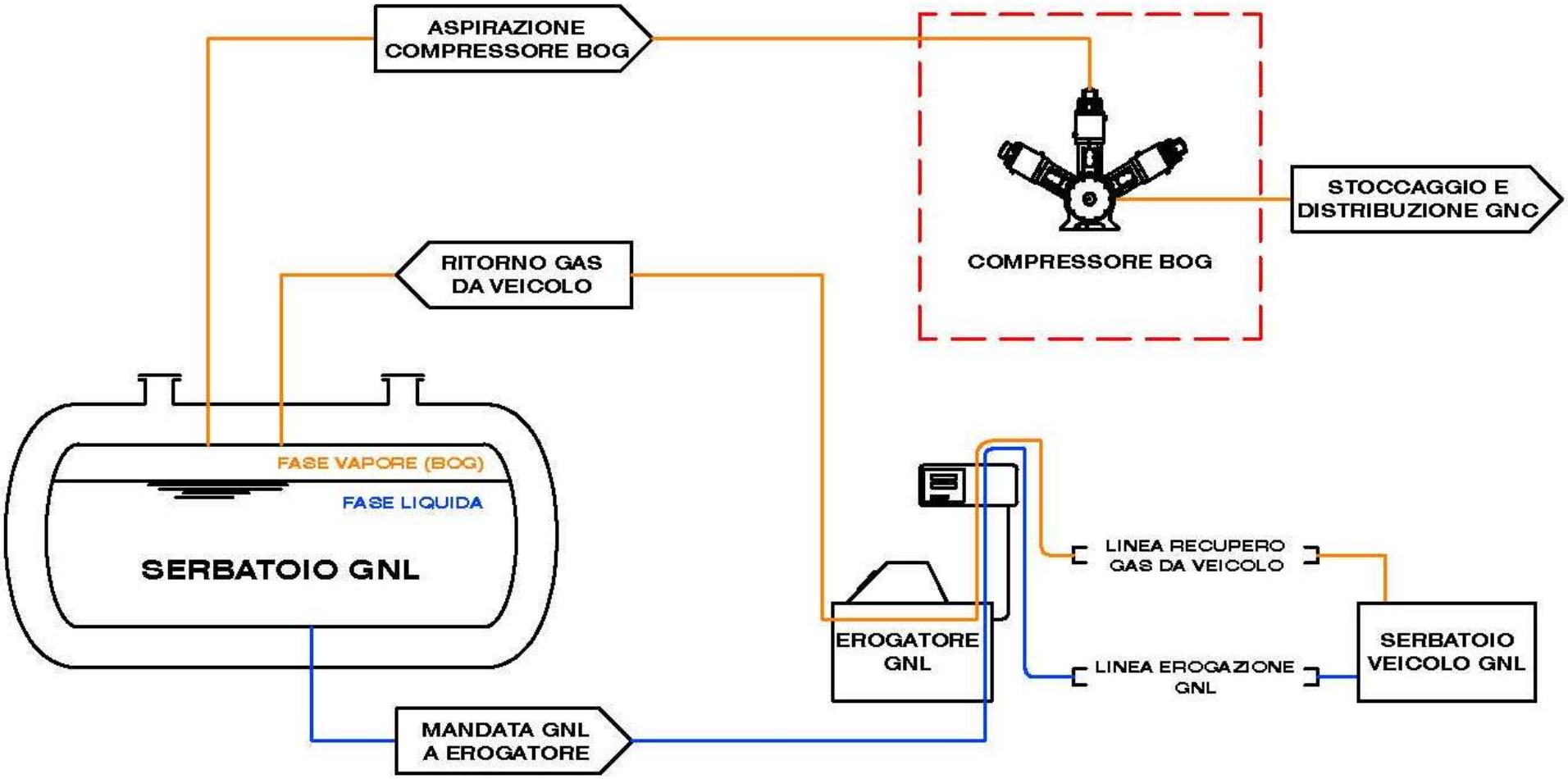
Il GNL viene immagazzinato allo stato liquido a temperature tipiche inferiori a -130°C in serbatoi isolati termicamente. Lo scambio termico genera un flusso di calore in ingresso che avvia l'evaporazione di parte del liquido che passa in fase gassosa, il gas così ottenuto è conosciuto con il nome di gas di evaporazione ("Boil-off gas" BOG).

La conseguenza del riscaldamento inevitabile è quindi il naturale aumento della pressione del serbatoio, che è protetto da valvole di sicurezza.



ALLEGATO A
SCHEMA BLOCCHI SISTEMA RECUPERO BOIL OFF GAS

A1 - SISTEMA SENZA SERBATOIO DI SMORZAMENTO



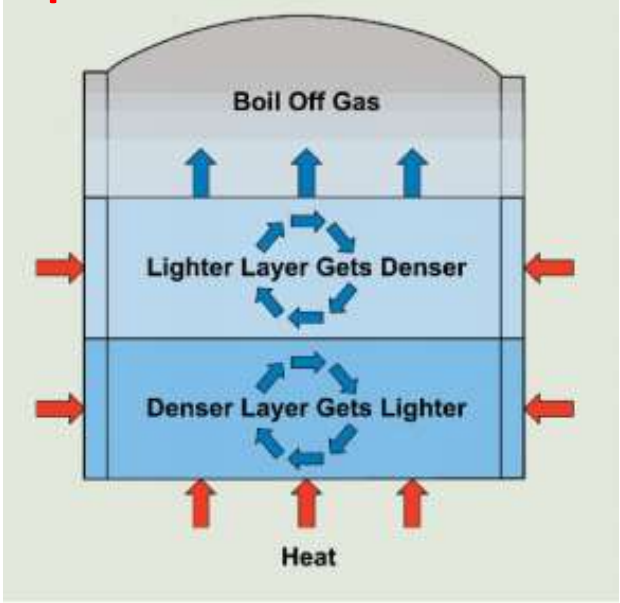
Rollover

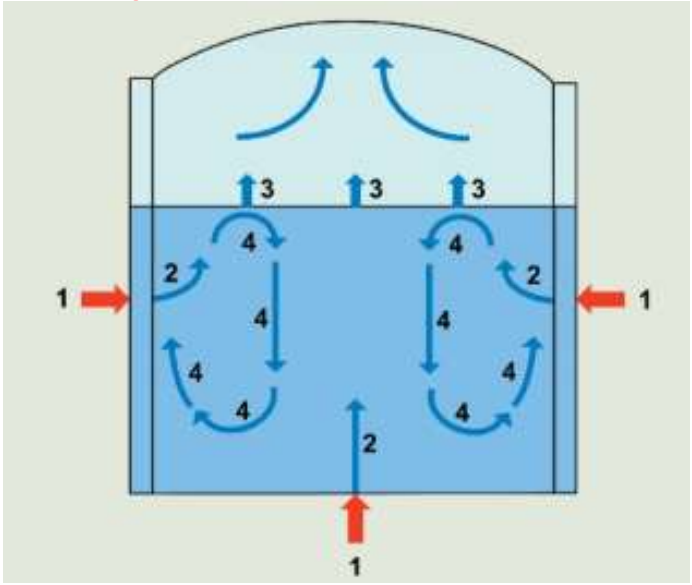
Il Rollover è quel fenomeno che può originarsi nei serbatoi di stoccaggio del GNL quando a causa di una miscelazione non omogenea del prodotto, si formano due strati con differente densità.

Lo strato inferiore, più denso, se viene riscaldato in seguito all'ingresso di calore nel serbatoio, dà luogo alla generazione di moti convettivi del fluido.

I movimenti di convezione all'interno del serbatoio possono causare una rottura della stratificazione in un tempo molto breve, dando luogo ad un rapido incremento della velocità di evaporazione del GNL con emissione di grandi quantità di gas.

Evento ritenuto non credibile per stoccaggi di piccola taglia dove il frequente riepimento permette la miscelazione completa del prodotto



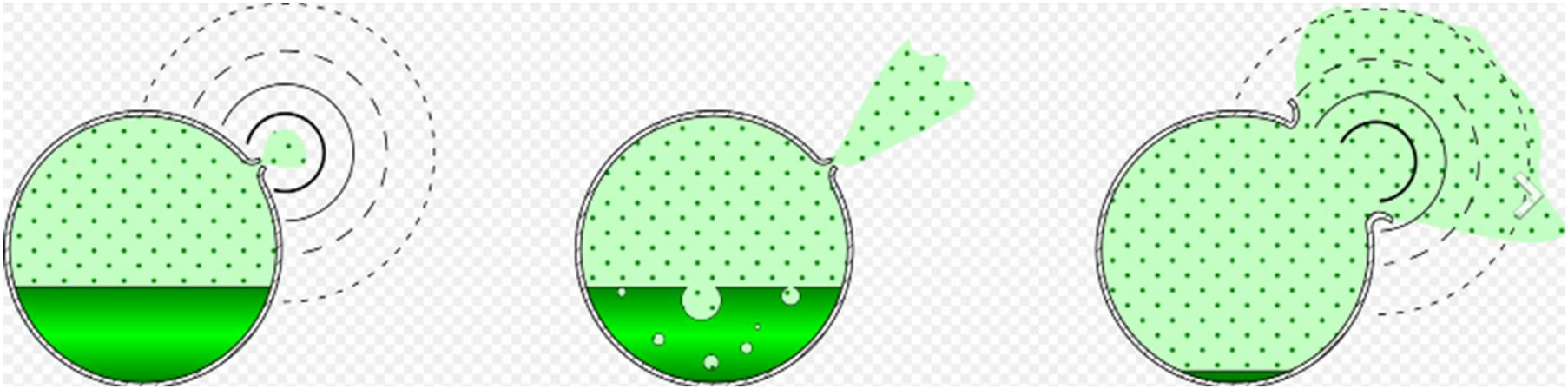


Transizione rapida di fase «RPT»

Quando due liquidi a temperatura differente vengono a contatto, possono generarsi reazioni esplosive in determinate circostanze. Questo fenomeno, chiamato **rapida transizione di fase (RPT)**, può verificarsi quando vengono a contatto il GNL e l'acqua. Il GNL a temperatura minore subisce una rapida ebollizione **producendo vapore a velocità esplosiva**.

BLEVE
boiling liquid expanding vapor explosion

Rottura catastrofica di un serbatoio in pressione contenente un liquido surriscaldato, ovvero un liquido che si trova ad una temperatura superiore a quella di ebollizione $T > T_{eb}$ in assenza di condizioni di equilibrio termodinamico. La rottura del contenitore, dà luogo ad una rapida evaporazione del liquido.



Evento poco probabile con serbatoi isolati termicamente con doppio mantello e vuoto interposto

BLEVE

Serbatoio Doppia Parete Tipo HT 3 m^3 (Perlite Sotto Vuoto)

Sottoposto ad incendio esterno per un periodo di 122 minuti il serbatoio ha mostrato:

- 0-40 minuti: basso aumento P (da 2 fino a 2,5 bar)
- 40-118 minuti: alto aumento di P (da 2,5 fino 7,6 bar)
- 118-122 minuti: apertura VDS al valore di taratura (7,6 bar)
- 122 minuti: interruzione incendio esterno
- 122-140 minuti: decremento di P (da 7,6 fino a 2,5 bar)

EFFETTO DEL RILASCIO DI GNL

In seguito alla fuoriuscita e alla successiva evaporazione, piccole quantità di liquido vengono convertite in grandi volumi di gas, con un rapporto di espansione di circa 1/600. Nelle fasi iniziali il gas prodotto per evaporazione è freddo ed a temperature prossime a quelle del GNL, pertanto è più denso dell'aria e stratifica verso il basso. Con l'aumento della temperatura del gas (~ 110°C) la miscela gassosa diventa più leggera dell'aria.

In fase di rilascio di GNL le basse temperature del prodotto fanno condensare il vapore acqueo contenuto nell'aria dando luogo alla formazione di nebbia.

ANTICENDIO - EFFETTO ACQUA

ANTICENDIO – EFFETTO SCHIUMA

ANTICENDIO – EFFETTO POLVERE

ASFISSIA

Il vapore di GNL è **INODORE**.

Il GNL è considerato, come l'azoto, un **Asfissiante Semplice**: non è tossico, non è cancerogeno ma **può causare atmosfere sottossigenate in caso di perdite in luoghi chiusi o poco ventilati**.

O_2 (Vol %)	Effetti e sintomi
18-21	Non ci sono sintomi riconoscibili da parte della persona colpita. Si deve effettuare una valutazione dei rischi per individuare le cause e determinare se sia o meno sicuro continuare a lavorare.
11-18	Riduzione delle prestazioni fisiche e intellettuali senza che la persona colpita se ne renda conto.
8-11	Possibilità di svenire entro pochi minuti, senza preavviso. Rischio di morte se il tenore di ossigeno è minore dell'11%.
6-8	Lo svenimento si verifica in breve tempo. La rianimazione è possibile se effettuata immediatamente.
0-6	Svenimento quasi immediato. Danni cerebrali anche se la vittima viene soccorsa.

LESIONI DA FREDDO

A causa delle bassissime temperature del GNL bisogna proteggere il corpo dal contatto con il liquido o con il gas freddo; in caso si debba operare sull'impianto è obbligatorio indossare guanti, protezioni facciali (occhiali) e vestiti adatti.

La necessità di emanare regole tecniche sull'impiego del GNL come combustibile alternativo deriva dalla **Direttiva DAFI**

(direttiva 2014/94/UE del 22 ottobre 2014)

«Realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi»

Recepita in ITALIA:

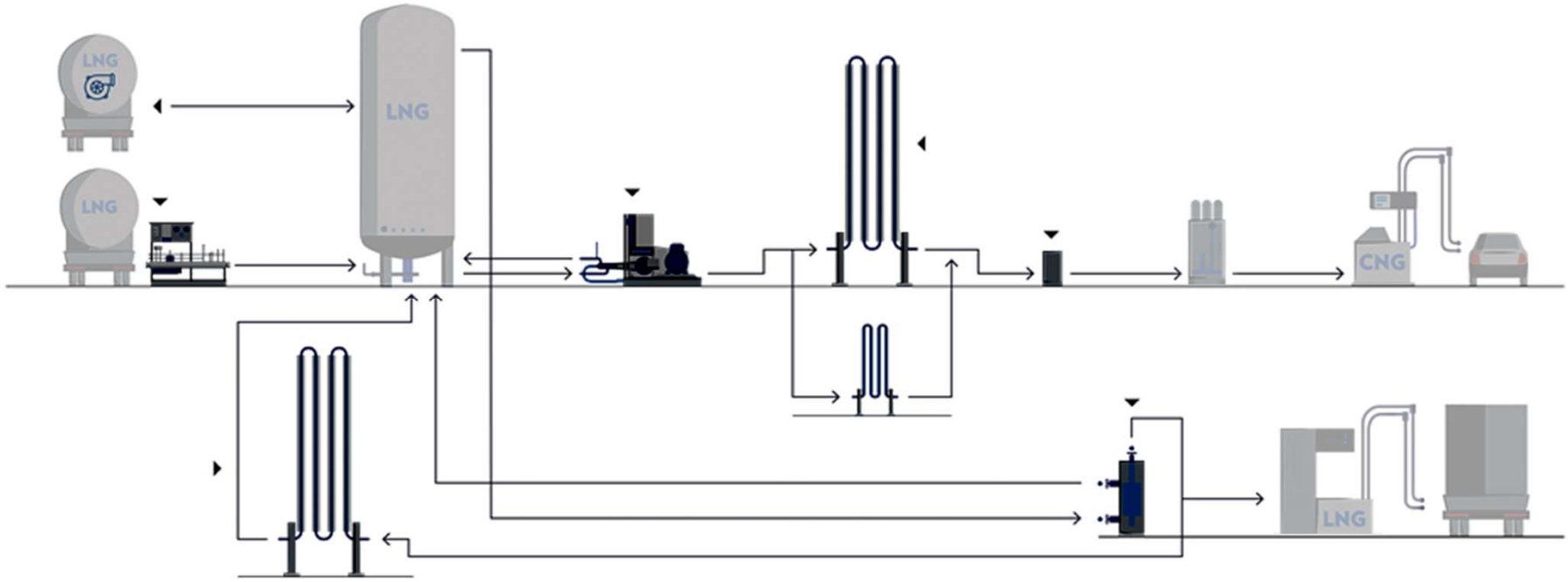
D.Lgs. 16 dicembre 2016, n. 257

Il Quadro Strategico Nazionale

per lo sviluppo dei combustibili alternativi
contenuto nel D.Lgs. 257/2016 prevede che:

Entro il 31 dicembre 2025 saranno realizzati un numero adeguato di punti di rifornimento per il GNL :

- nei **porti marittimi** per consentire la navigazione di navi alimentate a GNL;
- nelle **strade della rete TEN-T** per assicurare la circolazione dei veicoli pesanti alimentati a GNL;



Normativa di riferimento

- Guida tecnica di prevenzione incendi per l'analisi dei progetti di impianti di **stoccaggio di GNL di capacità superiore a 50** tonnellate (Lett. circ. n. 12112 del 12.09.2018);
- Guida tecnica per la redazione dei progetti di prevenzione incendi relativi a **depositi ed impianti** di alimentazione di gas naturale liquefatto (GNL) con serbatoio criogenico fisso a servizio di impianti di utilizzazione **diversi dall'autotrazione**, con **capacità complessiva non superiore a 50 tonnellate** (Lett. circ. 12367 del 11.08.2021);
- Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione la realizzazione e l'esercizio d impianti di distribuzione di tipo L-GNL, L-GNC ed L-GNL/GNC per autotrazione alimentati da serbatoi fissi di gas naturale liquefatto (DM 30.06.2021)
- Guida Tecnica per l'individuazione delle misure di safety per il **rifornimento in porto delle navi a GNL** (Lett. circ. 11475 del 23.07.2021).

Decreto 30 giugno 2021

Norma di prevenzione incendi relativa ad impianti di distribuzione di tipo L-GNL, L-GNC e L-GNC/GNL per autotrazione

ALLEGATO TECNICO

TITOLO I - DISPOSIZIONI GENERALI

1 Termini, definizioni e tolleranze dimensionali.

TITOLO II - IMPIANTI DI DISTRIBUZIONE L-GNC, L-GNL ED L-GNC/GNL.

1 Elementi costitutivi

2 Elementi pericolosi.

3 Serbatoi criogenici

4 Pompe

5 Vaporizzatori e scambiatori/regolatori di temperatura

6 Sistema di contenimento

7 Barriera di confinamento

8 Torcia fredda

9 Recinzione

10 Sistema di emergenza finalizzato alla sicurezza antincendio

11 Dispositivi e configurazione del punto di riempimento dei serbatoi criogenici

12 Tubazioni di GNL

13 Impianto Elettrico

14 Impianto di terra e di protezione delle strutture dalle scariche atmosferiche.

15 Fognature e caditoie

16 Protezione Antincendio

17 Recupero dei gas di evaporazione (boil-off) di GNL dell'impianto di distribuzione

18 Convogliamento dei gas di evaporazione (boil-off) dei serbatoi GNL dei veicoli

19 Apparecchio di distribuzione di GNL

20 Distanze di sicurezza (Interne, Impianti Misti, Esterne)

21 Distanze di protezione.

22 Sosta dell'autocisterna.

23 Verifica sismica

24 Norme di esercizio dell'impianto di alimentazione GNL

25 Self-service (Presidiato, Non Presidiato)

Richiami normativi

NORMATIVA EUROPEA GNL

Norme ISO specifiche del settore autotrazione prese a riferimento:

UNI EN ISO 16923-2018

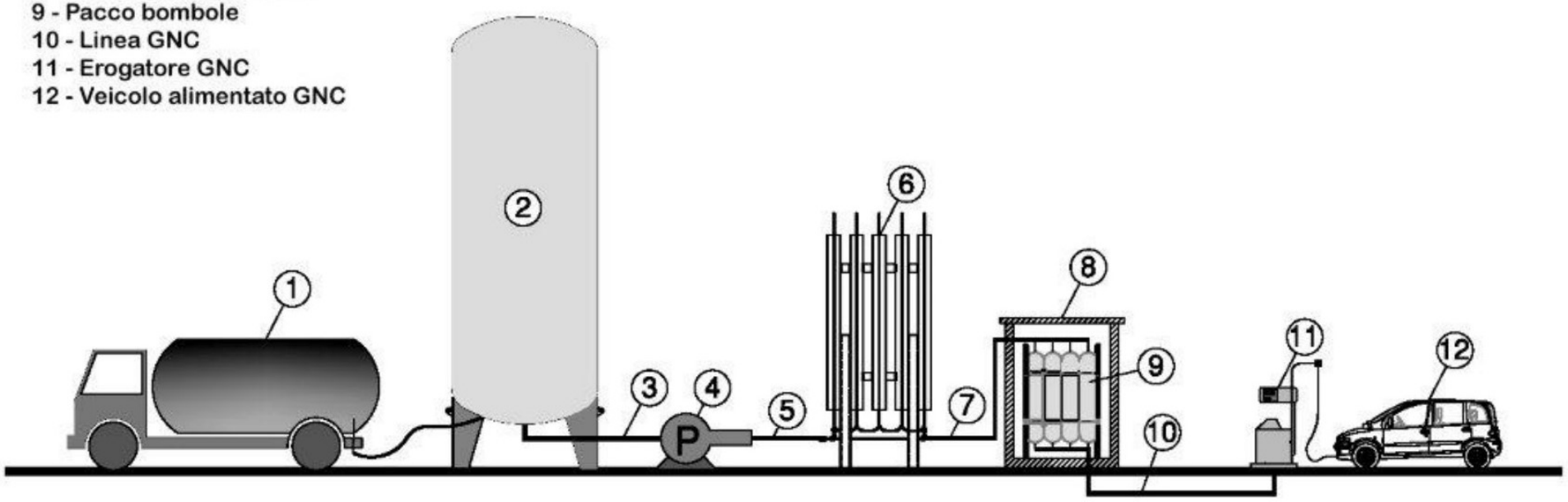
Stazioni di rifornimento per gas naturale – Stazioni a GNC per il rifornimento dei veicoli (GNC da CONDOTTA e da STOCCAGGIO LNG)

UNI EN ISO 16924-2018

Stazioni di rifornimento per gas naturale – Stazioni a GNL per il rifornimento dei veicoli

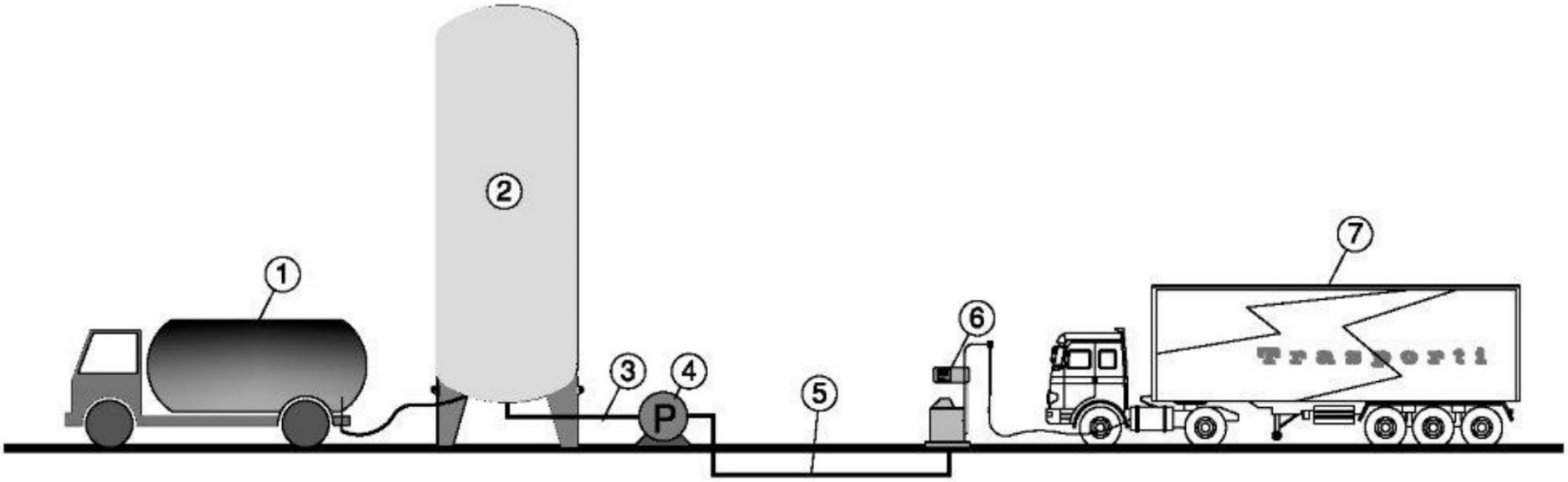
IMPIANTO TIPO L-GNC

1 - Autobotte GNL
2 - Serbatoio di stoccaggio GNL
3 - Linea di alimentazione GNL della pompa
4 - Pompa criogenica alta pressione
5 - Linea alimentazione GNL del vaporizzazione
6 - Vaporizzatore del GNL
7 - Linea GNC
8 - Protezione di 1° grado
9 - Pacco bombole
10 - Linea GNC
11 - Erogatore GNC
12 - Veicolo alimentato GNC



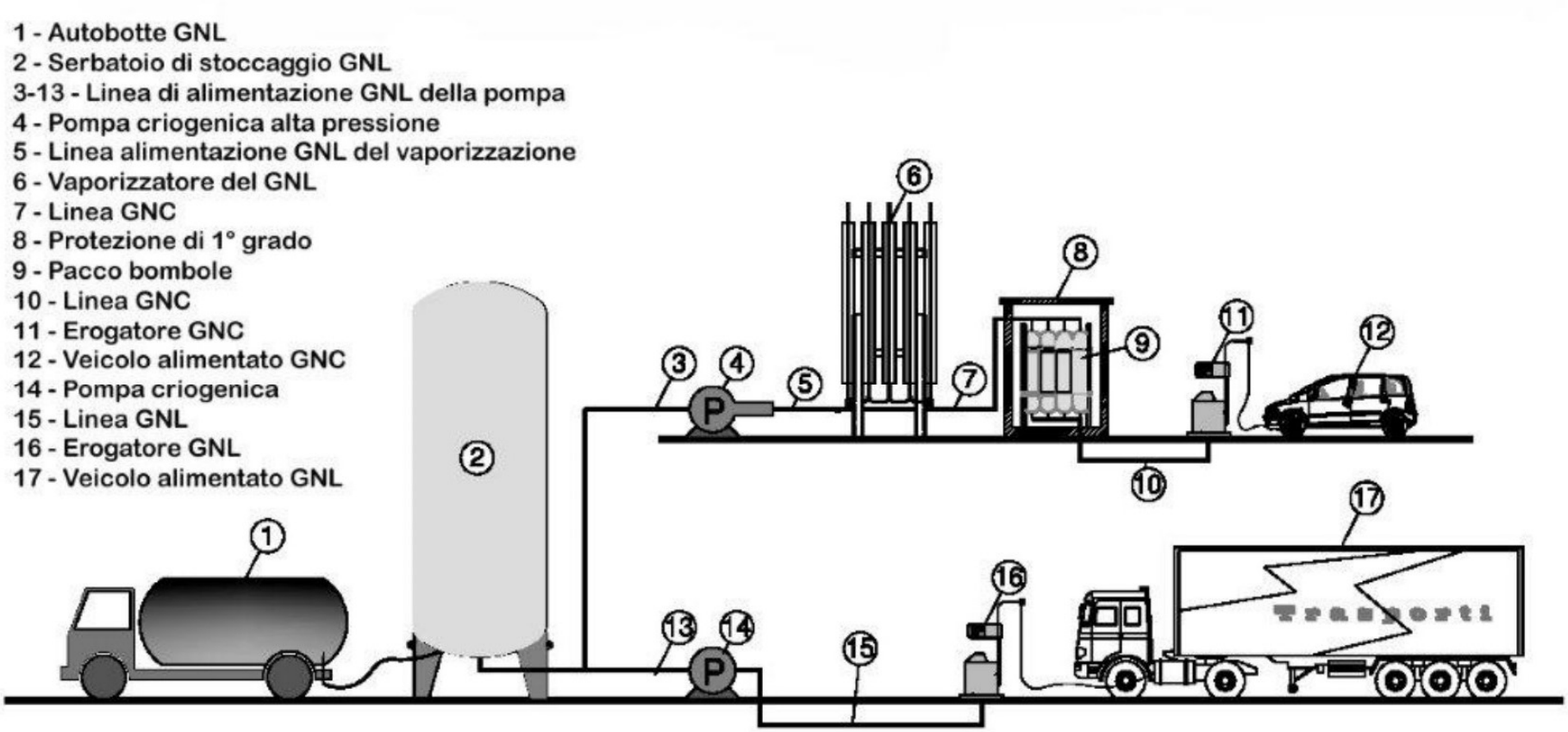
IMPIANTO TIPO L-GNL

1 - Autobotte GNL
2 - Serbatoio di stoccaggio GNL
3 - Linea di alimentazione GNL
4 - Pompa criogenica
5 - Linea alimentazione GNL dell'erogatore
6 - Erogatore GNL
7 - Veicolo alimentato GNL



IMPIANTO TIPO L-GNC/GNL

1 - Autobotte GNL
2 - Serbatoio di stoccaggio GNL
3-13 - Linea di alimentazione GNL della pompa
4 - Pompa criogenica alta pressione
5 - Linea alimentazione GNL del vaporizzazione
6 - Vaporizzatore del GNL
7 - Linea GNC
8 - Protezione di 1° grado
9 - Pacco bombole
10 - Linea GNC
11 - Erogatore GNC
12 - Veicolo alimentato GNC
14 - Pompa criogenica
15 - Linea GNL
16 - Erogatore GNL
17 - Veicolo alimentato GNL

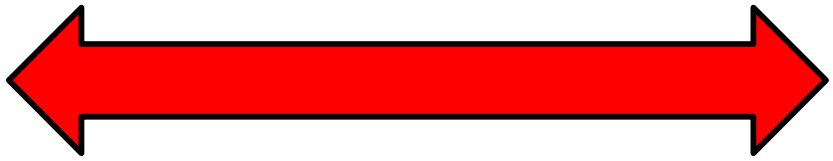


DISTANZE DI SICUREZZA

20.1.1.1 Tra gli elementi pericolosi dell'impianto di cui al Titolo II punto 2, devono essere osservate le distanze minime riportate nella seguente tabella:

Tabella I

Elementi Pericolosi dell'impianto	A	B	C	D	E	F
A - Punto di riempimento	-	-	8	-	8 (4)	-
B - serbatoi, barrel, pompe,	-	(2)	8	-	8 (5)	-
C - Apparecchi di distribuzione GNC	8	8	(1)	(1)	8	(7)
D - Locale recipienti di accumulo (3)	-	-	(1)	-	(6)	-
E –Apparecchio distribuzione GNL	8 (4)	8 (5)	8	(6)	8	(7)
F – Sistema recupero vapori (3)	-	-	(7)	-	(7)	-



IL GNL COME SOSTENIBILITÀ NEL SETTORE NAVALE

Lett. circ. 11475 del 23.07.2021

linee guida
per le misure di prevenzione incendi
per il bunkeraggio navale
di
GNL

Principali modalità di bunkeraggio

Truck to ship

Principali modalità di bunkeraggio

ship to ship

Standard internazionali di riferimento

Linee guida:

- ***EMSA*** *(European Maritime Safety Agency): "Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities and Administrations" – 31.01.2018*
- *IACS Reccomendation n.142 "LNG bunkering guidelines"*
- *DNV – GL "Reccomended Practice G105"*
- *USCG CG-OES Policy Letter No. 01-17 "Guidance for Evaluating Simultaneous Operations (SIMOPS) during Liquefied Natural Gas (LNG) Fuel Transfer Operations"*
- *LGC NCOE Field Notice 01-2017 – 14-Aug-17 "Recommended Process For Analysing Risk Of Simultaneous Operations (SIMOPS) During Liquefied Natural Gas (LNG) Bunkering"*
- *Society for Gas as a Marine Fuel (SGMF) (2017) "Gas as a marine fuel, safety guidelines, Bunkering"*

Standard tecnici:

- ***ISO/TS 18683****: «Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships»*
- ***ISO 20519****: «Ships and marine technology — Specification for bunkering of liquefied natural gas fuelled vessels»*

EMSA guidance on LNG Bunkering

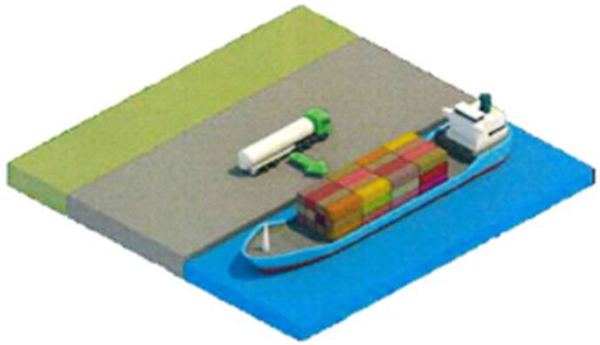
Guidance on LNG Bunkering

to Port Authorities and Administrations

Truck to ship – TTS

Tipical volumes V = 50 ÷ 100 m^3

Bunker rates Q = 40 ÷ 60 m^3/h



Method	Typical Volumes (V) and Bunker Rates (Q) [21]	Advantages	Disadvantages
Truck-to-Ship - TTS LNG truck connected to the receiving ship on the quayside, using a flexible hose, assisted typically by a hose-handling manual cantilever crane. 	V ≈ 50-100m3 Q ≈ 40-60m3/h	• Operational Flexibility • Limited Infrastructure requirements • Possibility to adjust delivered volumes (nr. of trucks) to different client needs. • Possibility to adapt to different safety requirements. • Possibility to serve different LNG fuel users on point-to-point delivery	• Limited capacity of trucks: approximately 40-80 m3 is likely to dictate multi-truck operation. • Limited flow-rates (900-1200l/hr) • Significant impact on other operations involving passengers and/or cargo. • Limited movement on the quay-side, mostly influenced by the presence of the bunker truck(s). • Exposure to roadside eventual limitations (permitting, physical limitations, traffic related, etc.)
Ship-to-Ship - STS LNG is delivered to the receiving vessels by another ship, boat or barge, moored alongside on the opposite side to the quay. LNG delivery hose is handled by the bunker 	V ≈ 100-6500m3 Q ≈ 500-1000m3/h	• Generally does not interfere with cargo/passenger handling operations. Simultaneous Operations (SIMOPS) concept is favoured. • Most favourable option for LNG bunkering, especially for ships with a short port turnaround time. • Larger delivery capacity and higher rates than TTS method. • Operational flexibility – bunkering can take place alongside, with receiving vessel moored, at anchor or at station.	• Initial investment costs involving design, procurement, construction and operation of an LNG fuelled vessel/barge. • Significant impact in life-cycle cost figures for the specific LNG bunker business. • Limited size for bunker vessel, conditioned by port limitations.
Terminal (Port)-to-Ship - PTS LNG is either bunkered directly from a small storage unit (LNG tank) of LNG fuel, small station, or from an import or export terminal. 	V ≈ 500-20000m3 Q ≈ 1000-2000m3/h	• Possibility to deliver larger LNG volumes, at higher rates. • Good option for ports with stable, long-term bunkering demand.	• From operational perspective it may be difficult to get the LNG fuelled receiving vessel to the Terminal. • Proximity of larger LNG terminal may not be easy to guarantee. • Calculation of available LNG for delivery, in small storage tanks, can be difficult unless pre-established contract exist

EMSA guidance on LNG Bunkering

Guidance on LNG Bunkering

to Port Authorities and Administrations

Ship to ship – STS

Tipical volumes V = 100 ÷ 6.500 m^3

Bunker rates Q = 500 ÷ 1.000 m^3/h

Method	Typical Volumes (V) and Bunker Rates (Q) [21]	Advantages	Disadvantages
Truck-to-Ship - TTS LNG truck connected to the receiving ship on the quayside, using a flexible hose, assisted typically by a hose-handling manual cantilever crane. 	V ≈ 50-100m3 Q ≈ 40-60m3/h	• Operational Flexibility • Limited Infrastructure requirements • Possibility to adjust delivered volumes (nr. of trucks) to different client needs. • Possibility to adapt to different safety requirements. • Possibility to serve different LNG fuel users on point-to-point delivery	• Limited capacity of trucks: approximately 40-80 m3 is likely to dictate multi-truck operation. • Limited flow-rates (900-1200l/hr) • Significant impact on other operations involving passengers and/or cargo. • Limited movement on the quay-side, mostly influenced by the presence of the bunker truck(s). • Exposure to roadside eventual limitations (permitting, physical limitations, traffic related, etc.)
Ship-to-Ship - STS LNG is delivered to the receiving vessels by another ship, boat or barge, moored alongside on the opposite side to the quay. LNG delivery hose is handled by the bunker 	V ≈ 100-6500m3 Q ≈ 500-1000m3/h	• Generally does not interfere with cargo/passenger handling operations. Simultaneous Operations (SIMOPS) concept is favoured. • Most favourable option for LNG bunkering, especially for ships with a short port turnaround time. • Larger delivery capacity and higher rates than TTS method. • Operational flexibility – bunkering can take place alongside, with receiving vessel moored, at anchor or at station.	• Initial investment costs involving design, procurement, construction and operation of an LNG fuelled vessel/barge. • Significant impact in life-cycle cost figures for the specific LNG bunker business. • Limited size for bunker vessel, conditioned by port limitations.
Terminal (Port)-to-Ship - PTS LNG is either bunkered directly from a small storage unit (LNG tank) of LNG fuel, small station, or from an import or export terminal. 	V ≈ 500-20000m3 Q ≈ 1000-2000m3/h	• Possibility to deliver larger LNG volumes, at higher rates. • Good option for ports with stable, long-term bunkering demand.	• From operational perspective it may be difficult to get the LNG fuelled receiving vessel to the Terminal. • Proximity of larger LNG terminal may not be easy to guarantee. • Calculation of available LNG for delivery, in small storage tanks, can be difficult unless pre-established contract exist

Zonizzazione - EMSA

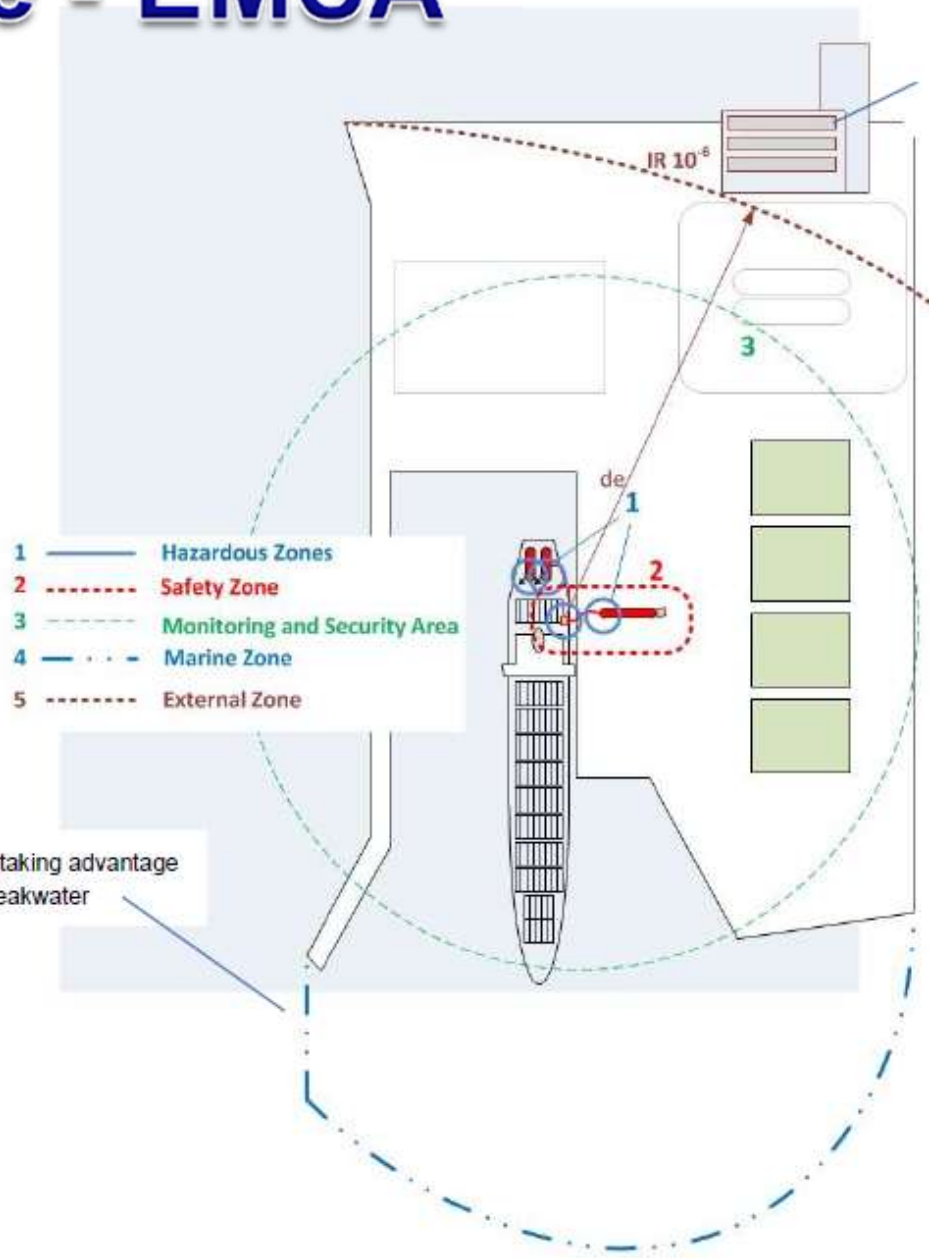
Hazardous Zones: zona in cui è presente un'atmosfera gassosa infiammabile o dove ci si può aspettare che la stessa sia in quantità tali da richiedere precauzioni speciali;

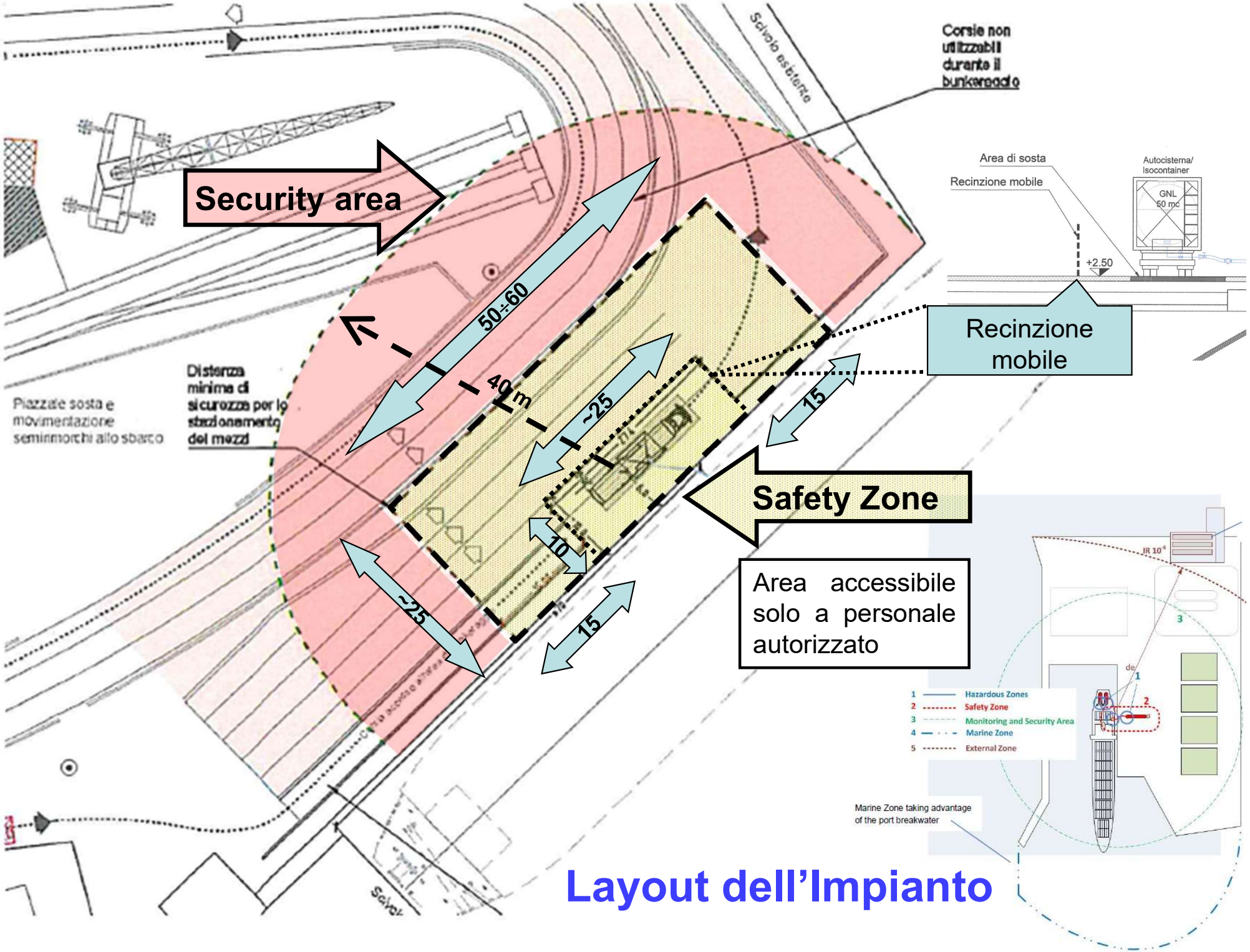
Safety Zone: area attorno all'unità di rifornimento a terra all'interno della quale è permesso l'accesso esclusivamente al personale autorizzato (area entro la distanza a cui si raggiunge il LFL);

Monitoring and Security Area: l'area attorno all'unità di rifornimento a terra ed alla nave dove il traffico ed ogni altra attività deve essere monitorato e controllato.

Marine Zone: una zona di dimensioni sufficienti ad evitare che il traffico marittimo possa interferire con le operazioni di bunkeraggio.

External Zone: la distanza associata ad un livello di rischio definito, in cui il pubblico può essere presente.





Layout dell'Impianto

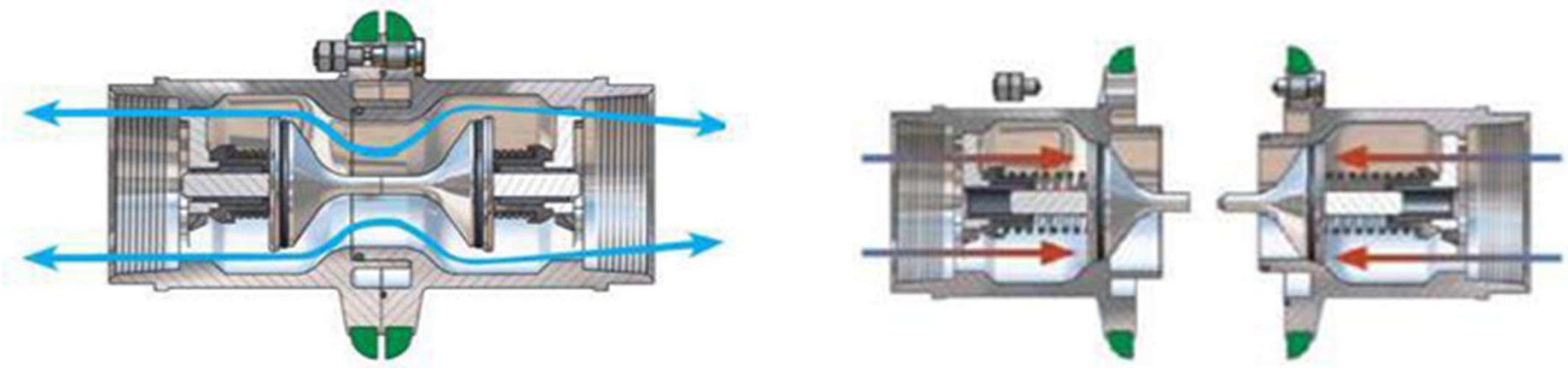
Sistemi di sicurezza previsti

- ***Sistema di messa a terra ATB***;
- ***Determinazione dell' Hazardous Zones***: la zona di bunkeraggio in cui è presente un'atmosfera gassosa infiammabile);
- ***Sistema automatico di Emergency Shut Down "ESD"*** previsto sia su nave che su ATB;
- ***Emergency release coupling "ERC"***, dispositivo di interruzione in caso di movimenti imprevisti tra ATB e Nave;
- ***Safety zone e Security area***;
- ***Rilevatori di gas***;
- ***Water curtain sullo scafo***;
- ***Presidi antincendio di base***;
- ***Procedure di bunkeraggio e di emergenza***.

Apprestamenti di sicurezza

Emergency Release Coupling (ERC) o breakaway coupling

L'*Emergency Release Coupling* (ERC), o *breakaway coupling*, è un **accoppiamento integrato nella tubazione di trasferimento di prodotto** (solitamente presente su una delle due estremità del sistema di trasferimento, ma è possibile trovarlo anche in posizioni intermedie), che se **sottoposto a determinate tensioni si separa in due sezioni** (agendo in pratica come un punto di rottura), ciascuna di queste contenente una valvola di chiusura automatica (*shut off*), che sigilla entrambe le sezioni prevenendo qualsiasi tipo di fuoriuscita di prodotto.



Apprestamenti di sicurezza

Sistema “ESD”

è un **sistema di arresto di emergenza**, in grado di interrompere in modo sicuro ed efficace il trasferimento di GNL tra l'unità di bunkeraggio e l’unità ricevente nel caso in cui si dovesse configurare una condizione di emergenza nel corso delle operazioni. Il sistema di arresto di emergenza, ideato per consentire l’intervento da entrambe le parti (sia lato nave che lato unità di bunkeraggio), può essere attivato sia automaticamente che manualmente.

Emergency Shut-Down (ESD)

An emergency shut-down (ESD) is a method or a system that safely and effectively stops the transfer of LNG (and vapour as applicable) between the LNG bunkering facility and the receiving ship in the event of an emergency during the bunkering operation. The control systems involved in the ESD, which is a linked system to allow both parties (on board receiving ship and the bunkering facility) to shut down the transfer in an emergency situation, can be activated automatically or manually.

Procedure di sicurezza

- **Procedura ingresso nel Terminal ATB & posizionamento sottobordo nave**

(Figure di riferimento: Coordinatore servizi generali e preposti del Terminal in servizio)

- **Procedura operazione di Bunkeraggio GNL**

(Figure di riferimento: Comandante della nave, operatore ATB e rappresentante Terminal)

- **Procedura di Emergenza**

(Figure di riferimento: Comandante della nave, operatore ATB, responsabile del Terminal, squadra di emergenza interna per il primo intervento, attivare se del caso i soccorsi esterni, informare le Autorità competenti, Autorità marittima, mantenere contatti con la Guardia Costiera).

Modello deterministico

ISO (a)

Trapped volume Release

Release of the trapped inventory in the bunkering transfer line

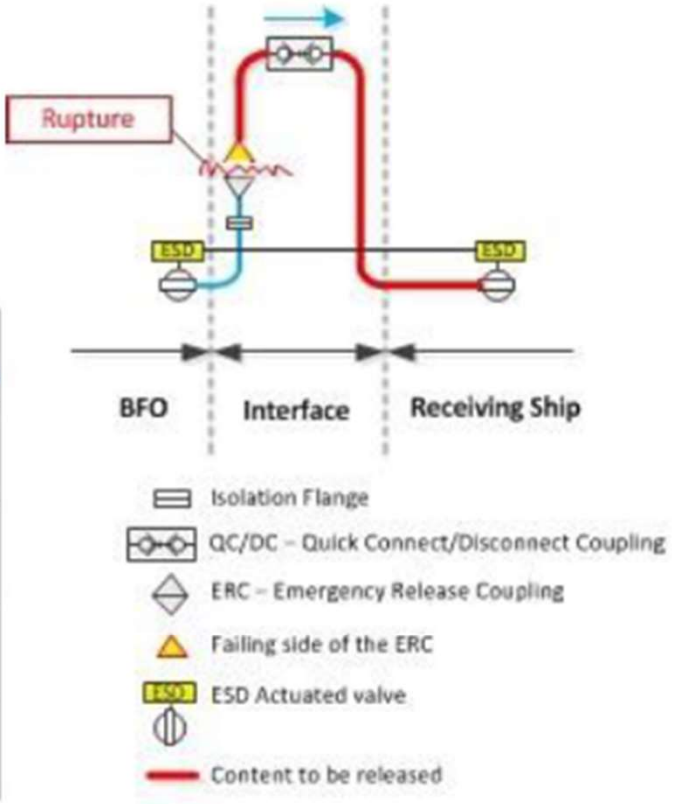
[illegible] as the rupture of the bunkering line due to a catastrophic accidental event (such as *drift off of the vessel due to a collision or a mooring failure*).

ISO 20519

Maximum credible release calculation based on the following assumptions:

- Activation of the ESD prior to rupture. This would require a pre-warning of some kind, as it is admitted in ISO/TS 18683 and ISO 20519.
- Partial failure of the ERC/break away (i.e. only one of the ERC sides fail, resulting in partial release of hose LNG content.

Based on these assumptions, the release amount is determined as the inventory between the one end of the bunkering hose and the corresponding failing ERC (see figure 9.10)



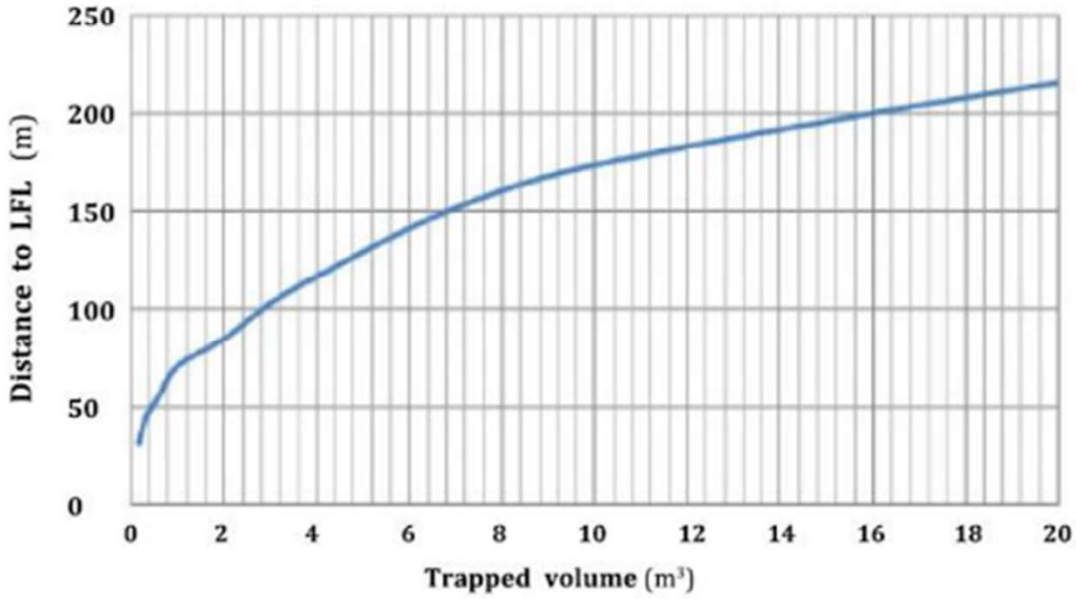


Figure 9.11 – Flammable extent with respects to volume of released LNG

ISO (b)

Continuous release at constant pressure

ISO 20519

Constant pressure release of LNG through a broken instrument connection

The maximum credible release is defined as a broken instrument connection. Such scenarios may occur without automatic detection and is conservatively represented by a continuous release through a 25 mm hole. ESD is not activated and the pressure inside the transfer system is maintained by the cargo pumps. The distance to LFL as a function of the system pressure is shown in the table of figure 9.11.

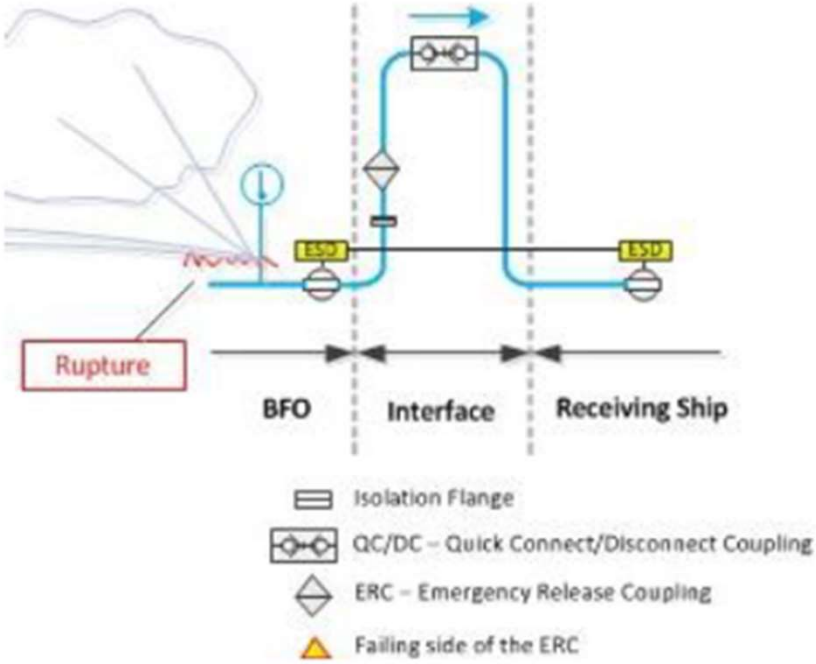


Figure 9.11 – Illustration of the trapped inventory release (between ESD and failing ERC side

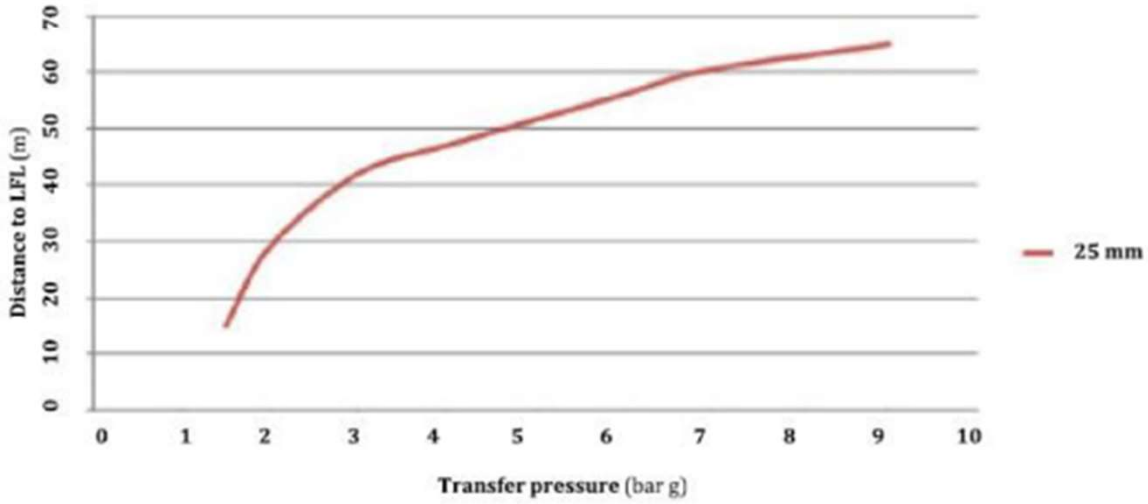


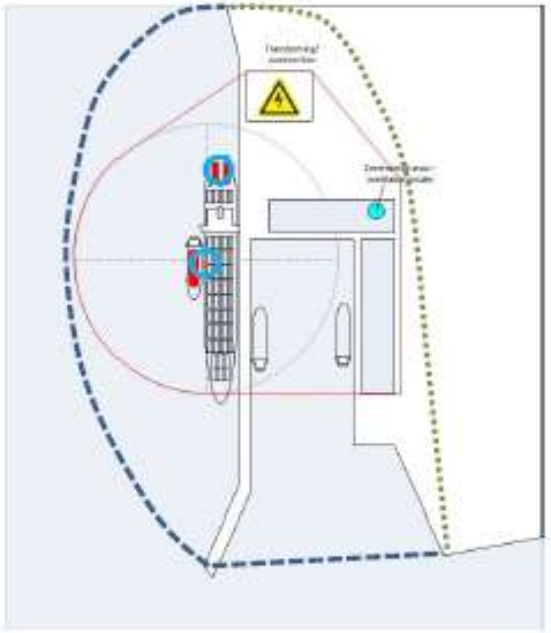
Figure 9.10 – Flammable extent with respects to pressure at LNG release point (reproduced from ISO 20519 figure B.4)

Analisi quantitativa del rischio

sistemi più complessi per il bunkeraggio

Figure 12.5 and 12.6 – TTS Bunkering by multiple trucks, via common manifold. It can be seen how the complexity of the operation is increased, not only with significant number of connection to common manifold but also with a significant number of personnel. To the technical challenge there is also an organizational one.

Analisi quantitativa del rischio



Hazardous Zones (IEC/ISO)
Marine exclusion zone (defined SGMF [35])
Security Zone (ISO)
Safety Zone (for Meaningful Protection)

Analisi quantitativa del rischio

La valutazione del rischio deve considerare tutti gli scenari di pericolo identificati nel HAZID e prendere in considerazione almeno gli eventi incidentali tipo: flash fires, jet fires, pool fires. In particolare, per le valutazioni in oggetto, la possibilità di danni a persone o a strutture è definita sulla base del superamento dei valori di soglia espressi nella seguente tabella:

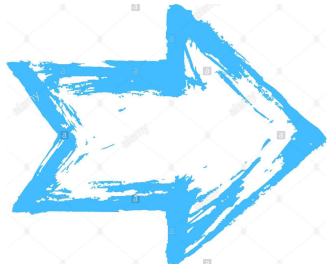
In analogia al DM 9 maggio 2001

Soglie di Danno a Persone e Strutture Livello di Danno		**Elevata letalità**	**Inizio letalità**	**Lesioni irreversibili**	**Lesioni reversibili**
Scenario Incidentale	**Incendio** (radiazione termica stazionaria)	12,5 kW/ m^2	7 kW/ m^2	5 kW/ m^2	3 kW/ m^2
	Flash-fire (radiazione termica istantanea)	LFL	1/2 LFL	---	---
	UVCE (Sovrappressione di picco)	0,3 bar (0,6 bar in spazi aperti)	0,14 bar	0,07 bar	0,03 bar
	Fireball/BLEVE	Raggio fireball	350 kJ/m^2	200 kJ/ m^2	125 kJ/ m^2

Analisi quantitativa del rischio

La linea guida si completa con una tabella che riporta in funzione della classe di probabilità degli eventi incidentali (occ./anno) e della categoria degli effetti (elevata letalità, inizio letalità, lesioni irreversibili e lesioni reversibili), le attività che si svolgono nell'area portuale compatibili con le operazioni di bunkeraggio.

Classe di probabilità degli eventi (occ/anno)	Categoria di effetti			
	Elevata letalità	**Inizio letalità**	**Lesioni irreversibili**	**Lesioni reversibili**
	(Safety zone)			
$< 10^{-6}$	F	DEF	CDEF	BCDEF
$10^{-4} – 10^{-6}$	F	EF	DEF	CDEF
10^{-3} -10^{-4}	F	F	EF	DEF
$> 10^{-3}$	F	F	F	F



Vediamo quali sono le categorie di attività individuate

Analisi quantitativa del rischio

Classe di probabilità degli eventi (occ/anno)	Categoria di effetti			
	Elevata letalità	**Inizio letalità**	**Lesioni irreversibili**	**Lesioni reversibili**
	(Safety zone)			
$< 10^{-6}$	F	DEF	CDEF	BCDEF
$10^{-4} – 10^{-6}$	F	EF	DEF	CDEF
10^{-3} -10^{-4}	F	F	EF	DEF
$> 10^{-3}$	F	F	F	F

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	• Aree con destinazione prevalentemente residenziale; • Luoghi di concentrazione di persone con limitata capacità di mobilità (ad esempio ospedali, case di cura, ospizi, asili, scuole inferiori, ecc;); • Luoghi soggetti ad affollamento rilevante all'aperto (ad esempio mercati stabili o altre destinazioni commerciali, ecc.);
B	• Luoghi all'aperto, in ambito portuale, adibite allo stazionamento di persone in attesa di imbarco; • Stazione marittima con affollamento superiore a 1.000 persone/giorno; • Persone presenti in maniera continuativa in aree che non appartengono all'ambito portuale.
C	• Edifici o locali inseriti nell'ambito portuale adibiti ad ospitare affollamenti superiori a 1.000 persone/giorno (es. stazioni marittime.); • lavoratori non coinvolti nelle operazioni dello scalo (es. uffici autorità portuale, ecc.); • Pubblico esercizio (bar).

Analisi quantitativa del rischio

Classe di probabilità degli eventi (occ/anno)	Categoria di effetti			
	Elevata letalità (Safety zone)	**Inizio letalità**	**Lesioni irreversibili**	**Lesioni reversibili**
$< 10^{-6}$	F	DEF	CDEF	BCDEF
$10^{-4} – 10^{-6}$	F	EF	DEF	CDEF
10^{-3} -10^{-4}	F	F	EF	DEF
$> 10^{-3}$	F	F	F	F

D	• Operatori Portuali e del Terminale, • Edifici o locali inseriti nell'ambito portuale adibiti ad ospitare affollamenti fino a 1.000 persone/giorno (es. stazioni marittime, ecc.); • Passeggeri in transito, in luoghi all'aperto, durante le fasi di imbarco/sbarco (salgono e scendono nave in fase di bunkeraggio); • Passeggeri in transito per le operazioni di imbarco e sbarco; Passeggeri a bordo di navi non soggette ad operazioni di bunkeraggio.
E	• Passeggeri a bordo della imbarcazione interessata dalle operazioni di bunkeraggio ed equipaggio della stessa (sia a bordo che all'interno), non coinvolto nelle operazioni di bunkeraggio;(*) • Operatori Portuali e del Terminale, equipaggio della nave, ~~non~~ aventi funzioni nelle operazioni di bunkeraggio;(**) • Servizi di logistica portuali; (**) • Cantieri navali, (**)Depositi
F	• Personale dell'equipaggio e degli addetti al bunkeraggio direttamente coinvolti in tale attività.

(*) deve essere garantita, su disposizione della PAA, apposita informazione sui rischi a cui sono esposti e sui comportamenti da adottare in caso di emergenza;

(**) deve essere garantita, su disposizione della PAA, apposita informazione e formazione sui rischi a cui sono esposti e sui comportamenti da adottare sia durante le operazioni di bunkeraggio, sia in caso di emergenza;

Sistemi di protezione attiva

Sistema di contenimento a seguito di rilasci di GNL quali barriere o cortine d'acqua

utilizzate per il controllo e la mitigazione di rilasci di vapori infiammabili e sia come schermature termiche in caso di innesco della miscela aria-gas.

Sistema di rivelatori di gas, anche di tipo mobile, a copertura dell'area di bunkeraggio normalmente posti in corrispondenza dei possibili punti di perdita quali: area ATB, flange, manichetta nave/ATB, ecc.

Figure 3.12 – LNG feeding operation directly into LNG dual fuel engine inside the ship

AIDA Prima being fuelled from shore LNG ISO tank (on truck).

(Source: AIDA)

Grazie per l'attenzione!

Ing. Armando De Rosa
Direzione Centrale per la Prevenzione Incendi
Ufficio I Coordinamento
armando.derosa@vigilfuoco.it