

DEPOSITI COSTIERI DI GNL DI LIMITATA CAPACITÀ: CONSIDERAZIONI IN RIFERIMENTO ALLE NORME DI BUONA TECNICA APPLICABILI.

Saffioti, S.¹, Smaniotto, S.², Erriu, N.³, Cancedda, R.⁴, Monzoni, E.⁵, Spiga, P.⁶, Viola, A.⁷, Pisani, C.⁶, Porcu, G.⁷

- 1 Direzione Regionale VVF Sardegna, via A. Lo Frasso Cagliari, silvio.saffioti@gmail.com**
2 Comando Provinciale VVF Cagliari, Viale Marconi, 300 Cagliari, stefano.smaniotto@vigilfuoco.it
3 Direzione Regionale VVF Sardegna, via A. Lo Frasso Cagliari, natascia.erriu@vigilfuoco.it
4 Direzione Regionale VVF Sardegna, via A. Lo Frasso Cagliari, roberto.cancedda.vvf@gmail.com
5 Comando Provinciale VVF Oristano, via del Porto, 8 Oristano, ernesto.monzoni@vigilfuoco.it
6 Funzionario VF in congedo, via A. Lo Frasso Cagliari, plinio.spiga50@gmail.com
7 Università di Cagliari, Piazza d'Armi Cagliari, av@dicm.unica.it
6 Capitaneria di Porto Oristano, Località Porto Industriale, Santa Giusta (OR), c.pisani@mit.gov.it
7 Provincia di Oristano, via E. Carboni Oristano, gianfranco.porcu@provincia.or.it

SOMMARIO

La metanizzazione della Sardegna, vista la attuale indisponibilità della risorsa nel territorio, è stata inclusa fra le azioni prioritarie del Piano Energetico Ambientale Regionale della Sardegna (PEARS), indicando nel Gas Naturale Liquefatto (GNL) il vettore energetico preferenziale per tale approvvigionamento.

Relativamente alle opzioni infrastrutturali, la scelta è ricaduta, fra l'altro, su depositi costieri di GNL, al fine di consentire una distribuzione su gomma, ferro e via mare, da realizzarsi in alcuni dei porti industriali della Sardegna, fra cui il porto industriale di Oristano.

Considerata l'entità di stoccaggio, pari a circa 10000 m³, stoccati in appositi serbatoi criogenici e approvvigionati mediante navi metaniere, tale tipologia di depositi costituisce stabilimento a rischio di incidente rilevante di soglia superiore di cui al D. Lgs. n. 105 del 29 luglio 2015 (Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose).

L'attuale quadro normativo non include una normativa specifica per tali tipi di depositi, ma risulta comunque possibile, in fase di redazione/valutazione dei rapporti di sicurezza prendere a riferimento alcune normative, quali ad esempio quelle specifiche per i depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici e quelle per i depositi di GPL, nonché alcune norme di buona tecnica.

Questo lavoro propone una rilettura di quanto disposto dalle norme di buona tecnica, alla luce di alcune applicazioni reali prospettate per il porto industriale di Oristano.

In particolare, sono stati approfonditi alcuni aspetti di sicurezza, fra cui quelli di tipo ambientale, evidenziando come sia necessario adottare delle strategie, oltre a quelle indicate dalle norme, ai fini di ulteriore implementazione della sicurezza stessa.

1.0 INTRODUZIONE

Il Gas Naturale Liquefatto, combustibile a minor impatto ambientale nonché più economico del petrolio, sta attraversando un periodo di crescente diffusione a livello mondiale sia per gli usi industriali che per gli usi domestici.

Gli obiettivi strategici, stabiliti a livello europeo, di perseguire la continuità e la sicurezza della fornitura energetica, unitamente a quelli di riduzione delle emissioni di sostanze dannose in atmosfera, incoraggiano ulteriormente l'utilizzo del Gas Naturale quale vettore energetico.

In un tale scenario generale, l'approvvigionamento di metano in Sardegna, attualmente indisponibile nel territorio, è stato incluso fra le azioni prioritarie del Piano Energetico Ambientale Regionale della Sardegna (PEARS), mediante la realizzazione, fra l'altro, di depositi costieri di GNL. Tali soluzioni sono caratterizzate da tempi di implementazione relativamente brevi, competitività tra i fornitori di GNL, flessibilità e modularità dell'offerta, possibilità di utilizzo del GNL direttamente nei trasporti terrestri e marittimi [1].

Uno dei porti industriali della Sardegna interessati dalla realizzazione di uno o più depositi di GNL è il porto di Santa Giusta, Oristano. L'area degli insediamenti previsti (tre al momento) è individuata in figura 1.



Figura 1. Previsione depositi di GNL per il porto di Santa Giusta, Oristano

La capacità prevista per il singolo deposito si aggira intorno ai 10000 m^3 , stoccati in un certo numero di serbatoi criogenici e approvvigionati mediante navi metaniere, di capacità variabile, secondo quanto operante al momento sul mercato, da un minimo di 7500 m^3 ad un massimo di 15600 m^3 . Il gas naturale liquefatto potrà essere distribuito via gomma mediante cisterne criogeniche autotrasportate, le quali hanno una capacità minima utile di circa 40 m^3 , o via mare mediante bettoline, di capacità pari a 1000 m^3 . La configurazione dell'impianto può essere "ad isola", oppure prevedere il collegamento ad una rete esterna, ad esempio una rete cittadina, che consenta una distribuzione alle utenze del Boil Off Gas (BOG), prodotto dallo scambio termico naturale con l'ambiente esterno sia nei serbatoi che lungo le linee di impianto. Il BOG in alternativa (o unicamente, nel caso di configurazione ad isola) può essere utilizzato per la produzione di energia elettrica quale combustibile di motori a combustione interna o anche re-liquefatto (Fig. 2).

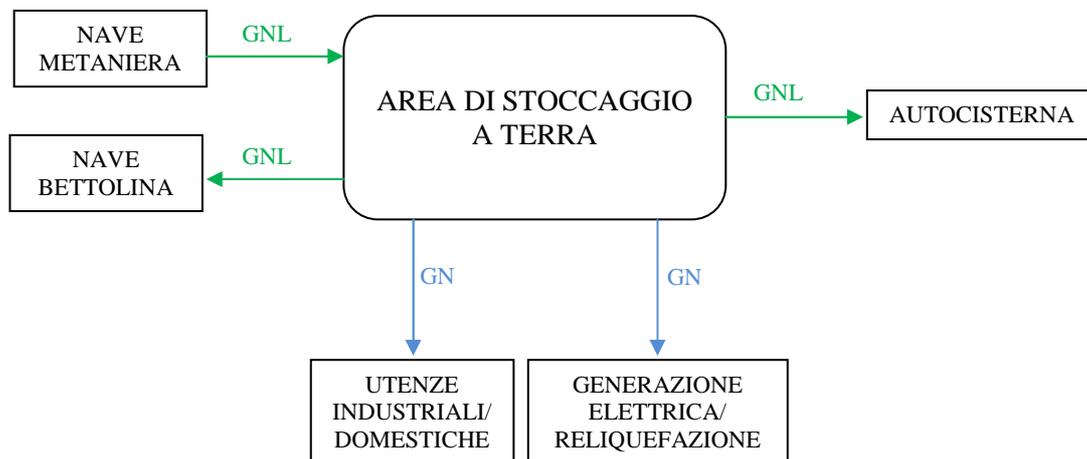


Figura 2. Schema funzionale dell'impianto

Si possono pertanto individuare le seguenti unità funzionali dell'impianto:

- Scarico/carico GNL da/per nave tramite bracci di carico e tubazioni di collegamento tra deposito e banchina;
- Stoccaggio a terra del GNL mediante serbatoi criogenici;
- Carico autocisterne con una o più rampe di carico;

- Gestione del BOG con invio del GN alla rete utenze o ai generatori elettrici o alle unità di reliquefazione a seconda della configurazione del deposito;
- Torcia calda per lo smaltimento in sicurezza degli scarichi di GN provenienti da linee di spurgo, valvole limitatrici di pressione e valvole di protezione termica.

Come detto in precedenza, l'entità dello stoccaggio è pari a circa 10000 m³, corrispondenti a 4830 tonnellate, se consideriamo una massa volumica pari a 483 kg/m³. Lo stabilimento ricade pertanto nel campo di applicazione del D. Lgs. n. 105 del 29 luglio 2015 (Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose), in quanto supera il limite di soglia di 200 tonnellate (Tab. 1), quale stabilimento di soglia superiore.

Tabella 1. Limiti di soglia per il GNL, all. 1, parte 2 (sostanze pericolose specificate) del D. Lgs. 105/2015.

Colonna 1	Numero CAS	Colonna 2	Colonna 3
Sostanze pericolose		Quantità limite (tonnellate) ai fini dell'applicazione dei:	
		Requisiti di soglia inferiore	Requisiti di soglia superiore
[...]	[...]	[...]	[...]
18. Gas liquefatti infiammabili, categoria 1 o 2 (compreso GPL), e gas naturale	-	50	200
[...]	[...]	[...]	[...]

È pertanto soggetto alla procedura di cui all'art. 16 del D. Lgs. 105/2015, cioè all'ottenimento del nulla osta di fattibilità prima dell'inizio della costruzione, previa presentazione di un rapporto preliminare di sicurezza, e del parere tecnico conclusivo sul rapporto definitivo di sicurezza, prima dell'inizio dell'attività.

Non essendo stata emanata una normativa specifica per tali tipi di depositi (esistono delle linee guida ma sono relative a depositi di capacità complessiva inferiore), nella redazione/valutazione dei rapporti di sicurezza si possono prendere a riferimento altre normative specifiche, quali il D.M. 20 ottobre 1998 (Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici) e il D.M. 13 ottobre 1994 (Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione, l'installazione e l'esercizio dei depositi di G.P.L. in serbatoi fissi di capacità complessiva superiore a 5 m³ e/o in recipienti mobili di capacità complessiva superiore a 5.000 kg).

Il D.M. 20 ottobre 1998 può essere preso a riferimento ai fini dell'individuazione dei fattori di penalizzazione e di compensazione per la caratterizzazione, mediante metodo indicizzato, delle unità logiche dei depositi di GNL, nonché ai fini dell'individuazione degli eventi incidentali ipotizzabili e dei relativi scenari, oltreché per la determinazione dei termini sorgente impiegati per il calcolo delle conseguenze dei rilasci da rottura di tubazione e apparecchiature in generale. Sulla base di tali indicazioni le analisi di rischio individuano in linea di massima come credibili scenari incidentali i cui effetti fisici sono da ricondurre a radiazione termica di tipo stazionario (Jet fire, Pool fire) o istantaneo (Flash fire), conseguenti ad eventi iniziatori di rilascio di prodotto in fase liquida o gassosa. Scenari incidentali che determinano effetti fisici di sovrappressione (VCE/UVCE) risultano generalmente non credibili laddove la durata dei rilasci e quindi i quantitativi di sostanza rilasciata siano limitati dalla presenza di opportuni dispositivi di sicurezza.

Nell'ottica della limitazione del rischio, sia in termini di mitigazione degli effetti di danno che in termini di riduzione della probabilità di accadimento degli eventi, le risultanze dell'analisi di rischio costituiscono valido supporto alla progettazione dei depositi di GNL, anche ai fini della definizione delle distanze necessarie ad assicurare la compatibilità degli stessi nell'ambito territoriale in cui andrebbero ad inserirsi.

Tale strumento può essere comunque affiancato dalla regola tecnica verticale relativa ai grandi depositi di GPL, considerato che alcune problematiche accomunano le due tipologie di depositi.

Il D.M. 13 ottobre 1994 fornisce infatti utili indicazioni sul layout di impianto, sui dispositivi di sicurezza e le attrezzature ausiliarie da installare sui serbatoi, sulle modalità di realizzazione delle rampe di carico delle autocisterne, sulle prestazioni degli impianti di protezione attiva dall'incendio, su alcune misure gestionali da adottare.

Inoltre alcune norme di buona tecnica costituiscono un valido strumento sia per i progettisti che per gli istruttori, fornendo criteri di sicurezza per la realizzazione e l'esercizio di ciascuna delle unità funzionali dell'impianto sopra elencate.

In particolare, per citare le principali, la norma europea UNI EN 1473 e la norma americana NFPA 59 A affrontano in generale le problematiche legate alle installazioni e agli equipaggiamenti per il GNL, fornendo raccomandazioni e prescrizioni al fine di assicurare la protezione dei beni, delle persone e dell'ambiente dai rischi connessi con l'utilizzo del GNL. Esistono poi norme specifiche per le apparecchiature e i materiali, quali la BS EN 14620 e la BS EN 13458 (integralmente recepite anche come norme UNI) e le API 620 e API 625 per i serbatoi; la UNI EN 1474 e la UNI EN 1532, nonché le linee guida OCIMF per le attrezzature di trasferimento all'interfaccia terra-mare; la UNI EN ISO 16903 e la UNI EN 1160 che forniscono le caratteristiche del GNL anche in ordine alla scelta dei materiali. Altre norme, non specifiche per il GNL, trovano comunque applicazione, quali ad esempio il D. Lgs. 93/2000 recepimento della Direttiva 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione, nonché le API RP 520 e API RP 521 e la UNI EN ISO 4126 per i dispositivi di sicurezza per la protezione dalle sovrappressioni.

Questo lavoro intende focalizzare l'attenzione sulle problematiche di sicurezza inerenti i serbatoi criogenici contenenti GNL, anche in considerazione di quanto previsto sia dalla norma UNI EN 1473 (Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto (GNL) - Progettazione delle installazioni di terra) che dalla norma UNI-EN 13458 (Recipienti criogenici - Recipienti fissi isolati sottovuoto).

2.0 CARATTERISTICHE DEL GNL

Il GNL è ottenuto dalla liquefazione per raffreddamento a pressione atmosferica del gas naturale. È normalmente costituito per il 95% - 97% da metano, per il resto da altri idrocarburi leggeri tra cui etano, propano e da azoto e altri gas in percentuali variabili a seconda della provenienza del gas. La sua temperatura di ebollizione dipende dalla composizione ed è solitamente compresa tra -166 °C e -157 °C a pressione atmosferica. Viene trasportato a pressione atmosferica in serbatoi criogenici coibentati, al fine di mantenere la temperatura al di sotto della sua temperatura di ebollizione.

La liquefazione consente di ridurre i volumi necessari per il trasporto e lo stoccaggio, essendo caratterizzato da un rapporto di espansione pari a circa 600.

È un liquido infiammabile con campo di infiammabilità in aria a 25 °C tra il 5% e il 15% in volume [2, 3].

I vapori di GNL, non tossici, incolori e insapori, sono più pesanti dell'aria fino ad una temperatura che si aggira attorno ai -80°C a seconda della composizione del gas.

Il GN, inoltre, ha una potenzialità di surriscaldamento dell'atmosfera 25 volte superiore a quella dell'anidride carbonica.

3.0 STOCCAGGIO DEL GNL: IL CONTENIMENTO TOTALE

Un aspetto critico legato allo stoccaggio del GNL è la necessità di garantire il mantenimento della temperatura al di sotto della sua temperatura di ebollizione al fine di ridurne al minimo il regime di evaporazione. Le apparecchiature destinate allo stoccaggio e alla movimentazione del GNL sono pertanto dotate di coibentazione che consente di mantenere sotto controllo lo scambio termico con l'ambiente esterno.

Si rende inoltre necessario l'utilizzo di materiali criogenici idonei al funzionamento a basse temperature, per i quali deve essere verificata la resistenza alla frattura fragile nonché al regime di sollecitazioni imposto dai fenomeni di contrazione e dilatazione dovuti alle variazioni di temperatura. Poiché l'acciaio al carbonio a temperature molto basse perde le sue caratteristiche duttili e infragilisce, vengono generalmente utilizzati acciaio inossidabile ed acciaio con il 9% di nichel. I principali materiali utilizzabili a contatto diretto con il GNL sono indicati in figura 3, dove è riportato il prospetto 3 della norma UNI EN 1160:1998.

Materiali	Impiego generale
Acciaio inossidabile	Serbatoi, bracci di scarico, dadi e bulloni, tubi e raccordi, pompe, scambiatori di calore
Leghe di nichel e ferronichel	Serbatoi, dadi e bulloni
Leghe di alluminio	Serbatoi, scambiatori di calore
Rame e leghe di rame	Giunzioni, superfici usurabili
Amianto ¹⁾ , elastomeri	Giunzioni, guarnizioni
Cemento (precompresso)	Serbatoi
Resine epossidiche	Involucri di pompe
Epossidici (silerite)	Isolamenti elettrici
Fibra di vetro	Involucri di pompe
Grafite	Giunzioni, premistoppa
Fluoroetilene propilene (FEP)	Isolamenti elettrici
Politetrafluoroetilene (PTFE)	Giunzioni, premistoppa, superfici di supporto
Politrifluoromonocloroetilene (Kel F)	Superfici di supporto
Stellite ²⁾	Superfici di supporto

1) L'amianto non è ammesso nelle nuove installazioni.
2) Stellite: Co 55%, Cr 33%, W 10%, C 2%.

Figura 3. Materiali utilizzati a contatto diretto e loro impiego (prospetto 3 UNI EN 1160:1998)

Le categorie di serbatoi contemplate dalla norma UNI EN 1473 (Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto (GNL) - Progettazione delle installazioni di terra) sono le seguenti:

- serbatoio cilindrico metallico a contenimento singolo;
- serbatoio cilindrico a doppio contenimento, contenitore primario metallico e contenitore secondario metallico o di calcestruzzo;
- serbatoio cilindrico a contenimento totale, contenitore primario metallico e contenitore secondario metallico o di calcestruzzo;
- serbatoio cilindrico di calcestruzzo criogenico, contenitore primario di calcestruzzo e contenitore secondario di calcestruzzo precompresso;
- serbatoio sferico.

La tipologia a contenimento totale offre le migliori garanzie di sicurezza, in quanto tale tipo di serbatoio è progettato e costruito in modo che sia il contenitore primario autoportante che il contenitore secondario siano in grado di contenere in modo indipendente il liquido refrigerato immagazzinato. La norma richiede che il contenitore secondario sia in grado non solo di contenere il liquido ma anche di controllare lo sfiato del vapore prodotto da una perdita conseguente ad una rottura del contenimento primario.

In figura 4 è riportata una sezione schematica di un serbatoio a contenimento totale con contenitore primario metallico e contenitore secondario in calcestruzzo armato criogenico.

È possibile individuare alcuni dispositivi indispensabili per il funzionamento di questa tipologia di serbatoi. In accordo a quanto richiesto dalla norma, l'immissione del prodotto in fase liquida avviene nella parte alta del serbatoio ad altezze diverse in funzione della diversa densità e non sono presenti penetrazioni delle pareti e della base del serbatoio. Questo implica l'utilizzo di pompe sommerse per il prelievo del prodotto in fase liquida. Sono inoltre presenti dispositivi per la protezione dalle sovrappressioni sia del serbatoio interno che di quello esterno, i cui sfiati sono convogliati in torcia.

È anche evidenziato l'isolamento criogenico, che può essere ottenuto mediante la realizzazione del vuoto nell'interspazio tra i due serbatoi o mediante l'utilizzo di perlite espansa criogenica interposta in detto spazio. La perlite espansa può essere a granulometria fine, media o grossa, con dimensioni variabili tra 0.1 mm e 1 mm per la granulometria fine, fino a dimensioni tra 2 mm e 5 mm per granulometria grossolana.

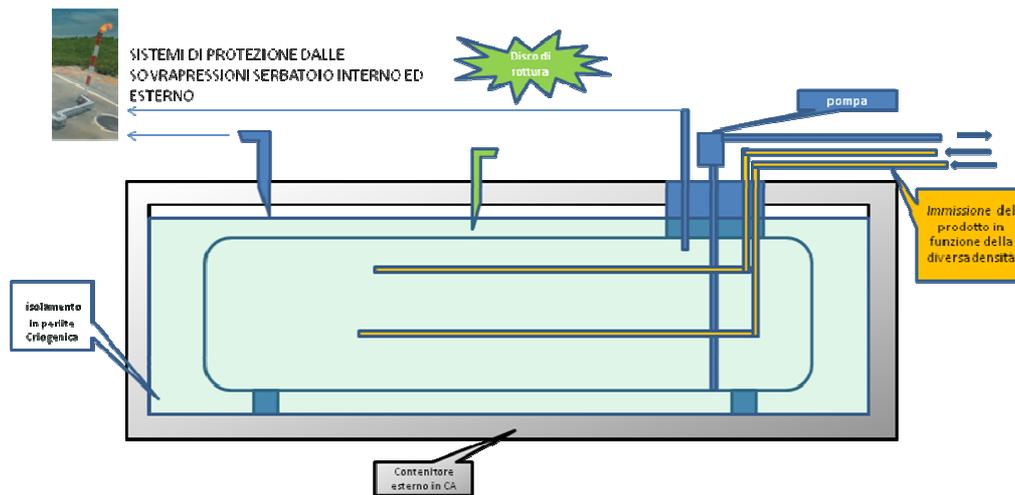


Figura 4. Sezione schematica di un serbatoio a contenimento totale

Viene ordinariamente prodotta in situ, tramite l'utilizzo di unità mobili che consentono il riscaldamento del materiale grezzo sino alla temperatura necessaria ad ottenerne la trasformazione in prodotto finito. Il processo di riscaldamento viene eseguito utilizzando una fornace, installata su un sistema mobile, che ne permette l'espansione sino al volume ottimale di utilizzo (fig. 5).



Figura 5. Unità mobile per l'espansione in-situ della perlite

La perlite espansa viene raffreddata e inviata ancora calda al riempimento dell'intercapedine del serbatoio per ridurre l'assorbimento di umidità.

Lo spessore di perlite interposto è variabile, con spessori variabili legati al grado di coibenza che si vuole garantire rispetto alle condizioni esterne e per limitare la produzione di BOG, che normalmente si attesta tra lo 0.02% e lo 0.1% in volume/die [4].

Per eliminare la presenza di aria residuale e la relativa umidità in essa contenuta, lo spazio tra i due serbatoi viene mantenuto in leggera sovrappressione di azoto, oppure anche al fine di migliorarne le capacità di distribuzione all'interno dei volumi o dei settori che ospiteranno l'isolante, durante le operazioni di riempimento viene mantenuto un leggero sottovuoto mediante l'utilizzo di un estrattore d'aria [5].

Per compensare gli eventuali addensamenti e spostamenti della perlite che si possono manifestare a causa delle contrazioni e dilatazioni del mantello interno del serbatoio nei cicli di raffreddamento e riscaldamento, lo stesso viene rivestito con fibra di vetro.

La perlite criogenica ha una matrice minerale silicea che ha caratteristiche fortemente abrasive qualora venga veicolata da un gas in pressione, presenta inoltre una massa volumica intorno ai 50/70 kg/m³, inferiore a quella del GNL liquido, quindi tende a galleggiare sopra ad esso qualora vi siano dispersioni di fase liquida dal serbatoio primario.

Il serbatoio primario contenente il GNL in fase liquida è caratterizzato da pressioni di esercizio generalmente di poco superiori alla pressione atmosferica, che possono in alcune configurazioni impiantistiche raggiungere un valore massimo intorno ai 6 barA (fig. 6). Le eventuali sovrappressioni interne vengono dissipate attraverso valvole di sovrappressione tarate a pressioni opportune a seconda delle condizioni di esercizio, i cui sfiati vengono convogliati in torcia. Esistono ulteriori valvole vent posizionate a tutela del contenitore esterno, in quanto la stessa UNI EN 1473 prevede che il contenitore esterno debba garantire il trattenimento della fase liquida e il rilascio in sicurezza della sua fase gassosa, fase in cui le pressioni salgono considerevolmente.

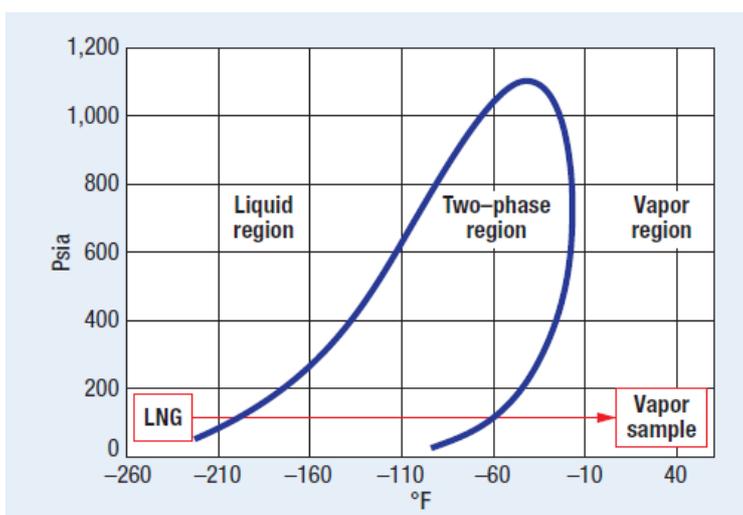


Figura 6. Diagramma di fase del metano

In ogni caso l’ottica della norma UNI EN 1473 è rivolta alla limitazione delle dispersioni di gas in condizioni di esercizio (“no venting”), con numerose accortezze tecniche, indirizzate anche alla realizzazione dell’insieme contenitore primario/secondario.

Nei sistemi full containment si prevede anche il monitoraggio delle temperature tramite sensori posti a contatto del mantello interno del contenitore secondario, per verificare perdite dell’isolamento termico o l’eventuale fuoriuscita della fase liquida. Tale evento, pur potendo essere considerato remoto, anche grazie all’assenza di penetrazioni di tubazioni dal fondo e dalle pareti del serbatoio, non può essere escluso a priori, se si considera che al fine di valutarne la frequenza base si deve tenere conto del numero di serbatoi installati nel deposito, il che ne incrementa la probabilità di accadimento (tab. 2).

Tabella 2. Frequenze di rottura random per serbatoi (API RP 581).

Apparecchiatura	Frequenza [eventi/anno]		
	1"	4"	Full Bore
Serbatoi in pressione	2.8E-05	2.00E-06	6.00E-07

Le conseguenze che si accompagnano a tale eventualità, a causa dei volumi di GNL in gioco, senza un’opportuna strategia di gestione dell’emergenza, mettono a rischio l’ambito territoriale in cui è inserito il deposito. Per quanto la configurazione full containment garantisca la possibilità di contenere in sicurezza l’intero quantitativo di GNL in esso stoccato anche in caso di danneggiamento al contenitore primario, una tale situazione comporterebbe l’emissione in atmosfera di ingenti quantità di gas naturale attraverso i dispositivi di sicurezza. Anche nel caso in cui le conseguenze dovessero limitarsi alla sola dispersione senza

innesco, le ricadute sulla matrice ambientale sarebbero rilevanti, avendo il metano una potenzialità di surriscaldamento dell'atmosfera 25 volte superiore all'anidride carbonica.

La norma americana NFPA 59 A (par.5.3.3.6), prevede che il perimetro del sedime dell'impianto sia opportunamente dimensionato, sulla base di scenari incidentali definiti, al fine di garantire che eventuali dispersioni di GN in aria con concentrazione pari ad $\frac{1}{2}$ del limite inferiore d'infiammabilità rientrino all'interno dei limiti di proprietà dell'impianto. Purtroppo lo stesso conforto normativo non esiste in Italia, atteso che gli spazi disponibili per tali impianti sono in genere inferiori e che viene effettuata una valutazione strettamente legata alla tipologia edilizia prevista nelle aree circostanti l'impianto interessate dalle conseguenze degli scenari incidentali ipotizzati (D.M.LL.PP. 9 maggio 2001 - Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante).

Il meccanismo di un possibile foro di questi serbatoi è legato principalmente al controllo di qualità nell'esecuzione che interessa le saldature, la complanarità delle lamiere utilizzate per la realizzazione dei serbatoi e nella gestione dei controlli in esercizio [6].

La tipologia di entro contenimento del serbatoio primario in strutture in calcestruzzo rappresenta degli indubbi vantaggi, soprattutto nella mitigazione degli effetti dell'irraggiamento termico da incendio esterno conseguente all'innesco di miscele in campo d'infiammabilità, se confrontato con i serbatoi unicamente protetti da rivestimento esterno in acciaio. Si tratta comunque di un materiale eterogeneo e con la possibilità d'instaurarsi di micro fessurazioni, per scongiurare la presenza delle quali è necessario un attento monitoraggio in fase di costruzione, soprattutto se si sceglie la strada della prefabbricazione e giunzione dei componenti costruttivi, ma soprattutto in fase di esercizio, mediante telecamere ad IR.

Inoltre, in presenza di danneggiamento del serbatoio primario, risulta determinante il coordinamento delle protezioni rispetto alle sovrappressioni dei serbatoi. Infatti nella prima fase di rottura del serbatoio primario con la fuoriuscita di GNL liquido nel serbatoio secondario, si ha un ulteriore abbassamento della temperatura del liquido nel serbatoio primario, che si accompagna ad una limitata diminuzione di pressione, mentre il GNL liquido sversatosi nel contenitore secondario permeando negli spazi intergranulari della perlite criogenica entra in contatto con le pareti del contenitore secondario in calcestruzzo che si trovano ad una temperatura più alta e tende quindi a vaporizzare con maggiore rapidità, determinando un aumento significativo della pressione nel contenitore secondario. In questa situazione, risulta fondamentale il coordinamento delle pressioni d'intervento dei dispositivi di protezione, per evitare lo schiacciamento del contenitore primario, e il tempestivo intervento della o delle vent a protezione del serbatoio secondario, atte a dissipare la pressione in eccesso rispetto ai limiti costruttivi del serbatoio primario. L'affidabilità dei sistemi di protezione da sovrappressione gioca dunque un ruolo strategico e non bisogna trascurare l'interazione esistente tra la perlite quale isolante e il possibile intasamento dei dischi di rottura/valvole di sovrappressione in caso di un flusso di trascinarsi della stessa, dovuto al GN/GNL gassoso dal serbatoio secondario, che può porre fuori uso i sistemi di protezione stessi. L'adozione di opportuni sistemi di filtraggio e di trattenimento della perlite e la ridondanza dei dispositivi di protezione riducono la probabilità di non disponibilità delle valvole di protezione.

4. PIANIFICAZIONE DELLO STOCCAGGIO PER LA GESTIONE DI PERDITE DI GNL DA SERBATOI DEL TIPO FULL-CONTAINMENT.

In generale i dispositivi indicati (vent), prevedono la gestione dell'emergenza in caso di perdite dal serbatoio primario con la dispersione in atmosfera del GN fino all'esaurimento del contenuto del serbatoio. Questa soluzione richiede una fase di gestione dell'emergenza assai prolungata in considerazione dei volumi di GNL contenuti in un singolo serbatoio, con criticità rappresentate soprattutto dalle misure di protezione da adottare all'interno dell'impianto e nelle aree limitrofe, al fine di evitare che tali miscele di aria e GN si inneschino. Qualora sia stato previsto in fase di progettazione il convogliamento degli sfiati in torcia calda, dovrà comunque attendersi la combustione di tutto il prodotto e il completo svuotamento del serbatoio.

Entrambe le eventualità implicano in ogni caso ricadute sulla matrice ambientale, o in termini di emissioni di "gas serra" quale il metano è, o in termini di rilascio in atmosfera di gas di combustione.

La tipologia dei depositi di GNL prospettata per il porto industriale di Oristano prevede un'articolazione su più serbatoi, offrendo un'eccezionale opportunità in termini di sicurezza, che altri depositi, largamente diffusi all'estero e qualcuno anche in Italia, in cui migliaia di metri cubi di GNL sono stoccati in un unico serbatoio ad asse verticale, non offrono.

Al verificarsi infatti dello scenario di perdita di contenimento del serbatoio primario, si può pensare di intervenire con maggiore efficacia operando il trasferimento del GNL liquido dal serbatoio interessato dalla perdita verso gli altri serbatoi dell'impianto, sempre che in essi sia presente in ogni momento la capacità di ricevere tale ulteriore quantitativo di prodotto. In generale, quindi, nella fase preliminare di pianificazione del deposito, occorre porre delle limitazioni nel grado di riempimento dei singoli serbatoi in relazione al loro numero e alla loro singola capacità, considerando la necessità di dover far fronte ad una perdita da un unico serbatoio nell'impianto. Potrebbe dunque risultare necessario, al fine di soddisfare una tale esigenza, stabilire un limite massimo nel grado di riempimento dei serbatoi inferiore a quello consentito dalla norma di buona tecnica applicabile, nella fattispecie la norma UNI EN 13458, che per i recipienti criogenici indica come massimo riempimento con la fase liquida il 95%, ridotto al 90% per serbatoi criogenici di stoccaggio di sostanze infiammabili.

Risulta altresì determinante garantire la possibilità di movimentare il prodotto liquido in emergenza verso i rimanenti serbatoi, avendo cura che gli impianti di trasferimento del prodotto non vengano interessati dagli effetti dell'emergenza e in prima battuta proprio dall'apertura dei dischi di rottura. Raccomandazione peraltro contemplata anche dalla norma tecnica di riferimento UNI EN 1473, in cui si prevede che tali organi di protezione non indirizzino le loro emissioni verso componenti funzionali dell'impianto.

Stante anche le esigenze di mantenimento delle condizioni criogeniche del prodotto e di gestione delle movimentazioni con apparecchiature comunque aventi particolari caratteristiche, il travaso verso autocisterne potrebbe risultare estremamente critico, sia per il numero di autocisterne necessarie, che potrebbero non essere prontamente attivabili in caso di emergenza, sia, ancora una volta, per il tempo necessario al completamento delle operazioni, che implicherebbe il persistere dell'emergenza stessa per un tempo eccessivamente lungo.

D'altra parte in carenza di una norma specifica, la strategia proposta ricalca quanto già previsto per i grandi depositi di GPL di cui al DM 13/10/1994 (Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione, l'installazione e l'esercizio dei depositi di g.p.l. in serbatoi fissi di capacità complessiva superiore a 5 m³ e/o in recipienti mobili di capacità complessiva superiore a 5.000 kg), che al punto 3.3 comma i impone di "collegare i serbatoi in modo da permettere di dislocarne, in caso di emergenza, il contenuto". Tale prescrizione deve poi essere letta alla luce dei chiarimenti forniti dalla lettera circolare N. P811/4106 del 25 giugno 2001: "[...] per dare attuazione al suddetto criterio di sicurezza, non occorre installare un serbatoio di riserva di adeguata capacità, tenuto costantemente vuoto ed inertizzato, da utilizzare in caso di emergenza, ma realizzare un idoneo collegamento tra i serbatoi che consenta, in caso di necessità, il trasferimento del contenuto da un serbatoio all'altro, utilizzando il volume geometrico disponibile. [...]".

5. CONCLUSIONI

Questo lavoro propone una rilettura di quanto disposto dalle norme di buona tecnica applicabili per gli stoccaggi di Gas Naturale Liquefatto, alla luce di alcune applicazioni reali prospettate per il porto industriale di Oristano.

In particolare, focalizzando l'attenzione sulla tipologia di serbatoi cosiddetta "full containment", approfondisce alcuni aspetti di sicurezza conseguenti allo scenario di perdita di contenimento dal serbatoio primario, proponendo una strategia, peraltro ormai consolidata per i grandi stoccaggi di GPL e prevista dalla regola tecnica verticale, che offre la possibilità di ulteriore implementazione dei livelli di sicurezza raggiungibili con l'applicazione delle norme di buona tecnica applicabili, quali la UNI EN 1473 e la UNI EN 13458.

L'accorgimento procedurale/gestionale di limitare il grado di riempimento dei serbatoi (eventualmente anche al di sotto dei valori massimi indicati dalle norme di buona tecnica) ad un livello tale da avere sempre a

disposizione un volume geometrico che consenta di spostare il prodotto da un serbatoio interessato da una situazione di emergenza agli altri serbatoi del deposito, offre la possibilità di limitare i quantitativi di sostanze rilasciate in atmosfera, siano essi vapori di GNL o gas di combustione, nonché di ridurre notevolmente la durata dell'emergenza, limitando i tempi di esposizione ad una situazione di pericolo sia degli operatori ma anche in generale del territorio limitrofo allo stabilimento.

RIFERIMENTI

- [1] Regione Autonoma della Sardegna, Linee di Indirizzo – Piano Energetico Ambientale Regionale.
- [2] UNI EN 1160:1998, Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto – Caratteristiche generali del gas naturale liquefatto.
- [3] Mike Hightower, Louis Gritzo, Anay Luketa-Hanlin, John Covan, Sheldon Tieszen, Gerry Wellman, Mike Irwin, Mike Kaneshige, Brian Melof, Charles Morrow, Don Ragland, Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water, Sandia Report No SAND2004-6258.
- [4] British petrol and international Gas Union, 2011.
- [5] Perlite Institute, Inc., A Guide for the Bulk Handling of Expanded Perlite, www.perlite.org.
- [6] James I. Chang, Cheng Chung Lin, A Study of Storage Tank Accidents, Journal of Loss Prevention in Process Industries 19(2006)51-59, Elsevier