

# APPROCCIO ALLE TEMATICHE DI GESTIONE DEL RISCHIO E DI LOSS PREVENTION PER IL RIGASSIFICATORE ADRIATIC LNG

Mangia C.<sup>1</sup> e Zenier F.<sup>2</sup>

1 Terminale GNL Adriatico Srl, Piazza della Repubblica 14/16, Milano, 20124, Italia

2 Artes Srl, Via Cesare Battisti 2/A, Mirano (VE), 30035, Italia

## SOMMARIO

Il primo rigassificatore di Gas Naturale Liquefatto (GNL) offshore del mondo, posseduto ed operato da Adriatic LNG e destinato ad essere installato in Italia nel mare Adriatico settentrionale a circa 17 km ad est di Porto Levante, è prossimo al completamento della costruzione in Spagna al momento della stesura di questo manoscritto, ed è progettato per immettere nella rete nazionale dei metanodotti 8 miliardi di Standard metri cubi all'anno di gas naturale attraverso una pipeline da 30 pollici che collegherà il rigassificatore stesso alla terraferma. La prima immissione di gas in rete è prevista entro il 2008. Il rigassificatore consiste in una struttura a gravità (GBS) in cemento armato, che ospita al suo interno 2 serbatoi in acciaio al 9% nichel da 125000 m<sup>3</sup> cadauno per lo stoccaggio del GNL e, sulla sommità, l'impiantistica per la rigassificazione del GNL stesso. Le dimensioni del GBS sono 180 m in lunghezza, 88 in larghezza e 47 in altezza. Il GBS sarà appoggiato al fondo marino, in circa 29 m di profondità d'acqua. In termini di approccio al rischio ed alla filosofia di loss prevention, in corso di progettazione si sono dovute affrontare tematiche di rilievo legate alle particolarità concettuali di questo progetto, quali: la presenza di un grande stoccaggio criogenico nel cuore di una struttura a gravità in cemento armato; il posizionamento dell'impiantistica di processo al disopra dello stoccaggio criogenico, in uno spazio necessariamente relativamente limitato dalla stessa collocazione offshore dell'impianto; la presenza di quartieri abitativi sulla sommità del GBS, indispensabili ad ospitare il personale necessario al presidio continuo dell'impianto. Questi ed altri elementi sono stati affrontati per lo più mediante un approccio basato sull'analisi del rischio, approccio che ha condotto allo sviluppo di un numero elevato di studi, alcuni dei quali si sono focalizzati su importanti tematiche che vengono evidenziate in questa sede. Si sono poi implementati a livello impiantistico 14 sistemi di controllo per rilevare, controllare e limitare i rischi al personale le principali caratteristiche dei quali sono descritte sistemi di controllo volti limitare i rischi per il personale.



Fig. 1 – Il rigassificatore Adriatic LNG nel cantiere spagnolo (maggio 2008)

## 1. PREMESSA

Il Gas Naturale Liquefatto, com'è noto, è uno dei candidati a fornire risposte alla crescente domanda di energia del nostro Paese. Importato allo stato liquido (ad una temperatura di -160°C circa e ad una pressione di poco superiore all'atmosfera) a bordo di navi metaniere di grossa stazza, questo prezioso combustibile viene ricevuto nei Paesi consumatori presso impianti, detti rigassificatori, o terminali di rigassificazione, in grado di stoccarlo, vaporizzarlo, e quindi immetterlo nella rete nazionale dei metanodotti come gas naturale.

Dotato di un solo rigassificatore, di limitate dimensioni e localizzato sulla costa ligure, il nostro Paese sta oggi pianificando di incrementare l'importazione di GNL. Tra i vari progetti ad oggi sul tavolo dei ministeri competenti, il rigassificatore Adriatic LNG (detto anche Terminale nel prosieguo) al momento della stesura di questo paper sta affrontando le fasi preparatorie al suo trascinamento in galleggiamento dal porto spagnolo di Algeciras, dove è stato in parte costruito e poi assemblato, verso l'offshore dell'alto Adriatico, dove verrà zavorrato e posizionato a circa 15 km dalla costa, nei pressi di Porto Levante, in Veneto.

Esistono oltre 50 rigassificatori nel mondo, tutti posizionati a terra, ognuno con le sue peculiarità. La tecnologia di stoccaggio e rigassificazione, nel suo complesso, può dunque definirsi conosciuta e provata. Esistono naturalmente anche moltissime piattaforme offshore di estrazione di gas e petrolio.

La scelta della localizzazione off-shore ha dunque comportato l'esigenza per Adriatic LNG di assemblare tecniche conosciute e di provata affidabilità, per dare luogo però ad un impianto nel suo complesso innovativo: un rigassificatore offshore, posto su un'isola in cemento armato (detta GBS, Gravity Based Structure) lunga 180 m, larga 88 ed alta 47, che poggia sul fondo del mare, in circa 29 m di profondità d'acqua.

Il GBS rappresenta un buon esempio di come una tecnologia conosciuta possa essere utilizzata per una soluzione innovativa. Queste strutture a gravità in cemento armato che vengono zavorrate fino ad appoggiarsi sul fondo del mare sono utilizzate per le piattaforme estrattive off-shore del Mare del Nord, in condizioni meteorologiche ben più gravose di quelle tipiche dell'Adriatico. La novità è semmai qui rappresentata dall'utilizzo di una tale costruzione per ospitare uno stoccaggio criogenico (il GNL è infatti stoccato a circa -160°C) e per l'accosto di navi metaniere.

I serbatoi di stoccaggio modulari (di lunghezza pari a 155 m, larghezza 33 ed altezza 28, aventi una capacità complessiva di 250.000 metri cubi), caratterizzati da una configurazione con base e tetto rettangolari e pareti laterali verticali, sono stati studiati al fine di ottimizzare il programma di esecuzione lavori (possibilità di realizzazione in pezzi separati parallelamente alla costruzione del GBS). Da decenni si utilizza infatti nell'industria un acciaio al 9% Ni per stoccare il GNL, una lega in grado di conciliare una eccellente duttilità alle basse temperature con costi inferiori rispetto agli acciai austenitici: ma sia i rigassificatori che i terminali di liquefazione, situati a terra, utilizzano forme cilindriche, mentre le forme prismatiche hanno precedenti solo sulle navi, e con dimensioni inferiori.

Il layout del GBS rappresenta uno degli aspetti chiave per garantire l'operatività del rigassificatore e la sua produttività. Diversamente dai rigassificatori convenzionali, le navi metaniere saranno soggette a movimenti indotti da condizioni di onda e di vento in manovra ed all'ormeggio relativamente severe. Una nuova tecnologia applicata ai bracci di scarico nave, per il resto piuttosto convenzionali, ha ampliato i movimenti della nave tollerati nel corso della connessione e disconnessione della metaniera, aumentando in maniera molto significativa l'affidabilità e la sicurezza delle operazioni di scarico ed influenzando l'ottimizzazione del layout del Terminale.

Le strutture di ormeggio e di scarico delle navi metaniere sono in parte indipendenti (le briccole saranno poste su altre 2 strutture in cemento armato situate ai lati del GBS) ed in parte incorporate sull'isola (gli ammortizzatori per l'accosto delle navi).

Sulla sommità dell'isola sono collocati i quartieri abitativi per gli operatori (incluso l'eliporto), la sottostazione elettrica, gli impianti ausiliari, e tutta l'impiantistica necessaria a vaporizzare 8 miliardi di Standard metri cubi all'anno di gas naturale (*topside facilities*). Anche l'impiantistica di processo è classificabile come standard e di tecnologia comprovata. Eppure è stato richiesto ai progettisti uno sforzo per

adeguare il layout ai limitati spazi disponibili off-shore ed un'attenzione particolare nel posizionare gli impianti di processo direttamente al disopra dello stoccaggio criogenico.

Il processo di rigassificazione del GNL è concettualmente piuttosto semplice: si tratta di vaporizzare un gas liquefatto, stoccato a pressione atmosferica al punto di ebollizione. Il gas deve essere immesso nella rete nazionale a circa 75 bar. Tale pressione viene raggiunta pompando il liquido mediante pompe centrifughe verticali multistadio, prima del passaggio di stato. Passaggio di stato che avviene in 2 differenti tipi di scambiatori di calore. I primi, detti Open Rack Vaporizers, sono costituiti da pannelli verticali con tubi alettati in alluminio, ed utilizzano l'acqua di mare come fluido di scambio termico per coprire circa il 75% della capacità di rigassificazione complessiva in condizioni operative normali. La rimanente quota parte (25%) del calore necessario viene invece fornito mediante uno scambiatore a fascio tubiero che utilizza come fluido di scambio una miscela di acqua e glicol propilenico in ciclo chiuso, riscaldata mediante cogenerazione dai fumi delle turbine a gas (a loro volte necessarie per provvedere al fabbisogno energetico del Terminale). Dopo la vaporizzazione, il gas viene dunque immesso nel gasdotto che lo convoglierà a terra, verso la rete nazionale dei metanodotti, previa misura fiscale in Comune di Cavarzere (VE).

Tutto ciò premesso, appare evidente come il progetto Adriatic LNG, che rappresenta un “*industry first*” a livello mondiale, sia caratterizzato quindi da soluzioni innovative non sempre contemplate da norme e standards nazionali ed internazionali, che hanno comportato la necessità di un approccio alla progettazione di tipo “*risk-based*” in luogo di quello prescrittivo.

Tale approccio ha dato luogo allo sviluppo di una serie di studi di sicurezza che, condotti sia in fase di ingegneria di base che nel corso dell'ingegneria di dettaglio, hanno consentito di approfondire alcune criticità relative alla fase di progettazione e realizzazione, conducendo da ultimo all'identificazione di diverse misure e sistemi di controllo per la gestione in sicurezza del Terminale.

Le misure di sicurezza, e gli studi che hanno contribuito a definirle, vengono descritti nel prosieguo del presente articolo.

## **2. MISURE DI CONTROLLO PER LA SICUREZZA DEL PERSONALE E DELLE STRUTTURE**

La progettazione di un impianto come quello sin qui descritto ha comportato la necessità di sviluppare numerosi studi di sicurezza, in cui l'analisi del rischio è stata lo strumento per mezzo del quale si è perseguita la minimizzazione dei pericoli insiti in questa attività; particolare attenzione è stata prestata alla filosofia di “*loss prevention*”, ossia alla prevenzione dei possibili rilasci di prodotto pericoloso dovuti a perdita di contenimento delle apparecchiature o degli impianti.

Nel corso della progettazione è stata messa a punto una combinazione di sistemi per prevenire, controllare e mitigare i rischi associati all'attività dell'impianto. Tali sistemi prevedono la prevenzione di perdite per l'intero ciclo di vita del Terminale, incluse le fasi di costruzione, avvio, normale esercizio, manutenzione e condizioni anomale.

Questa filosofia progettuale ha solide basi scientifiche e si avvale di un'esperienza pluri-decennale nella gestione di impianti offshore che processano idrocarburi.

Sull'impianto sono in atto misure di controllo per proteggere il personale da rischi esterni ed interni. Nel dettaglio, si possono distinguere 14 sistemi o misure di controllo utilizzati per rilevare, controllare e limitare i rischi al personale. Ne forniamo diseguito una sintesi.

### **2.1. Progetto strutturale dell'opera**

Il GBS è stato progettato in base all'esperienza acquisita e ai principi utilizzati per le strutture off-shore in calcestruzzo, adottando i criteri di progetto riportati nelle normative standard internazionali di riferimento.

In particolare è stato adottato il metodo degli stati limite per le verifiche di resistenza e durabilità. Le verifiche e il dimensionamento delle componenti strutturali sono stati condotti con riferimento alle differenti condizioni di progetto che si possono presentare durante le varie fasi di realizzazione dell'opera (quali costruzione, trasporto, installazione, operatività, rimozione).

Sono stati individuati i seguenti carichi di progetto: permanenti, funzionali variabili, da deformazione, ambientali ed accidentali. In particolare, con riguardo ai carichi ambientali e meteomarinari, il nord Adriatico è caratterizzato da brusche variazioni climatiche che possono improvvisamente portare a raffiche di vento nel range dei 55-70 nodi. La Bora e lo Scirocco sono i venti principali. Le condizioni di progetto sono state così derivate da appropriati studi sviluppati sulla base di registrazioni in sito dei valori di vento e onda. I dati ricavati hanno condotto alla definizione dei parametri di progetto da utilizzare, in condizioni operative ed estreme, per quanto attiene le azioni da onde, correnti, vento, marea (astronomica e di tempesta), temperatura (aria ed acqua), pressione atmosferica, accrescimento marino, ecc.

Il GBS è stato progettato per resistere a condizioni ambientali caratterizzate da periodo di ritorno pari a 100 anni (onda dei 100 anni con vento e corrente associati). Le condizioni ambientali associate all'onda dei 10 anni sono state invece adottate per le verifiche in fase di installazione (verifica di stabilità sul fondo per il GBS non completamente zavorrato con terreno non ancora completamente sovraconsolidato).



Fig. 2 – Lay-out del GBS visibile durante la costruzione (giugno 2006)

I criteri di progetto inerenti la progettazione antisismica delle strutture del Terminale hanno avuto come obiettivo il raggiungimento di un basso e accettabile livello di rischio per quanto riguarda gli aspetti di sicurezza della vita umana, di salvaguardia dell'ambiente circostante, di perdite economiche e interruzione dell'operatività dell'impianto. Le prestazioni richieste sono:

- Minimo o nessun danno nè interruzione delle operazioni normali sotto l'azione di terremoti frequenti, ovvero caratterizzati da periodi di ritorno dell'ordine di centinaia di anni
- Nessuna conseguenza grave in termini di perdita di vite umane e danni all'ambiente sotto l'azione di terremoti rari, ovvero caratterizzati da periodi di ritorno dell'ordine di migliaia di anni, in corrispondenza dei quali tuttavia l'impianto può subire danni irreparabili e/o perdite economiche;
- Sufficiente capacità residua, dopo l'accadimento di un terremoto raro, per far fronte ai carichi nominali, inclusi quelli inerenti la fase di aftershocks, dovuti alla probabile configurazione del Terminale conseguente all'evento sismico, per permettere la chiusura dell'impianto in sicurezza (safe shutdown) e la completa evacuazione e ricovero del personale in salvo (EER);

- Mantenere la completa operatività dei sistemi di sicurezza critici necessari per il safe shutdown e le operazioni di EER durante e dopo i terremoti rari.

La caratterizzazione degli eventi sismici di progetto in termini di accelerazioni spettrali è stata quindi oggetto di studi specifici di rischio sismico, con riferimento alle caratteristiche del sito off-shore di locazione del Terminale, paraltro caratterizzato da sismicità moderata.

Nel design del GBS sono stati considerati inoltre gli stati di deformazione imposti dovuti agli effetti di:

- Variazioni termiche
- Viscosità e ritiro del calcestruzzo

Si ricorda che il GBS è completamente isolato dai serbatoi, realizzati in acciaio al 9% Ni proprio per mantenere le proprietà di resistenza meccanica e tenacità alla temperatura  $-163^{\circ}\text{C}$  cui il GNL viene stoccato.

Le considerazioni termiche sono state quindi molto importanti nel design dei serbatoi, con particolare riferimento a:

- Fatica termica
- Sollecitazioni indotte durante il primo raffreddamento (cooldown)

I due serbatoi criogenici, costruiti ciascuno in tre pezzi (Fig. 3) presso un cantiere coreano e protetti da brevetto industriale, sono “modulari”, prismatici e autoportanti, formati da pannelli rigidi supportati da un sistema di travi interne. La struttura è costituita da larghe armature longitudinali e trasversali, sulle quali si innesta la travatura reticolare che sorregge i pannelli, a loro volta rinforzati da irrigidimenti costituiti da venature trasversali collegate da placche flangiate longitudinali. Questa struttura si è resa necessaria fra l’altro per le dimensioni dei serbatoi (lunghezza fuori tutto circa 155 m), che non ha eguali nelle altre tipologie di stoccaggio criogenico GNL, solitamente caratterizzate da dimensioni molto inferiori.



Fig. 3 – Serbatoi criogenici prima dell’assemblaggio (dicembre 2006)

## 2.2. Configurazione del layout e degli spazi

Il Terminale è orientato lungo la direttrice est-ovest, ed è posizionato in modo da offrire il proprio lato “corto” alle onde più severe (provenienti da est) e da stabilizzare il comportamento delle navi all’ormeggio sul lato nord del manufatto. Tale orientamento consente anche il rapido allontanamento della metaniera in caso di necessità.

Il lay-out del GBS in cemento armato è stato determinato da una serie di fattori, quali la necessità di fornire supporto ai serbatoi del GNL, assicurare il galleggiamento della struttura durante l’uscita dal bacino spagnolo ed il trascinarsi verso le acque territoriali, supportare le *topsides*, fornire i compartimenti per il materiale di zavorramento destinato ad appesantire il GBS fino a sostenere le azioni sismiche e dell’onda, assicurare una zona di ripartizione dalla parte esterna del GBS per proteggere i serbatoi GNL da eventuali impatti di natanti di servizio, ed infine assicurare sufficiente rigidità alle condizioni di carico controllanti (il trascinarsi, il peso ed il carico d’onda).

Il lay-out del GBS scelto per bilanciare questi fattori è raffigurato in Fig. 2.

Il lay-out delle *topsides* prevede la massima distanza tra le parti abitabili del Terminale e le aree di processo del GNL e del gas naturale. In particolare, gli impianti e le tubazioni contenenti gas liquefatto e gas ad alta pressione sono confinate nella metà del Terminale situata ad ovest, mentre la parte est, alla cui estremità è presente il modulo alloggi, è interessata solo dalla presenza di combustibili (gasolio) e gas a bassa pressione per il funzionamento delle turbine. In questo modo si aumentano le distanze di sicurezza per gli operatori presenti nei confronti di un potenziale pericolo.

L’helideck (piattaforma elicotteri) è orientato e posizionato in modo tale da ridurre al minimo il rischio di collisione elicotteri

L’orientamento del Terminale garantisce anche che il modulo alloggi sia posto in direzione contraria a quella principale del vento (pertanto eventuali perdite di gas o fumo verranno naturalmente trasportate lontano dal modulo alloggi).

### **2.3. Integrità degli impianti di processo e del piping**

Si sono innanzitutto utilizzati materiali da costruzione in grado di tollerare una serie di condizioni estreme rispetto alle condizioni di esercizio, quali situazioni anomale e/o di emergenza in corrispondenza ad esempio di condizioni ambientali avverse.

La massima pressione operativa consentita (MAOP) è stata aumentata di 1 bar o del 10%, assumendo il valore più conservativo, ai fini del dimensionamento degli spessori. In caso di possibilità di pressione inferiore a quella atmosferica, essi sono progettati per sostenere assenza totale di pressione.

Quanto alla temperatura, la massima di progetto è pari alla massima di esercizio più 25°C, mentre la minima di progetto è 5°C al di sotto della temperatura minima di esercizio.

I criteri progettuali delle tubazioni per ogni specifica area e processo sono sostanzialmente tre:

I) Selezione del materiale delle tubazioni

II) Rivestimenti protettivi esterni e/o interni alle tubazioni (Verniciature)

III) Protezione Catodica

Sia il Gas Naturale che il Gas Naturale Liquefatto sono considerati fluidi non-corrosivi e pertanto si è progettata la tubazione relativa considerando solo la protezione alla corrosione esterna e gli effetti criogenici.

Per quanto riguarda i principi di selezione dei materiali:

- Nel sistema di alimentazione di acqua marina dei rigassificatori non è stata ammessa la presenza di componenti in leghe che contengano rame, poiché gli ioni rame potrebbero causare una accelerata corrosione dei pannelli di alluminio dei rigassificatori.

- Gli acciai INOX del tipo SS 316/316L e SS 304/304L non sono stati prescritti dove le temperature di servizio superano i 65 °C.
- Gli acciai SS 316L e 304L utilizzati per la saldatura sono a basso grado di carbonio (L).
- Gli acciai SS 316/316L e 304/304L per le tubazioni, le valvole, e gli impianti, sono sempre verniciati quando sono coibentati per isolamento termico.
- Gli acciai SS 304 sono sempre verniciati come protezione alla atmosfera marina anche quando non sono coibentati.

#### **2.4. Monitoraggio e controllo del processo**

Il Terminale è dotato di un Sistema Integrato di Controllo e Sicurezza (ICSS – Integrated Control and Safety System) che consente il monitoraggio, controllo, protezione e gestione in sicurezza di tutte le attività relative al Terminale (Topside facilities, GBS, serbatoi LNG, Travaso e Ormeaggio metaniere), alla sealine/pipeline ed alla stazione di Misura di Cavarzere.

L'architettura dell'ICSS prevede un sistema di controllo del processo (PCS – Process Control System) che include consolle per gli operatori ubicate nella sala controllo, DCS dotati delle necessarie schede I/O, computers per l'interfacciamento con altri sistemi/packages, mezzi di comunicazione. È presente inoltre un sistema di sicurezza indipendente (SIS – Safety Instrumented System), che comprende diverse tipologie per la fermata in sicurezza degli impianti, quali Unit Shut-down (USD), Process shut-down (PSD), Emergency shut-down (ESD), oltre che un sistema di rilevazione gas ed incendio (Fire & Gas Detection).

Il SIS è completamente separato ed indipendente dal PCS ed è gestibile mediante interfaccia grafica su appositi monitor. Infine, sono installati pannelli di controllo locali (UCP – Unit Control Panels), che servono le zone / reparti principali, per il controllo e monitoraggio locale delle operazioni.

#### **2.5. Intercettazione di emergenza e depressurizzazione**

Su tutti gli impianti contenenti materiali infiammabili sono installate valvole di intercetto a chiusura rapida (ESD), necessarie anche a definire le zone da depressurizzare mediante valvole di blow down. I livelli di fermata sicura dell'impianto sono suddivisi sulla base di una gerarchia che consente fermate di singoli macchinari (USD), fermata del processo (PSD), fermata di emergenza completa (ESD), attivabili sia manualmente che automaticamente.

È installato un sistema per lo sfiato delle eventuali sovrappressioni in torcia. Il sistema è costituito da due circuiti separati, ad alta ed a bassa pressione, utilizzati per sfiatare il gas in caso di emergenza e dimensionati secondo le risultanze di un apposito studio (Flare Boom Study).

La depressurizzazione del circuito fase gas è utilizzata per proteggere gli impianti di processo e controllare eventuali perdite e/o incendi tramite l'abbassamento della pressione dell'impianto e l'invio del prodotto alla torcia stessa.

Anche sulla piattaforma di imbarco ed in posizione esterna al modulo alloggi sono presenti pulsanti ESD manuali, che comportano la fermata delle apparecchiature presenti sulla piattaforma, lasciando in funzione solo il sistema di alimentazione di emergenza (UPS).

#### **2.6. Classificazione Zone Elettriche**

Tutte le aree del Terminale sono classificate secondo le normative ATEX (principalmente Norma EN 60079-10 CEI 31-30) per consentire un'adeguata selezione degli impianti elettrici e ridurre al minimo la possibilità che eventuali perdite di materiali infiammabili possano essere innescate.

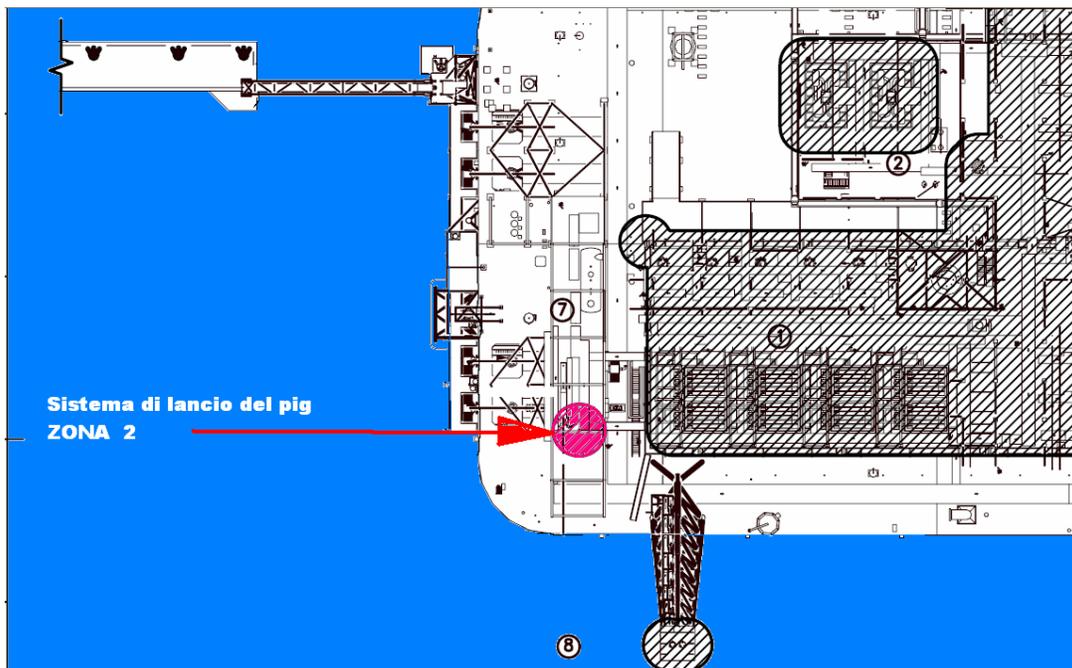


Fig. 4 – Particolare classificazione aree antideflagranti del Terminale

L'installazione in mare aperto e le soluzioni tecniche adottate (tubazioni per lo più saldate, riduzione al minimo del numero di flange, movimentazione dei fluidi sempre in circuito chiuso) hanno consentito di individuare in modo preponderante Zone 2 (a rischio limitato) e di minimizzare la presenza di Zone 1 e Zone 0 (a rischio maggiore).

## 2.7. Scarichi operativi e di emergenza

Il Terminale è dotato di vari sistemi di scarico distinti, due ubicati all'interno dell'area di processo (acque oleose e GNL, quest'ultimo utilizzato solo in caso di rilascio di prodotto) e uno dedicato alla raccolta e allo scarico dei reflui civili situato nel modulo alloggi. Tutti i sistemi sono indipendenti e non comunicanti per motivi di sicurezza. È di particolare interesse la predisposizione di un sistema per il drenaggio a gravità di tutte le eventuali perdite di metano liquido. Qualsiasi impianto o tubazione che contenga metano liquido (GNL) si trova sopra un bacino di contenimento, con pavimentazione e pareti in calcestruzzo, collegato con pendenza di drenaggio dello 0,7% a delle canalette perimetrali di raccolta che permettono l'evacuazione veloce del GNL fuori dal Terminale, direttamente in mare (Fig. 5). Questa metodologia, oggetto di apposito studio, presenta il vantaggio di allontanare velocemente dagli impianti i vapori risultanti da un eventuale rilascio, senza per questo dare luogo ad una concreta possibilità che avvenga un fenomeno di Rapid Phase Transition (potenziale esplosione fisica determinata dal contatto di un liquido caldo con uno freddo). Gli effetti di un eventuale rilascio di GNL in mare sono poi nulli dal punto di vista ambientale, essendo nota la tendenza del metano liquido all'immediata evaporazione con successiva dispersione verso gli strati alti dell'atmosfera.

Anche l'acqua dell'impianto antincendio, l'acqua di lavaggio e quella piovana proveniente da altre aree non contenenti olio, vengono scaricate direttamente fuoribordo, in determinati casi previo trattamento.

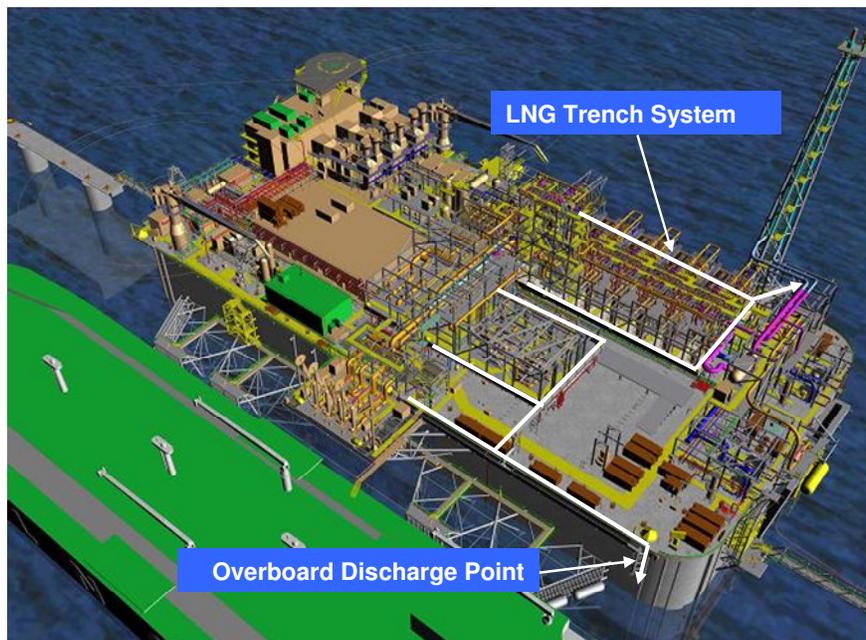


Fig. 5 – Schema dell’impianto di collettamento perdite LNG

## 2.8. Rilevazione gas ed incendio e sistemi di comunicazione

Tutto il Terminale è provvisto di sistema di rilevazione gas ed incendio (Fire&Gas) e di sistema di allarme, che esegue un monitoraggio sull’eventuale insorgenza di incendi, rilasci di GNL (tramite rilevatori di freddo), accumulo di gas infiammabili e tossici e scarsa presenza di ossigeno. Questo sistema comprende anche un monitoraggio delle condizioni degli impianti di rilevazione gas ed incendio.

Il modulo alloggi è dotato di sistemi di rilevazione incendio e fumo propri, che iniziano automaticamente l’attivazione dei sistemi antincendio.

Il sistema Fire&Gas attiva su tutto il Terminale il sistema di allarme generale (PAGA, Public Address and General Alarm System), che comporta fra l’altro l’attivazione delle pompe antincendio e il segnale di divieto di atterraggio sulla piattaforma elicotteri.

Il sistema PAGA è costituito da:

1. stazioni di controllo centrale (con ridondanza pari al 100%), sempre operative, dalle quali sarà possibile attivare segnalazioni di allarme o comunicazioni di servizio in diverse zone del Terminale selezionabili a scelta. Queste stazioni saranno interconnesse tra loro e saranno, ciascuna, direttamente collegate al sistema di sicurezza del Terminale;
2. un certo numero di pannelli di accesso al sistema che risulteranno, in quanto a funzionalità, praticamente identici alle stazioni di controllo centrale;
3. stazioni telefoniche disposte in diverse zone sia all’esterno che all’interno del Terminale; da esse sarà possibile inviare messaggi di servizio in zone selezionate o a tutto il Terminale;
4. altoparlanti disposti a copertura di tutte le zone del Terminale, con un grado di ridondanza pari al 100% per ogni zona;
5. segnalatori visivi lampeggianti, che saranno disposti, in aggiunta agli altoparlanti di cui sopra, a copertura delle zone per le quali si prevedono più di 84dB in termini di pressione acustica. Anche i lampeggianti saranno installati con una copertura pari al 100%.

## 2.9. Protezione antincendio attiva

Il sistema acqua antincendio, il cui progetto è frutto di numerosi studi basati sull’analisi del rischio e che contemplano i fenomeni incidentali credibili nell’ambito dell’impianto, distribuisce l’acqua antincendio a tutte le aree della piattaforma attraverso tre pompe antincendio indipendenti ed è dotato di una quantità

sufficiente di valvole di intercetto per garantire che l'acqua antincendio venga fornita a qualsiasi area del Terminale, anche in caso di non funzionamento di una sezione del sistema di distribuzione. Sono presenti monitori idrici, idranti, manichette ad acqua e a schiuma bassa espansione (utilizzate in caso di rilascio di prodotti combustibili), generatori di schiuma ad alta espansione (che agiscono su possibili perdite di GNL), impianti di raffreddamento a diluvio (water spray), impianti clean-agent e water-mist.

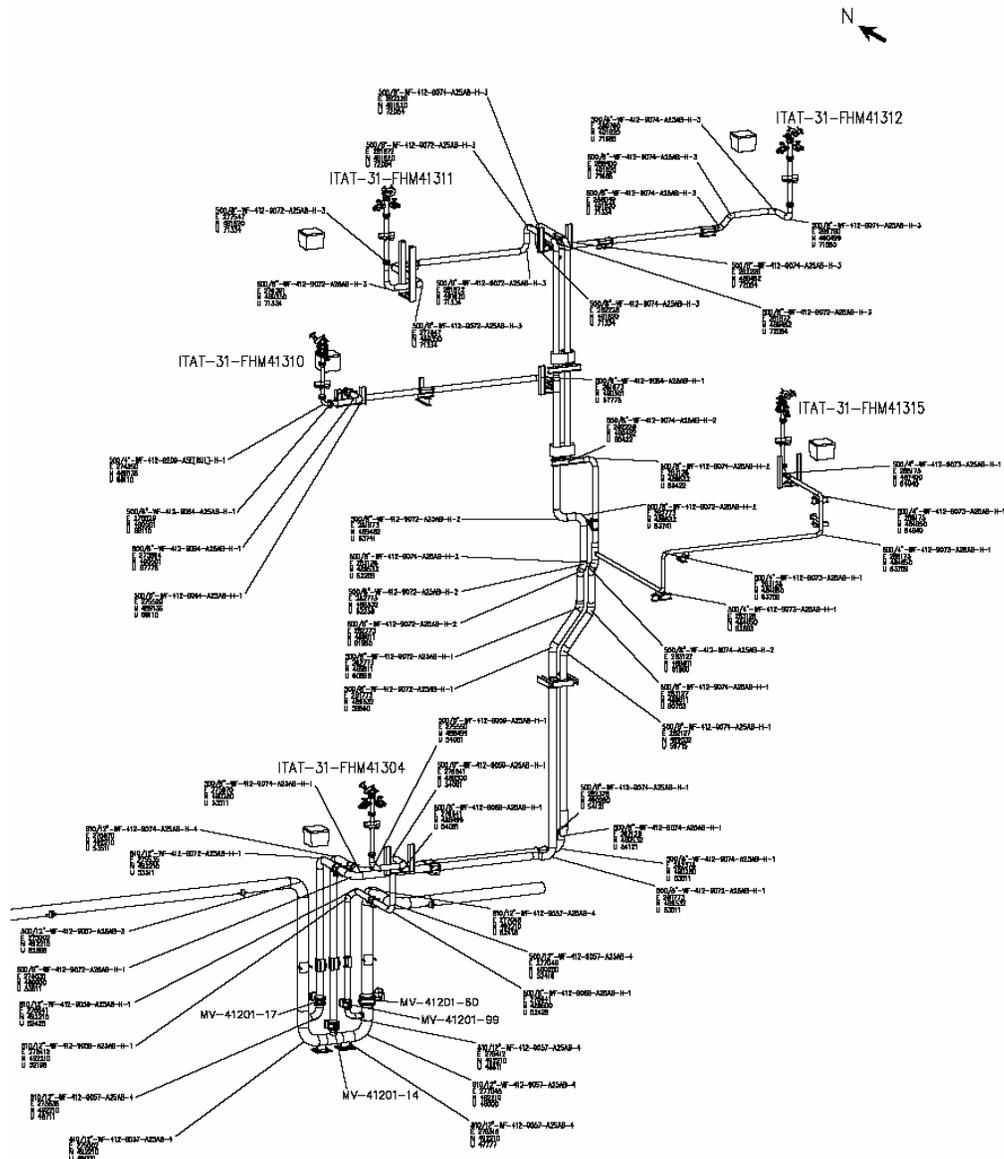


Fig. 6 – Particolare assonometrico del circuito monitori antincendio (FHM=fire hydrant monitor)

Il modulo alloggi è dotato sia di impianti sprinkler automatici, sia di sistemi antincendio clean agent per le aree elettriche. Il sistema di ventilazione e condizionamento del modulo alloggi si disattiva dal piano sul quale si dovesse verificare un incendio o la produzione di fumo, per impedire la circolazione attiva del fumo stesso. Tutto il quartiere abitativo è dotato di un sistema di pressurizzazione a zone, che interessa la sala di controllo centrale (CCR), il vano scale, e tutto il resto del modulo, ed è atto ad impedire l'ingresso del fumo nelle aree chiuse in cui sono presenti gli operatori.

## 2.10. Protezione contro le esplosioni

La progettazione di alcune aree ed edifici, compreso il modulo alloggi, ha tenuto conto di criteri di sovrappressione, stimati sulla base di uno studio specifico.

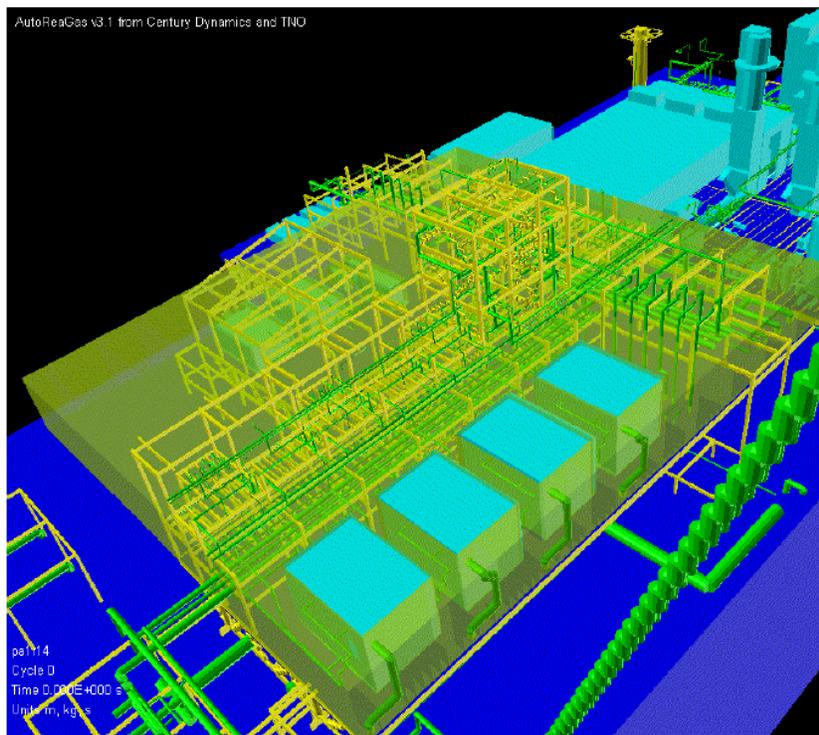


Fig. 7 – Area di processo con scenario del 100% dell'area di rilascio interessata da LNG

E' stato sfruttato al massimo l'utilizzo dell'aerazione naturale per le aree di processo, per la dispersione di eventuali fughe di gas.

## 2.11. Protezione antincendio passiva (PFP)

La PFP (Passive Fire Protection, protezione antincendio passiva) ha la finalità di mantenere integre le strutture, i condotti più critici e gli impianti di processo, compresi i loro sostegni, per evitare l'escalation di eventuali eventi pericolosi; mantiene inoltre integre le vie di fuga e il rifugio temporaneo per un tempo sufficiente a consentire un'evacuazione ordinata del personale di bordo; assicura infine l'integrità di sistemi e impianti necessari per la sicurezza, come ad esempio lo spegnimento di emergenza o le valvole di depressurizzazione.

Il modulo alloggi è diviso in vari comparti tramite pareti, pavimenti e soffitti a diversa classificazione antincendio. È inoltre dotato di impianti di tiraggio incendio e fumo, nonché di porte antincendio che si chiudono da sé. Il tutto per evitare la propagazione dell'incendio o del fumo all'interno del modulo alloggi stesso.

## 2.12. Fuga, evacuazione e soccorso

Il rigassificatore è provvisto di adeguate vie di fuga da ogni area per raggiungere il punto di raccolta, collocato in area sicura. Le aree a rischio elevato sono dotate di almeno due uscite separate e lontane tra loro. Vengono utilizzati diversi metodi di evacuazione, che consentono di scegliere il sistema disponibile a minor rischio, sebbene il Terminale sia dotata anche di sistemi indipendenti e ridondanti che garantiscono la possibilità di evacuazione in ogni condizione. Tali metodi includono procedure di evacuazione a cascata (trasferimento diretto su mezzo marittimo o elicottero; scialuppa di salvataggio o zattera; canotti di salvataggio calati in mare tramite gru; fuga in mare con entrata diretta con l'ausilio di salvagente).

Il modulo alloggi è progettato per essere il primo luogo di raccolta e di rifugio temporaneo. Le pareti esterne del modulo alloggi possono sostenere la sovrappressione associata alla peggiore esplosione e sono resistenti al fuoco e agli effetti di radiazione termica di incendi per almeno 60 minuti. Uno studio delle fasi di fuga, evacuazione e salvataggio ha dimostrato che il Terminale può essere evacuato in meno di 60 minuti.

### **2.13. Protezione personale**

Sono forniti in dotazione dispositivi di protezione individuale e di salvataggio per il personale, comprendenti giacche, pantaloni, stivali, caschetti e guanti. Sotto la piattaforma elicotteri è presente attrezzatura di salvataggio in caso di collisione dell'elicottero stesso. Sono infine installati appositi armadietti contenenti tutta l'attrezzatura necessaria per utilizzare i sistemi antincendio; peraltro le procedure prevedono di tentare di contrastare i soli incendi incipienti, mentre per gli eventi di maggior magnitudo è prevista l'entrata in azione dei sistemi di spegnimento automatici.

Sono in dotazione respiratori autonomi della durata di 45-minuti (SCBA) e cappucci protettivi della durata di 15 minuti.

### **2.14. Equipaggiamento di sopravvivenza**

Su tutto il Terminale sono infine disponibili vari tipi di equipaggiamento di sopravvivenza, tra cui salvagenti, boe di salvataggio, mute da immersione, dispositivi di controllo immersione personali, cappucci protettivi, coperte antincendio, equipaggiamenti antincendio vari, estintori, kit di pronto soccorso e barelle.

## **3. CONCLUSIONI**

Nonostante ogni area del progetto Adriatic LNG abbia comportato e comporti la necessità di affrontare continue sfide dettate dall'unicità di questo rigassificatore e dalle sue caratteristiche peculiari, la sicurezza dei lavoratori ne rappresenta il tema di fondo. In particolare, proprio nel momento di transizione dalla fase costruttiva a quella operativa, momento accompagnato da cambiamenti di scopo e di cultura del lavoro, la gestione della sicurezza continua a sollecitare il massimo impegno degli addetti. È proprio in questa fase che inizieranno a risultare determinanti le scelte fondamentali a livello progettuale effettuate a monte, nel corso dell'ingegneria di base e poi di dettaglio. Tali scelte, fondamentalmente basate sull'analisi del rischio, hanno portato allo sviluppo ed all'implementazione di una folta serie di misure di controllo destinate a rappresentare ciascuna una barriera all'accadimento od all'escalation di eventi incidentali. La collocazione in mare aperto, di per sè un fattore significativo in chiave sicurezza da diversi versanti, ha peraltro comportato la necessità di studi e misure ulteriori, a partire dal livello strutturale per finire su come combinare le varie tecnologie disponibili. Il rigassificatore Adriatic LNG è stato ideato per sostenere la crescente domanda di gas naturale del Paese, dando contemporaneamente la massima considerazione alla protezione del personale ed alla sicurezza della struttura.