

## **Report attività T2.3**

Report T2.3.2 Individuazione delle specifiche relative a un terminal GNL e individuazione delle caratteristiche tecnico ingegneristiche del sito di stoccaggio

Il seguente studio è stato sviluppato nell'ambito del Progetto SIGNAL - Strategie transfrontaliere per la valorizzazione del Gas Naturale Liquido, co-finanziato dal Programma INTERREG Marittimo Italia-Francia 2014-2020.





Sommario

<b>Indice delle figure</b> .....	<b>5</b>
<b>Indice delle tabelle</b> .....	<b>6</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>7</b>
<b>AREE FUNZIONALI</b> .....	<b>8</b>
<b>Area arrivo nave</b> .....	<b>9</b>
<b>Area stoccaggio</b> .....	<b>10</b>
<b>Area autotrasporto</b> .....	<b>11</b>
<b>Area gestione BOG</b> .....	<b>12</b>
<b>Area controllo e sistemi ausiliari</b> .....	<b>13</b>
<b>DIMENSIONAMENTO</b> .....	<b>16</b>
<b>Accosti lato mare</b> .....	<b>17</b>
<b>Deposito</b> .....	<b>19</b>
<b>Autotrasporto</b> .....	<b>20</b>
<b>INFRASTRUTTURE ACCESSORIE</b> .....	<b>21</b>
<b>CARATTERISTICHE AERALI</b> .....	<b>23</b>
<b>ANALISI AGGIUNTIVE</b> .....	<b>25</b>
<b>Studio impatto traffico</b> .....	<b>25</b>
<b>Interazioni con l’ambiente</b> .....	<b>26</b>
<b>Decommissioning e dismissione</b> .....	<b>26</b>
<b>CARATTERISTICHE TECNICO INGEGNERISTICHE DEL SITO</b> .....	<b>27</b>
<b>Bibliografia e sitografia</b> .....	<b>29</b>

## Indice delle figure

Figura 1 Area autotrasporto

12

Figura 2 Funzioni

16

## Indice delle tabelle

<b>Tabella 1 Caratteristiche .....</b>	<b>18</b>
<b>Tabella 2 Caratteristiche tecniche .....</b>	<b>28</b>

## Abstract

L'obiettivo del report è quello di realizzare delle linee guida per la definizione delle caratteristiche tecnico ingegneristiche per un sito di stoccaggio GNL e per la creazione di un deposito GNL in ambito portuale.

L'obiettivo è quello di:

1. identificare tutti le componenti tecniche-funzionali presenti in un deposito portuale di GNL al fine di definire i requisiti minimi sia delle infrastrutture interne al terminal GNL che quelle esterne di collegamento sia via mare che via terra.
2. Identificare i parametri da considerare per un corretto dimensionamento delle infrastrutture
3. Identificare una superficie minima per l'installazione di un deposito costiero di GNL
4. Definizione delle aree funzionali da realizzare per la creazione di un deposito costiero di GNL
5. Definizione delle caratteristiche areali relative al sito
6. Definizione delle caratteristiche del GNL

Il report è quindi strutturato seguendo i punti descritti in precedenza e si concluderà con una tabella riepilogativa di conclusione per la definizione di tutti i punti d'interesse individuati all'interno del testo.

# Aree funzionali

Tra i fattori da prendere in considerazione per la corretta progettazione – posizionamento – dimensionamento di un terminal GNL possiamo considerare: accessibilità e dimensione delle navi cisterna; esistenza in prossimità del terminal di una rete di distribuzione del GNL; costo e caratteristiche del terreno; disponibilità delle infrastrutture pubbliche quali strade, rete elettrica, idrica, fognaria; disponibilità energia; facilità logistica per la gestione del prodotto della filiera e degli scarti prodotti.

Una volta identificata l'area ottimale, che può anche tenere di conto delle disponibilità delle superfici, un ulteriore passo è quello della definizione delle funzioni da inserire all'interno del terminal GNL e di prevedere le differenti aree, i collegamenti infrastrutturali tra esse e tutte le aree accessorie necessarie per un corretto utilizzo dei servizi.

I terminali di rigassificazione ricevono il GNL trasportato allo stato liquido da navi metaniere, lo stoccano, lo gassificano e lo pressurizzano per poi immetterlo nella rete di trasporto e/o distribuzione dei gasdotti.

Un deposito costiero di GNL non è caratterizzato dalla sola presenza di serbatoi criogenici per lo stoccaggio del GNL, ma sono presenti aree funzionali specifiche necessarie per la gestione e l'operatività delle differenti fasi lavorative.

In termini generali, i terminali GNL sono progettati in modo tale da assicurare un'adeguata distanza tra le varie sezioni fisiche del terminale.

Le dimensioni dipendono principalmente dal numero e dalla dimensione dei serbatoi di stoccaggio e dalle distanze di sicurezza da mantenere tra di essi e tra i serbatoi e le altre infrastrutture del terminal.

Le principali unità di un terminale sono elencate di seguito:

- Area ricezione (Pontile di attracco e scarica navi metaniere);
- Serbatoi di ricezione e di stoccaggio temporaneo GNL;
- Unità di rigassificazione (vaporizzazione): questa componente, in caso di deposito costiero può non essere presente;
- Sezione di recupero boil-off Gas (BOG);
- Correzione gas finale: questa componente, in caso di deposito costiero può non essere presente;
- Sistemi ausiliari e di servizio;
- Sistema di controllo e sicurezza;
- Opere civili e infrastrutture accessorie

Il deposito costiero sarà pertanto concettualmente suddiviso in aree funzionali, di seguito descritte:

- Area di attracco e trasferimento del GNL: comprenderà le infrastrutture e i dispositivi per l'ormeggio di metaniere e bittoline e tutti i dispositivi e le apparecchiature necessarie per il



corretto trasferimento e la misurazione del GNL e del BOG (boil off gas) durante lo scarico delle metaniere ed il carico delle bettoline;

- Area deposito del GNL: comprenderà i serbatoi e tutti i dispositivi accessori ed ausiliari necessari alla loro corretta gestione. Inoltre, comprenderà la sala controllo per la supervisione e la gestione dell'impianto;
- Area di carico autocisterne: comprenderà le baie di carico/raffreddamento per le autocisterne, i sistemi di misurazione del carico e tutti i sistemi ausiliari per il corretto funzionamento e gestione;
- Area di gestione del BOG: comprenderà i MCI per la generazione dell'energia elettrica a sola copertura degli autoconsumi d'impianto, impianto di liquefazione basato su ciclo Stirling inverso per la re-liquefazione del BOG e la torcia di emergenza.

L'impianto sarà supervisionato da un'apposita sala controllo all'interno dell'area di deposito del GNL, la quale conterrà i principali sistemi di supervisione e controllo.

È inoltre prevista una stazione di controllo in corrispondenza della piattaforma operativa, per il controllo visivo delle operazioni di trasferimento del GNL.

## Area arrivo nave

La sezione di ricezione per i terminal GNL on-shore è costituita da un pontile con un'area di attracco per le navi metaniere, dai bracci di scarico e dalla linea di trasferimento del GNL nei serbatoi di stoccaggio. L'area antistante al pontile deve essere tale da consentire un'agevole e sicura manovra ed ormeggio delle navi metaniere. Il pontile deve essere equipaggiato con sistemi di ancoraggio in sicurezza della nave (quindi deve prevedere, ad esempio, anche un sistema di ormeggio del tipo a sgancio rapido) e un sistema per l'appoggio della nave.

Dalla nave metaniera il GNL viene trasferito nei serbatoi di stoccaggio utilizzando pompe criogeniche, bracci meccanici di scarico e successiva linea di trasferimento.

Durante le operazioni di scarico si generano dei vapori (boil-off) che possono essere interamente recuperati mediante un sistema dedicato esclusivamente al ritorno dei vapori alla metaniera.

La progettazione dei bracci di scarico del GNL e le problematiche relative all'interfaccia terra-nave sono dettagliatamente descritte rispettivamente nelle norme UNI-EN 1474 e UNI-EN 1532; in quest'ultima vengono riportati i requisiti minimi di progettazione e di gestione per poter effettuare un travaso di GNL dalla nave a terra. In particolare, vengono riportati i requisiti necessari affinché il trasferimento del GNL dai terminali di carico e scarico possa avvenire in sicurezza e perciò vengono presi in considerazione i collegamenti fra nave e terminale, gli aspetti relativi alla sicurezza delle operazioni di

trasferimento, nonché tutte le altre operazioni che si effettuano quando la nave è ormeggiata al pontile.

Tra i sistemi di sicurezza utilizzati durante lo scarico si possono citare i sistemi di rilevamento di gas e incendio, sistemi radar o altri dispositivi di segnalazione per allertare l'equipaggio di altri traffici o pericoli attorno allo scafo.

Le aree in oggetto vanno, dunque, progettate tenendo in considerazione tutti gli aspetti tecnici di collegamento tra nave e serbatoi, comprendendo anche la gestione del BOG, ed inoltre non deve presentare carenze infrastrutturali proprie di una banchina portuale. Devono essere infatti garantiti tutti gli aspetti di attracco nave, come le bitte, un adeguato fondale, una banchina integra e parabordi efficienti.

## Area stoccaggio

La sezione stoccaggio, ed in particolar modo i serbatoi, devono essere realizzati in modo tale da resistere alla temperatura del gas naturale liquefatto e contemporaneamente proteggere il contenuto da eventi accidentali esterni (es. fuoco, terremoti, esplosioni, impatti, etc....).

I terminali esistenti o presentati in forma di progetto hanno caratteristiche peculiari fortemente legate alle caratteristiche del sito. Nel seguito viene riportata una descrizione di massima che raggruppa a grandi linee le tipologie di serbatoio per macro-caratteristiche.

Per le tipologie di serbatoi presenti nei terminali GNL si può fare riferimento a quanto riportato nella norma UNI-EN 1473.

Le tipologie più comuni si possono brevemente riassumere:

- serbatoio a singolo contenimento a doppia parete. La parete interna è di acciaio al Nichel (9%), quella più esterna in acciaio al carbonio;
- serbatoi a doppio contenimento dove il serbatoio interno è in acciaio al Nichel (9%) e il serbatoio esterno generalmente realizzato in cemento armato ad hoc utilizzando calcestruzzo criogenico; tale parete è localizzata di solito a circa 6 metri o meno rispetto al primo serbatoio; inoltre la parete di cemento armato ha la funzione di proteggere il serbatoio da accidenti esterni;
- il serbatoio a contenimento totale ha un contenitore interno in acciaio al Nichel (9%) e un contenitore esterno che sostiene il tetto rinforzato in acciaio al carbonio e che può essere disegnato in modo tale da opporsi ad attacchi missilistici e a oggetti volanti.

Va inoltre aggiunto che ciascuna di queste tre macro-tipologie di serbatoi può essere o meno posizionata all'interno di un bacino di contenimento realizzato generalmente in cemento armato.

La fase più delicata nella gestione dello stoccaggio è il monitoraggio del liquido all'interno del serbatoio dove il GNL costituisce un sistema dinamico sia durante l'approvvigionamento (nel corso del quale al GNL già presente nel serbatoio viene aggiunto quello proveniente dalle navi metaniere) sia in una fase successiva quando il GNL viene prelevato dal serbatoio per essere avviato verso i sistemi di distribuzione.

Va rilevato che il GNL scaricato dalle navi può avere temperatura e/o densità diverse da quello già presente nel serbatoio. Le variazioni di pressione che possono verificarsi nei serbatoi di stoccaggio durante i travasi e la velocità di travaso verranno regolate in modo tale da recuperare mediante idonei sistemi il gas che si viene a generare.

## **Area autotrasporto**

In quest'area avvengono le attività relative alla gestione dei mezzi, al rifornimento e al successivo instradamento dei mezzi per il trasporto su strada del GNL.

I mezzi adibiti al trasferimento del GNL su ruota hanno una capacità di circa 40-50 mc di GNL e il tempo di ricarica dell'intero serbatoio di GNL può variare sensibilmente in funzione della strumentazione utilizzata (tra i 30 e i 60 minuti).

Per un corretto funzionamento delle aree per il carico dei mezzi criogenici, sono presenti serbatoi e pompe destinate unicamente al rifornimento dei mezzi in questione con funzionamento alternato.

L'area dell'autotrasporto è caratterizzata da una serie di baie di carico (2-4) collegate con specifici serbatoi e messi in rete con l'area per la gestione del BOG.

Solitamente questa funzione è caratterizzata dai seguenti elementi tecnologici:

- n°1 sistema di regolazione della portata di carico GNL liquido
- n°1 sistema di gestione dei vapori di ritorno (BOG)
- n°2 sistemi di misurazione (n°1 linea liquida e n°1 linea ritorno fase gas fiscale)
- n°1 stazione di carico costituita da due bracci di carico, uno per liquido GNL e uno per il recupero vapori BOG, entrambi dotati di valvola di emergenza a strappo
- n°1 pesa fiscale per contabilizzazione GNL.

L'area per il carico dei mezzi stradali può comprendere non solo le baie per il rifornimento dei mezzi, ma anche aree per la sosta e percorsi di collegamento con la rete stradale

locale. Lo schema seguente evidenzia il percorso funzionale per la realizzazione di un'area per il carico dei mezzi in sicurezza.

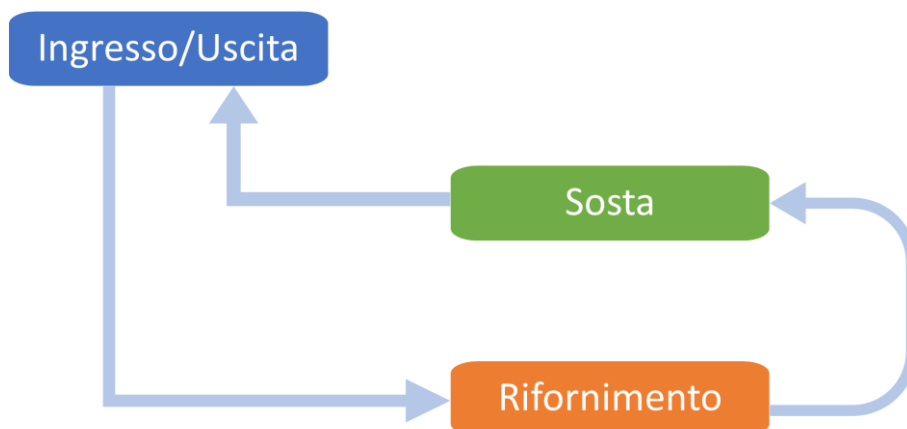


Figura 1 Area autotrasporto

La viabilità per i mezzi stradali da rifornire deve essere differente dalla viabilità interna utilizzata dagli operatori per il controllo dei macchinari e per le consuete attività operative giornaliere.

## Area gestione BOG

Per evitare le emissioni di gas naturale, che si formano sia nelle emergenze sia nel normale esercizio dell'impianto sia per il recupero durante il trasferimento del prodotto dalla nave al serbatoio, esistono soluzioni tecniche che prevedono un sistema di recupero del gas Boil-Off-Gas (BOG).

Durante le operazioni di scarico delle navi il livello nei serbatoi cresce causando la riduzione del volume disponibile per i vapori; contemporaneamente il livello nei serbatoi della metaniera diminuisce di conseguenza, comportando un aumento del volume disponibile per il vapore e la riduzione di pressione nei serbatoi della nave.

Per prevenire la possibilità di eccessiva riduzione della pressione, una parte dei vapori disponibili nei serbatoi a terra viene fatta fluire verso la nave, per semplice differenza di pressione. Il vapore di ritorno è raffreddato per garantire che la temperatura del vapore stesso in ingresso alla nave, principalmente all'inizio delle operazioni di scarico, non superi

i livelli di accettabilità previsti (circa  $-130^{\circ}\text{C}$ ) evitando l'introduzione di quantità eccessive di calore all'interno dei serbatoi della nave. Il liquido in eccesso sarà estratto dalla corrente di vapore nel separatore di banchina, che accoglierà anche i drenaggi delle linee e delle apparecchiature della medesima area.

Normalmente l'eccesso di BOG nei serbatoi è gestito attraverso:

- il re-invio di una parte dei vapori generati alla metaniera;
- il sistema di alimentazione dei generatori elettrici di impianto;
- il sistema di re-liquefazione del BOG mediante unità Stirling a ciclo inverso;
- Procedure di accumulo del vapore attraverso fluttuazioni della pressione di impianto e di cicli di raffreddamento mediante spray (gestione positiva della pressione nella catena di trasferimento LNG metaniera / serbatoi / autocisterne o bettoline; ricircolo e spray dell'LNG nei serbatoi per ri-liquefazione del BOG).

Durante il funzionamento nominale del terminale, in assenza di operazioni di scarico/carico nave e/o autocisterne, nei casi in cui la quantità di BOG generata sia inferiore alla capacità di trattamento dei sistemi installati, solitamente è prevista l'esclusione selettiva di un numero qualsiasi di unità Stirling per adeguare le quantità di BOG rimosso alle reali necessità operative di impianto, garantendo in ogni caso l'alimentazione dei sistemi di generazione elettrica.

## Area controllo e sistemi ausiliari

L'intero terminal necessita di un'area destinata al controllo degli impianti e dei sistemi di sicurezza per una gestione ottimale di tutto il complesso.

Inoltre, tutto il terminal deve dotarsi di quelle infrastrutture e impianti per il funzionamento delle componenti principali. Il complesso dei sistemi ausiliari necessari all'esercizio dell'impianto comprende ad esempio:

- Sistema di raccolta dei drenaggi di GNL
- Unità per la misura fiscale del GNL immesso in rete e del GNL scaricato dalle metaniere
- Sistema di distribuzione del gas combustibile
- Unità di distribuzione dell'energia elettrica
- Sistema di controllo e supervisione del processo
- Sistema di gestione delle emergenze di processo
- Sistema di rilevamento fughe di prodotto e/o incendio
- Sistema di combustione di una torcia

La combustione della torcia è necessaria per ottenere lo smaltimento del GNL anche se la norma non prevede che questa sia obbligatoria. È infatti possibile smaltire in atmosfera, tramite candela di scarico, l'eccesso di boil-off; la norma non preferisce una soluzione rispetto all'altra, imponendo semplicemente che le installazioni di GNL vengano progettate basandosi sul principio dell'utilizzo non continuativo della torcia o della messa in atmosfera non continua dei suddetti vapori.

In definitiva:

- le torce si caratterizzano per la completa combustione dei vapori di boil-off destinati allo smaltimento con produzione di fumi di combustione ed emissione concentrata di calore: è pertanto necessario verificare che la radiazione termica prodotta dalla torcia sia opportunamente minimizzata in corrispondenza dei ricettori sensibili;
- gli sfiati si caratterizzano per la dispersione in atmosfera dei vapori di boil-off senza combustione: è pertanto necessario verificare che le miscele infiammabili di vapori di boil-off che si vengono a determinare non possano raggiungere alcuna fonte di ignizione.

Di norma si ritiene più sicuro concentrare la combustione dei vapori di boil-off non più recuperabili in una torcia posta a un'altezza e a una distanza dai potenziali ricettori sensibili sufficiente per non determinare effetti negativi, piuttosto che rilasciare in atmosfera una nube di vapori con caratteristiche di potenziale pericolosità.

Tale pratica (combustione preferita a dispersione in atmosfera) risulterebbe infatti non solo più sicura, ma anche più accettabile dal punto di vista ambientale, visto che il metano (componente principale del gas naturale) ha un GWP (Global Warming Potential, fattore potenziale di riscaldamento globale) ben 21 volte superiore rispetto a quello dell'anidride carbonica.

Nonostante gli indubbi vantaggi sopra elencati del ricorso alle torce rispetto alle candele di scarico, l'ubicazione di una torcia nell'area impianti è resa difficoltosa dall'esigenza di mantenere adeguate distanze di sicurezza sia dagli impianti che dalle aree esterne all'impianto con riferimento alle massime radiazioni termiche ammissibili.

La possibilità di ubicare una candela di scarico a una quota adeguata, tenuto conto che i vapori di boil-off sono più leggeri dell'aria e che i regimi anemometrici tipici tendono ad allontanare i suddetti vapori da eventuali fonti di ignizione, hanno portato a ritenere comunque preferibile la soluzione della candela di scarico, garantendo analoghe condizioni di sicurezza.

In particolare, la candela di scarico è stata ubicata ad adeguata distanza dagli impianti in modo che l'eventuale e poco probabile ignizione dei vapori di boil-off in uscita non possa determinare radiazioni termiche eccessive nei confronti degli impianti stessi.

Inoltre, in fase di ingegneria di dettaglio sarà possibile valutare l'applicazione, al momento in fase di sviluppo, di una "candela intelligente", cioè una candela normalmente fredda, ma che in caso di emergenza possa funzionare da torcia.

# Dimensionamento

Il dimensionamento delle infrastrutture del deposito costiero di GNL è effettuato tramite l'utilizzo di parametri di input, come ad esempio il numero di mezzi da rifornire in un anno, il numero di rifornimenti via nave annui previsti, la nave di progetto.

Questo permette di valutare sia la dimensione dei depositi costieri di GNL, sia tutta la componente relativa all'autotrasporto (area d'attesa dei mezzi, viabilità interna ed esterna, area di rifornimento dei mezzi) o al traffico via mare (dimensionamento delle banchine).

Non è però possibile utilizzare una formula che metta in relazione la quantità di GNL da stoccare con la superficie necessaria per l'intero terminal, in quanto sono presenti funzionalità e infrastrutture accessorie che possono far variare le aree necessarie.

La presenza di un vaporizzatore, infatti, modifica sensibilmente la superficie totale, così come la quantità delle baie di carico dei mezzi stradali. Inoltre, la forma dell'area può comportare a una distribuzione differente con un maggiore utilizzo degli spazi interni per la distribuzione delle varie attività interne,

Nello schema seguente sono rappresentate le principali funzioni e i flussi interni di personale e materie prime:

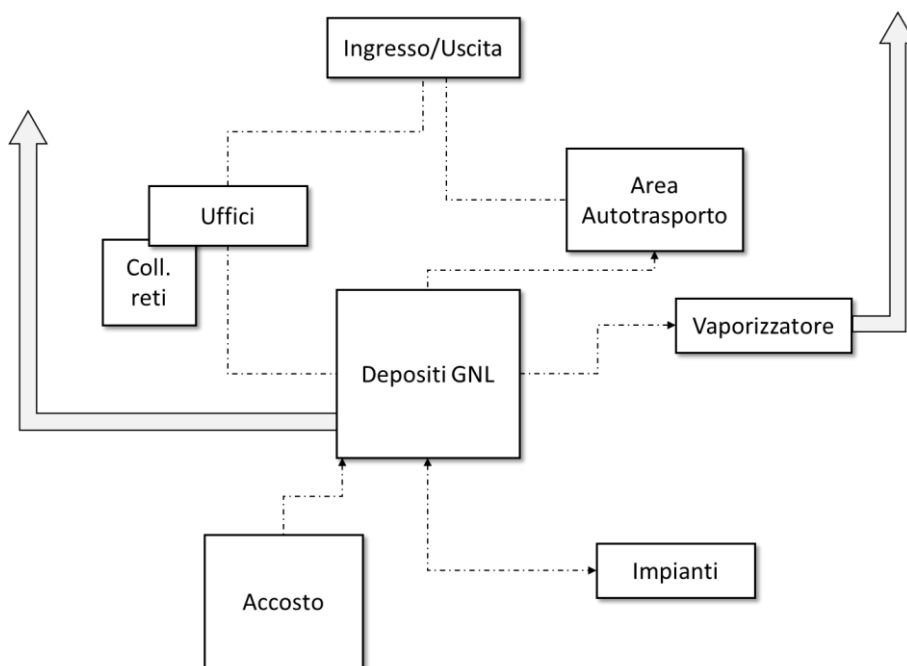


Figura 2 Funzioni

I collegamenti che terminano con le frecce evidenziano i flussi di GNL dove il punto di inizio dell'intero movimento interno al terminal è l'Accosto. Per quanto riguarda invece i collegamenti senza frecce



sono flussi di mezzi o persone. Le frecce di dimensioni maggiori sono relative a eventuali collegamenti del gas, in forma liquida o in forma gassosa, con la locale o verso altri poli industriali.

## Accosti lato mare

Il dimensionamento degli accosti viene valutato in funzione, ovviamente, delle superfici a disposizione dell'area individuata. Ma un aspetto molto importante da valutare è relativo alla dimensione di riferimento delle navi in transito nel porto oggetto di analisi.

Il parametro può essere dimensionato considerando le navi metaniere/gasiere in transito nel porto in esame, sia per quanto concerne il dato relativo alla dimensione fisica della nave (lunghezza, larghezza, pescaggio) e sia per quanto concerne la quantità di GNL trasportabile da nave di questa dimensione.

Il trasporto del GNL via mare avviene in apposite navi metaniere, aventi solitamente una capacità di carico nell'intervallo 40.000-140.000 m<sup>3</sup> di GNL, pari a 18.000-63.000 t. Si tratta di imbarcazioni a doppio scafo, probabilmente tra i più sofisticati mercantili attualmente in esercizio (aventi un costo anche doppio rispetto a quello di petroliere di analoga dimensione).

I serbatoi di stoccaggio del GNL sono vincolati allo scafo interno al quale viene demandata la funzione di resistenza strutturale secondaria agli urti. Allo scafo esterno, invece, viene demandata la funzione di resistenza strutturale principale agli urti. Le modalità costruttive e la lunga esperienza acquisita anche in situazioni incidentali reali hanno dimostrato che i serbatoi di stoccaggio sono sufficientemente affidabili per scongiurare il rischio di incendi o di rottura degli stessi a seguito di eventi che possano determinarsi all'interno della nave quali incendi o addirittura esplosioni aventi cause comuni (cioè indipendenti dalla merce trasportata). I serbatoi infatti sono stagni, ignifughi e peraltro inertizzati, cioè circondati da atmosfere prive di ossigeno.

Nella tabella che segue sono riportate le caratteristiche principali di alcune tipologie di navi metaniere.

Caratteristica	UM	Tipo di nave			
		Minima	Intermedia	Massima	
		Serbatoi prismatici	Serbatoi prismatici	Serbatoi sferici	Serbatoi prismatici
Deadweight	[DWT]	22.000	51.000	75.000	75.000
Capacità di carico	[m <sup>3</sup> ]	40.000	75.000	140.000	140.000
<b>Lunghezza totale</b>	[m]	200	250	300	295
Lunghezza tra le perpendicolari	[m]	185	235	282	280
<b>Larghezza</b>	[m]	29.2	35	46	46
Altezza di costruzione	[m]	18	21	29	29
<b>Pescaggio a pieno carico</b>	[m]	8,7	9,5	11,3	11,3
<b>Pescaggio in zavorra</b>	[m]	4,7	5,0	8,3	8,3
Dislocamento a pieno carico	[t]	40.000	74.000	95.000	95.000
Area longitudinale esposta al vento (nave a pieno carico)	[m <sup>2</sup> ]	2.500	2.800	6.700	4.600
Area longitudinale esposta al vento (nave in zavorra)	[m <sup>2</sup> ]	3.300	3.900	7.200	5.100
Area trasversale esposta al vento (nave a pieno carico)	[m <sup>2</sup> ]	380	820	1.350	1.250
Area trasversale esposta al vento (nave in zavorra)	[m <sup>2</sup> ]	500	1.000	1.450	1.350
Distanza tra la prua e il manifold	[m]	90-95	120-130	120-140	128-151
Distanza tra la fiangia manifold e la murata nave	[m]	2,0-6,0	2,0-6,0	2,8-4,0	1,6-4,0
Altezza manifold sopra il livello del mare a nave carica	[m]	14-16	13-17	19-21	19-24
N° di serbatoi	[-]	6	4	5	5
N° di pompe di scarico	[-]	12 (2 per serbatoio)	8 (2 per serbatoio)	10 (2 per serbatoio)	10 (2 per serbatoio)
Tipo pompe		sommerse	sommerse	sommerse	sommerse
Portata massima di scarico nave	[m <sup>3</sup> /h]	4k	6,4k-9,6k	10k-13k	10k-13k
Prevalenza pompe	[m]	120-150	105-150	105-160	105-160
N° e Ø flange di connessione liquido (L) e gas (G)		4 (L) 14" 2 (G) 10"	2 (L) 16" 1 (G) 14"	4 (L) 16" 1 (G) 16"	4 (L) 16" 1 (G) 16"

Tabella 1 Caratteristiche

Il passaggio preliminare da effettuare è quello di considerare la lunghezza della nave e il relativo pescaggio a pieno carico per l'individuazione delle caratteristiche fisiche minime delle infrastrutture portuali.

Infatti, il pescaggio a pieno carico, confrontato con i valori dei fondali di riferimento relativi al percorso che la nave effettua per raggiungere la banchina del deposito GNL, può individuare la grandezza massima della nave di progetto e conseguentemente i valori massimi di GNL trasportato dalle navi.

Una volta individuata la nave di progetto, in funzione della profondità dei fondali e della lunghezza della banchina, sarà possibile definire il numero di rifornimenti annui necessari per il rifornimento dei depositi costieri di GNL e valutare se l'incremento generato sia sopportabile dalle infrastrutture portuali.

Un altro importante aspetto da tenere di conto per il dimensionamento degli impianti lato mare riguarda gli aspetti di trasferimento del GNL dalla nave metaniera ai serbatoi per lo stoccaggio. Solitamente si deve dimensionare gli impianti in modo che la nave non stazioni troppo tempo a banchina per lo scarico del GNL, in modo da limitare le operazioni e il tempo di sosta. Si pone quindi la necessità di individuare un tempo di riferimento, come ad esempio 15 ore, e dimensionare le tubazioni e i collegamenti che portano il GNL dalla metaniera ai serbatoi conseguentemente.

## Deposito

I serbatoi di ultima realizzazione nei terminal GNL sono del tipo "full containment", ciascuno composto da un serbatoio esterno "outer tank" e uno interno "inner tank". In caso di fuoriuscita dal contenimento primario, il contenimento esterno permette di trattenere il liquido criogenico. I serbatoi sono realizzati in modo da limitare il flusso termico dall'esterno attraverso un isolamento termico realizzato, solitamente, mediante l'uso congiunto di materiale isolante e condizioni di vuoto tra i due contenimenti.

Nonostante il serbatoio e tutte le tubazioni siano criogenici, il GNL interno subisce comunque un certo riscaldamento dovuto essenzialmente a:

- Ambiente esterno;
- Calore in ingresso dalle linee di scarico nave;
- Calore generato dalle pompe di rilancio GNL;
- Eventuale ingresso dovuto alla circolazione di GNL di raffreddamento.

Il dimensionamento delle infrastrutture per lo stoccaggio del GNL è da valutarsi in funzione della quantità di GNL da stoccare e dalla quantità di GNL annua da gestire all'interno del terminal GNL. Inoltre, si considera la realizzazione di più serbatoi di dimensioni minori di

tipo modulare, in modo da realizzarne in numero pari raggiungere l'obiettivo di GNL stoccato e avere l'opportunità di costruirne ulteriori successivamente. Valutando le strutture presenti all'interno dell'area Mediterranea, si nota che la "taglia" di riferimento dei serbatoi modulari è di circa 1000 mc – 1500 mc in funzione della dimensione dell'area e della quantità massima di GNL da stoccare all'interno dell'area.

I serbatoi modulari sono collegati tra loro in un'unica rete e il rifornimento di tutti avviene tramite la stessa condotta. In alcune circostanze, determinati serbatoi possono essere destinati a specifiche attività e in numero pari alle funzioni (determinati serbatoi destinati al rifornimento dei mezzi stradali o imbarcazioni). La possibilità di realizzare serbatoi di dimensione minore non comporta la modifica della struttura stessa del serbatoio.

## Autotrasporto

Il dimensionamento di questa funzionalità del terminal GNL è strettamente collegato alle superfici a disposizione, poiché il rifornimento dei mezzi non genera solo la presenza delle baie di carico, ma anche di una viabilità interna e di un'area per la sosta. La presenza di 2 baie di carico, ad esempio, comporta la presenza di 5-6 postazioni per la sosta dei mezzi, per evitare attese o file in aree non attrezzate che potrebbe generare problemi per la sicurezza dei lavoratori e delle aree circostanti.

# Infrastrutture accessorie

Le infrastrutture necessarie per una completa realizzazione di un terminal costiero di GNL comprendono anche le opere civili principali e accessorie, tra cui:

- opere civili per serbatoi di GNL;
- opere civili per presa e scarico dell'acqua a mare;
- opere civili per sostegno tubi su rack/sleepers;
- cabine elettriche e sottostazione;
- sala controllo;
- magazzino e officina;
- uffici, portineria, stazione pompieri, etc.;

Opere civili complementari o accessorie, comprendenti:

- fondazioni minori nell'area impianto;
- strade e pavimentazioni;
- recinzioni.

Le opere a mare sono funzione della tipologia di accosto previsto in fase progettuale e possono essere riassunte con quanto segue:

- piattaforma di scarico delle metaniere;
- pontile di collegamento a terra dell'isola di scarico
- strutture di accosto ed ormeggio metaniere;
- passerelle pedonali di collegamento delle strutture di ormeggio ed accosto.

Per la realizzazione di un terminal GNL che comprende serbatoi di gas naturale liquefatto, aree e banchine per lo scarico, aree per il rifornimento dei mezzi stradali e aree di controllo, sono necessari interventi e infrastrutture accessorie per il corretto funzionamento dell'intera struttura. Tra questi è possibile tenere di conto:

- sistema aria compressa;
- sistema azoto;
- sistema acqua servizi;
- gruppi elettrogeni e sistema di alimentazione gas combustibile;
- sistema di presa mare e alimentazione acqua ai vaporizzatori;
- sistema recupero, stoccaggio e neutralizzazione acqua demineralizzata
- sistema blow-down<sup>1</sup>;
- sistema antincendio;

---

<sup>1</sup> Sistema per raccogliere e convogliare gli scarichi gassosi dalle valvole di sicurezza e dalle valvole di depressurizzazione dei serbatoi GNL e delle apparecchiature in pressione che non è possibile recuperare all'interno del condensatore di boil-off

- sistema elettrico;
- supervisione, controllo e strumentazione;
- sistema alimentazione energia elettrica.

Un aspetto importante e differente dalla “semplice” realizzazione delle infrastrutture civili lato terra, è quello relativo alle opere civili a mare composto da:

- Dragaggi per assicurare la profondità d'acqua necessaria alle navi metaniere nel canale di accesso e nel bacino di evoluzione.
- Strutture di accosto e ormeggio per le operazioni di scarico in sicurezza della metaniera;
- Eventuali strutture per lo scarico dalle metaniere, quali piattaforme di scarico, pontili di collegamento, passerelle pedonali e strutture per l'accosto in caso di pontili galleggianti.

L'intero terminal GNL si può concludere con la realizzazione di tutti gli edifici accessori necessari, quali:

- Guardiola
- Sala riunioni
- Sala calcolo
- Uffici direzione
- Uffici segreteria
- Uffici amministrativi
- Sale d'attesa
- Sala posta
- Ingresso
- Spogliatoi e servizi igienici
- Sala macchine
- Archivio

Il tutto dovrà essere collegato alle reti tradizionali e ai servizi aggiuntivi di sicurezza previsti per strutture industriali e operative come rilevatori di fumo, impianto di protezione scariche atmosferiche e gruppi di continuità per la sala calcolo.

# Caratteristiche aerali

Il paragrafo in oggetto, per essere completo, deve contenere le seguenti informazioni:

- Ubicazione

Questa informazione deve essere fornita attraverso l'indicazione delle coordinate geografiche del sito dove si andrà a realizzare il deposito costiero di GNL. Le coordinate, latitudine (N) e longitudine (E), dovranno essere scritte con un sistema di riferimento utilizzato usualmente, come ad esempio WGS84 (solitamente utilizzato dai sistemi GPS).

- Dati climatici

Le condizioni climatiche indicate sono le seguenti: temperatura e umidità (massima e minima per il periodo estivo e per il periodo invernale), l'umidità massima e minima, la pressione atmosferica di riferimento. Dovranno inoltre essere riportati i dati di pioggia (riferimento minimo 30 anni) con specificazione della media mensile.

- Cartografia e rilievo

Questo è uno dei paragrafi principali in quanto riporta le informazioni cartografiche dell'area d'intervento, ottenibili attraverso uno specifico rilievo delle aree.

Inoltre, il rilievo dovrà riportare non solo l'andamento planimetrico dell'area dove andrà a realizzarsi il deposito di GNL, ma dovrà essere realizzata anche un'indagine dei fondali nella porzione di specchio acqueo portuale interessata dall'intervento. Questo al fine di garantire alle navi di progetto (di cui dovrà essere definito il pescaggio massimo) di disporre di una profondità adeguata.

- Analisi specifiche

Le ulteriori analisi da realizzare riguardano le indagini geotecniche, al fine di caratterizzare il terreno su cui si andrà a costruire il deposito di GNL. Quindi dovrà essere allegata un'analisi che riporti i dati meteomarini per definire le condizioni meteomarine tipiche delle acque interessate al percorso delle navi in ingresso e in uscita, compresa l'imboccatura portuale. Si dovranno riportare i valori estremi del vento, delle onde estreme (in diversi punti del porto e in differenti direzioni di provenienza delle onde) e i valori estremi del livello marino.

- Analisi sismica

Questa rappresenta una analisi preliminare per individuare e valutare le sollecitazioni che si generano sul terreno con la realizzazione del deposito costiero.

Le analisi si svolgono tenendo in considerazione le indagini precedenti e alcune indagini supplementari, tra cui le indagini geotecniche per la definizione della stratificazione del terreno su cui valutare le sollecitazioni.

All'interno di questo paragrafo possono essere comprese tutte le indagini supplementari da allegare all'analisi di fattibilità del deposito costiero di GNL, tra cui analisi per la gestione dei rifiuti, per la prevenzione dei rischi accidentali e della sicurezza, per il rumore generato e per lo smaltimento delle acque prodotte. Tutte le analisi devono prevedere differenti scenari possibili, a partire dalla condizione iniziale di realizzazione dell'infrastruttura, passando poi per le fasi di esercizio e per le fasi emergenziali.

Di tutti queste analisi e dati dovranno essere riportate le fonti di provenienza dei dati e le eventuali strumentazioni utilizzate per effettuare le indagini.



# Analisi aggiuntive

Particolare importanza riveste l'analisi dell'infrastruttura circostante esistente (siti industriali, agglomerati urbani, vie di comunicazione, presenza di vegetazione) al fine di valutare i potenziali pericoli quali rischio di incendio, onde d'urto e inondazioni (es. rottura di dighe, argini, maremoti...). Nel caso di insediamenti industriali e/o civili già esistenti in prossimità della struttura, vanno valutati i potenziali rischi per la salute e la sicurezza della popolazione dovuti a possibili incendi a seguito di perdite di GNL o vapori di GNL stoccato.

Queste analisi possono però definirsi "classiche" in quanto gli aspetti di sicurezza dovranno essere necessariamente analizzati in quanto richiesti da normative specifiche.

Esistono analisi aggiuntive relative ad ambiti specifici che possono interessare sensibilmente il dimensionamento e la progettazione del terminal GNL e che implicano i collegamenti con l'esterno (viabilità e collegamenti via nave), gli aspetti ambientali e le successive attività di dismissione dell'infrastruttura.

## Studio impatto traffico

Possono inoltre essere realizzate analisi aggiuntive di grande interesse nell'ottica del commercio e della gestione dei flussi sia via mare che via terra dei mezzi. Queste analisi, di primaria importanza, studiano e valutano gli impatti che si generano sui traffici portuali in funzione alla creazione del deposito rispetto al quadro iniziale di valutazione.

Si concretizza nella realizzazione di uno stato di fatto iniziale dei traffici navali, con un'analisi delle merci in transito nel Porto in oggetto, e dei traffici stradali/ferroviari. Successivamente si analizzano gli impatti che si generano sui traffici portuali sia durante le fasi di costruzione che durante le fasi in esercizio.

L'impatto più consistente che si genera sul traffico via terra si avrà, probabilmente, in fase di costruzione per la movimentazione del materiale necessario nelle diverse attività di cantiere. Questo è dovuto alla nascita del traffico mezzi dovuto essenzialmente a:

- trasporti di materiale da cava;
- trasporti per conferimento a discarica di materiali di scavo non riutilizzabili;
- trasporto di materiali da costruzione;
- movimentazione degli addetti alle attività di costruzione.

L'analisi di questo aspetto si basa inoltre sull'individuazione della tipologia di mezzo, della motivazione per il transito e per la quantità di mezzi in transito (sia su base oraria che su base giornaliera).

Per quanto riguarda la valutazione dei mezzi in transito durante la fase di esercizio, si pone la necessità di considerare il dimensionamento dei serbatoi per avere una quantità massima di GNL da distribuire ai mezzi in transito. In funzione alla distribuzione di GNL prevista (differenziata sia per

i mezzi stradali che per le navi), potrà essere quantificati il numero di mezzi previsti e quindi che impatto si avrà sulle strade. Il numero di mezzi previsto deve risultare adeguato in funzione alle infrastrutture di collegamento presenti nel porto.

Mentre, l'impatto più consistente dell'opera sul traffico via mare si avrà in fase di esercizio e consisterà, complessivamente, nell'aumento del numero di navi in arrivo in funzione della stazza delle navi.

## Interazioni con l'ambiente

In questa analisi sono da analizzare le emissioni che si generano nell'ambito portuale sia durante le fasi di cantiere che durante le fasi di normale esercizio.

Le prime sono riconducibili a:

- Emissioni di inquinanti dai motori dei mezzi impiegati per la fase realizzativa (in considerazione del numero di mezzi e le relative potenze dei motori)
- Emissioni di polveri legate ai quantitativi terreni movimentati

Mentre per quanto riguarda le emissioni in esercizio, sono da considerare:

- Emissioni da parte dei motori a combustione interna. In condizioni di normale esercizio di prevede l'impiego di No. 2 motori.
- Emissioni associate alla corrente di azoto che serve a inertizzare il collettore di torcia: la portata di azoto rilasciata all'aria è stimata essere pari a circa 6.25 kg/ora.

Da queste valutazioni preliminari, relative all'impianto, vanno aggiunte le emissioni che si generano dal traffico indotto, riconducibili al traffico navale e al traffico stradale.

## Decommissioning e dismissione

Questa analisi mira a definire le fasi di decommissioning e dismissione dell'intero impianto, in previsione di uno smantellamento delle infrastrutture realizzate. L'obiettivo è quello di prevedere le fasi di dismissione dell'intero impianto, di smaltimento delle infrastrutture realizzate e di bonifica e decontaminazione delle aree.

La demolizione e lo smaltimento delle infrastrutture deve essere prevista per tutte le tipologie di strutture realizzate, con le differenti modalità costruttive (struttura portante in calcestruzzo, struttura metallica portante, opere interrato).

L'obiettivo è quello di ottenere un completo ripristino delle condizioni iniziali del sito, una volta verificato lo stato di qualità delle componenti ambientali interessate.

# Caratteristiche tecnico ingegneristiche del sito

Il sito destinato ad ospitare un terminal GNL deve avere le seguenti caratteristiche tecnico ingegneristiche:

Superficie per i serbatoi	La superficie è funzione della dimensione dell'area disponibile e della quantità di GNL da stoccare all'interno dei serbatoi. In caso di realizzazione di più serbatoi di piccole dimensioni, come ad esempio serbatoi che variano tra 1000 mc e 1500 mc, l'ingombro in pianta di ciascun serbatoio è pari a circa 60-100 mq. Questi valori sono indicativi e in caso di realizzazione di più serbatoi (come ad esempio 10), il valore totale è da raddoppiare vista la distanza da mantenere e lo spazio di cui necessitano tutti gli impianti aggiuntivi e i collegamenti necessari.
Superfici per il rifornimento dei mezzi	Per la creazione di zone dedicate al rifornimento dei mezzi stradali, è da prevedere una superficie pari a circa 1/10 di quella totale. Il rapporto indicato non è però da considerarsi fisso, ma è in funzione della conformazione generale dell'area che può portare a una modifica del rapporto.
Superfici accessorie	Per la realizzazione delle aree aggiuntive, si pone la necessità di garantire le distanze di sicurezza tra i componenti che possono portare a una maggiore occupazione del suolo.
Accosti	Gli accosti devono essere dimensionati in funzione della nave di progetto. Identificata la dimensione della nave di progetto, sarà possibile identificare la lunghezza dell'accosto (grazie alla lunghezza della nave) e il fondale minimo necessari all'attracco (grazie al pescaggio a pieno carico). In caso di dimensione maggiore della banchina a disposizione si può prevedere più accosti.
Collegamenti stradali	I collegamenti stradali sono diretta conseguenza dell'analisi dei flussi generati dalla realizzazione di una

	<p>stazione di rifornimento per i mezzi su ruota. L'incremento del traffico che si genera deve essere recepito dalla viabilità presente, senza la creazione di file o altri problemi di tipo logistico e di sicurezza. L'area per il rifornimento dei mezzi deve essere facilmente accessibile dalla viabilità ordinaria e, se l'area si affaccia su una strada molto frequentata, è da valutare se sia funzionale (e a vantaggio della sicurezza) un ingresso dedicato ai mezzi stradali differenziato.</p>
<p>Collegamenti via mare</p>	<p>I collegamenti via mare seguono l'analisi dei flussi generati e devono tenere di conto della profondità dei fondali a disposizione per le <i>LNG tanker</i> di progetto.</p>

Tabella 2 Caratteristiche tecniche

## Bibliografia e sitografia