



# LNG Logistics Monfalcone, Italia

## Distribuzione GNL in Regione Friuli-Venezia Giulia

### Ubicazione nave madre e sistema di ormeggio

Doc. No. P0030812-1-H3 Rev. 0 - Agosto 2022

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
0	Prima Emissione	N. Vattuone	A. Rossi	A. Lo Nigro	05/08/2022

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

## INDICE

	Pag.
<b>LISTA DELLE TABELLE</b>	<b>2</b>
<b>LISTA DELLE FIGURE</b>	<b>2</b>
<b>ABBREVIAZIONI E ACRONIMI</b>	<b>3</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b>	<b>4</b>
<b>2 SCOPO DEL DOCUMENTO</b>	<b>5</b>
<b>3 CARATTERIZZAZIONE AREA PER ORMEGGIO NAVE MADRE</b>	<b>6</b>
3.1 NAVE MADRE	6
3.2 IDENTIFICAZIONE AREA OFFSHORE	6
3.3 CONDIZIONI METEO NELL'AREA INDIVIDUATA	10
3.3.1 Vento	10
3.3.2 Onde	11
3.3.3 Corrente	12
3.4 VALUTAZIONE PRELIMINARE AREA DI SICUREZZA	13
<b>4 DEFINIZIONE DEL SISTEMA DI ORMEGGIO PER NAVE MADRE</b>	<b>16</b>
4.1 PRESENTAZIONE SISTEMI DI ORMEGGIO OFFSHORE	16
4.2 SISTEMI SPREAD MOORING	16
4.3 SISTEMI SINGLE POINT MOORING	17
4.3.1 Torretta (interna/esterna)	17
4.3.2 CALM	18
4.3.3 Tower Yoke	19
4.4 SELEZIONE DEL SISTEMA DI ORMEGGIO	20
4.5 DEFINIZIONE DI UN LAYOUT DI ORMEGGIO PRELIMINARE	21
<b>5 CONCLUSIONI</b>	<b>23</b>
<b>REFERENZE</b>	<b>24</b>

## LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3-1: Caratteristiche principali della nave madre	6
Tabella 3-2: Distribuzione annuale delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento	10
Tabella 3-3: Valori Estremi Omnidirezionali della Velocità del Vento	11
Tabella 3-4: Distribuzione annuale delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda	11
Tabella 3-5: Valori Estremi Omnidirezionali dell'Altezza d'Onda	12
Tabella 3-6: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale	12
Tabella 3-7: Valori Estremi Omnidirezionali di Velocità di Corrente	13
Tabella 3-8: Confronto delle aree di sicurezza predisposte attorno ad Adriatic LNG e FSRU Toscana	15

## LISTA DELLE FIGURE

Figura 1-1: Porto di Monfalcone ed indicazione della banchina Molino Casillo	4
Figura 3-1: Specchio acqueo antistante la costa friulana e veneta	7
Figura 3-2: Profondità del fondale nello specchio acqueo davanti alla costa friulana/veneta	8
Figura 3-3: Corridoi di traffico nello specchio acqueo antistante la costa friulana/veneta	8
Figura 3-4: Posizionamento della nave madre rispetto ai principali corridoi di traffico	9
Figura 3-5: Posizionamento della nave madre rispetto alla batimetria dell'area	9
Figura 3-6: Rosa Annuale del Vento	10
Figura 3-7: Rosa Annuale delle Onde	12
Figura 3-8: Rosa Annuale di Corrente Superficiale	13
Figura 3-9: Terminale Adriatic LNG	14
Figura 3-10: Terminale FSRU Toscana	15
Figura 4-1: Esempio di sistema CBM	16
Figura 4-2: Tipico layout di Torretta Esterna (sinistra) e Torretta Interna (destra)	17
Figura 4-3: Esempio di Submerged Turret Loading	18
Figura 4-4: Layout tipico di un sistema CALM	19
Figura 4-5: Esempio di Tower Yoke (FSRU Lampung)	19
Figura 4-6: Esempio di Submerged Swivel and Yoke	20
Figura 4-7: Layout del sistema "STS Mooring Buoy "proprietà di Orwell Offshore"	21
Figura 4-8: Layout preliminare di ormeggio della shuttle tanker alla nave madre	22
Figura 5-1: Posizionamento della nave madre	23
Figura 4-7: Layout del sistema "STS Mooring Buoy "proprietà di Orwell Offshore"	23

## ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

<b>CLIENTE</b>	LNG Logistics
<b>PROGETTO</b>	Distribuzione GNL in Regione Friuli-Venezia Giulia

<b>ATBA</b>	Area To Be Avoided
<b>CALM</b>	Cathenary Anchor Leg Mooring
<b>FLNG</b>	Floating Liquefied Natural Gas
<b>FPSO</b>	Floating Production Storage Offloading
<b>FSRU</b>	Floating Storage Regasification Unit
<b>FSU</b>	Floating Storage Unit
<b>GNL</b>	Gas Naturale Liquefatto
<b>HSE</b>	Health and Safety Exclusive
<b>MPM</b>	Multi-Point Mooring
<b>SPM</b>	Single Point Mooring
<b>SSY</b>	Submerged Swivel and Yoke
<b>STL</b>	Submerged Turret Loading

## 1 INTRODUZIONE

La società costituenda LNG LOGISTICS, cui soci fondatori sono SBE-VARVIT, DANIELI, ACCIAIERIE VENETE e MOLINO CASILLO, si farà carico di gestire l'importazione e la distribuzione di gas naturale liquefatto a imprese manifatturiere del Nord-Est Italia, grandi consumatrici di gas naturale. Tale iniziativa ha lo scopo di contribuire in maniera significativa al raggiungimento dell'indipendenza dalle forniture di gas dalla Russia, con un target di distribuzione di gas ai consumatori finali pari a 1 bcm/anno.

RINA è stata selezionata per condurre le verifiche tecniche necessarie per verificare la fattibilità del progetto, coprendo diverse tematiche all'interno dell'intero ciclo logistico considerato.

Il progetto consiste dei seguenti elementi chiave:

- ✓ Una nave madre (di taglia pari a 145,000 m<sup>3</sup> di GNL stoccato) ormeggiata al largo della rada di Monfalcone e della costa veneto-friulana. Il rifornimento di GNL a tale nave verrà garantito da una nave gasiera, non tratta in questo progetto;
- ✓ Una "shuttle carrier" (di taglia pari a 12,000 m<sup>3</sup> di GNL stoccato) adibita al trasporto di GNL dalla nave madre a terra;
- ✓ Una banchina per il trasferimento di GNL dalla shuttle carrier a terra. La banchina "Molino-Casillo", sita all'interno del porto di Monfalcone, è stata selezionata per questo scopo, avendo la possibilità di allaccio ad un collegamento ferroviario esistente. Un'immagine satellitare dell'area e della banchina è fornita nella seguente Figura 1-1:



**Figura 1-1: Porto di Monfalcone ed indicazione della banchina Molino Casillo**

- ✓ Un sistema di trasferimento del GNL installato sulla banchina, per permettere il riempimento di ISO-container dalla shuttle carrier ormeggiata. Gli ISO-container saranno poi caricati su treni per la distribuzione nell'area del Nord-Est Italia. Una parte del GNL sarà invece trasportata su gomma, con lo scopo di rifornire i clienti che si trovano in prossimità di Monfalcone;
- ✓ Cinque Hub (aree individuate: Udine, Verona, Padova, Brescia, Marzaglia) destinati ad accogliere gli ISO-container trasportati su rotaia e smistare il GNL capillarmente verso gli utenti finali. La tratta tra ciascun hub e l'utente finale sarà coperta da trasporto su gomma;
- ✓ Gli utenti finali, dove il GNL consegnato sarà rigassificato in loco e reso disponibile al loro stesso utilizzo.

La soluzione tecnica proposta è altamente flessibile, avente pertanto la potenzialità di essere adattata ad aree differenti con caratteristiche analoghe a quelle individuate per il terminale di Monfalcone.

---

## **2 SCOPO DEL DOCUMENTO**

Lo scopo di questo documento è determinare l'area più idonea per l'ormeggio offshore della nave madre, da selezionare nello specchio acqueo antistante la costa friulana e veneta del Mar Adriatico.

Inoltre, il presente documento introduce le principali tecnologie di ormeggio offshore attualmente disponibili sul mercato, confrontandone le principali caratteristiche e valutandone il più idoneo al progetto sulla base delle condizioni sito-specifiche dell'area identificata.

La metodologia seguita per entrambi gli obiettivi di cui sopra è dettagliata nei seguenti paragrafi.

### 3 CARATTERIZZAZIONE AREA PER ORMEGGIO NAVE MADRE

Il primo passo funzionale allo sviluppo del progetto è quello di identificare l'area idonea all'ormeggio della nave madre (avente capacità di trasporto pari a 145,000 m<sup>3</sup> di GNL) e dettagliarne le caratteristiche principali, affinché si possa impostare la scelta del sistema di ormeggio e le fasi successive del progetto.

La metodologia seguita per le analisi presentate in questo paragrafo si compone delle seguenti attività:

- ✓ Individuazione dell'area offshore più idonea all'ormeggio della nave madre, sulla base di alcuni parametri da rispettare (profondità del fondale, interazione con corridoi di traffico esistenti e aree protette);
- ✓ Definizione delle condizioni meteomarine (vento, onda e corrente) nell'area identificata (Ref. [1]);
- ✓ Determinazione di aree di sicurezza da predisporre intorno al terminale. Queste valutazioni sono state condotte analizzando sia simili terminali esistenti che eventuali normative e regolamentazioni internazionali applicabili al caso in esame.

Gli esiti di ciascuna analisi condotta sono presentati nei seguenti paragrafi, il primo dei quali è dedicato all'introduzione della nave gasiera identificata per il ruolo di nave madre.

#### 3.1 NAVE MADRE

La nave gasiera considerata in questa analisi è una imbarcazione individuata dal Cliente sul mercato, entrata in esercizio nel 2006.

Le caratteristiche principali di maggiore interesse per la presente trattazione sono introdotte nella seguente Tabella 3-1.

Tabella 3-1: Caratteristiche principali della nave madre

Caratteristica	Valore
Lunghezza fuoritutto [m]	283.1
Larghezza [m]	43.4
Altezza di costruzione [m]	26.0
Immersione massima [m]	12.4
Numero cisterne del carico	4
Capacità di stoccaggio massima [m <sup>3</sup> ]	145,611

#### 3.2 IDENTIFICAZIONE AREA OFFSHORE

La zona più idonea da dedicare all'ormeggio della nave madre è stata selezionata partendo da una vasta area del Mare Adriatico, situata di fronte alla costa veneta e friulana, rappresentata nella seguente Figura 3-1.



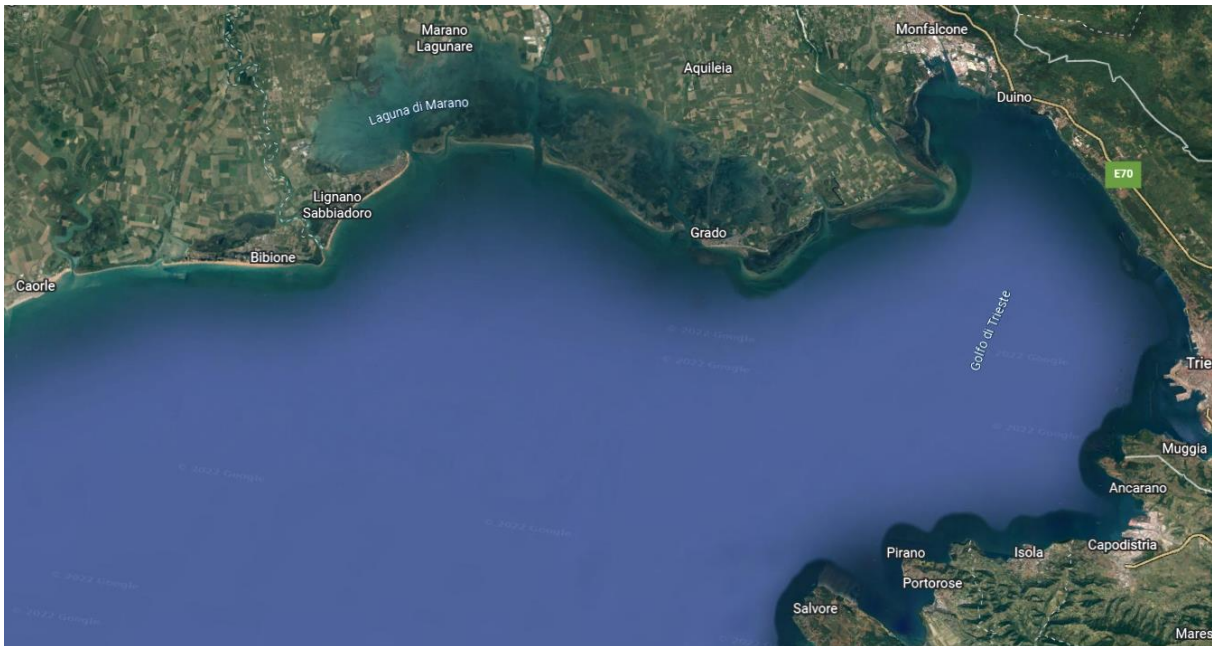


Figura 3-1: Specchio acqueo antistante la costa friulana e veneta

La selezione dell'area è stata condotta sulla base dei seguenti parametri:

- ✓ Disponibilità di fondale avente una profondità adeguata alla nave in oggetto;
- ✓ Non avere impatto sui corridoi di traffico esistenti;
- ✓ Non avere interferenza con le aree protette presenti.

La minima profondità necessaria per garantire la sicurezza della nave durante il suo esercizio è funzione della sua stessa immersione, riportata in Tabella 3-1. In particolare, esistono diverse linee guida e raccomandazioni internazionali che forniscono il valore minimo del franco sotto chiglia da garantire e da cui è possibile ricavare la minima profondità del fondale necessaria. Tuttavia, in questa fase dello studio, è stato ritenuto preferibile sfruttare la maggior profondità del fondale possibile nelle aree selezionate, per rendere meno limitante la scelta del sistema di ormeggio ed al fine di non escludere la possibilità che il rifornimento della nave madre possa essere eseguito anche da navi gasiere di taglia maggiore (e dunque maggior pescaggio). Pertanto, si è deciso di considerare una profondità minima finale del fondale pari a 20 m nella ricerca della zona più idonea allo scopo.

Questo valore è stato usato come input nell'analisi dei rilievi batimetrici. Un estratto delle carte nautiche utilizzate per questa attività e disponibile online su Navionics (Ref. [2]) è riportato nella seguente Figura 3-2.



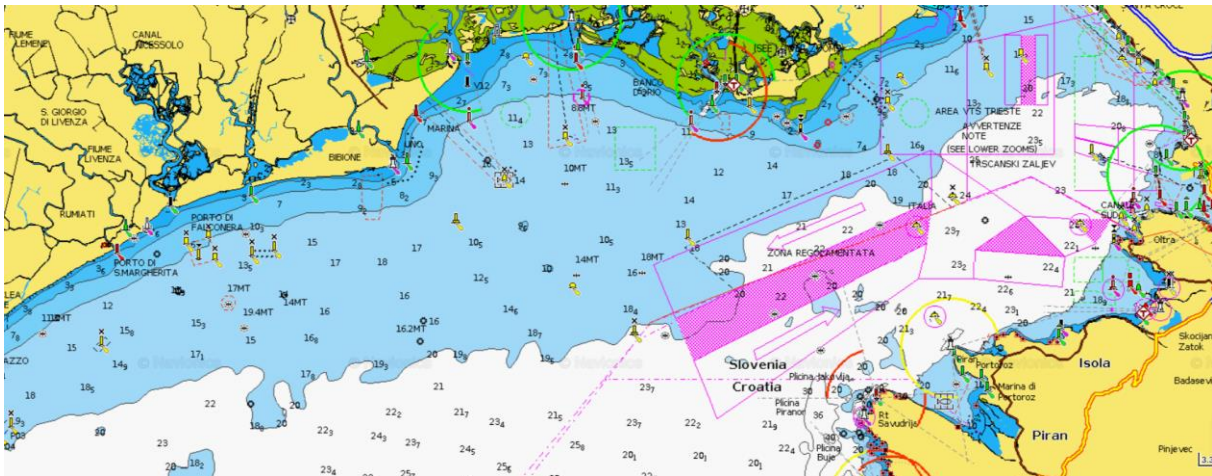


Figura 3-2: Profondità del fondale nello specchio acqueo davanti alla costa friulana/veneta

La linea che separa le aree azzurre da quelle bianche è il limite dei 20 m di profondità del fondale. Pertanto, l'area destinata ad accogliere l'ormeggio della nave madre è stata ricercata al di sotto di tale linea.

Il secondo parametro tenuto in considerazione è l'assenza di impatti sui traffici marittimi esistenti. Un'indicazione dei principali corridoi di traffico attualmente percorsi nell'area è fornita dal sito MarineTraffic (Ref. [3]). Il dato inerente all'area investigata in questa fase è fornito nella seguente figura.

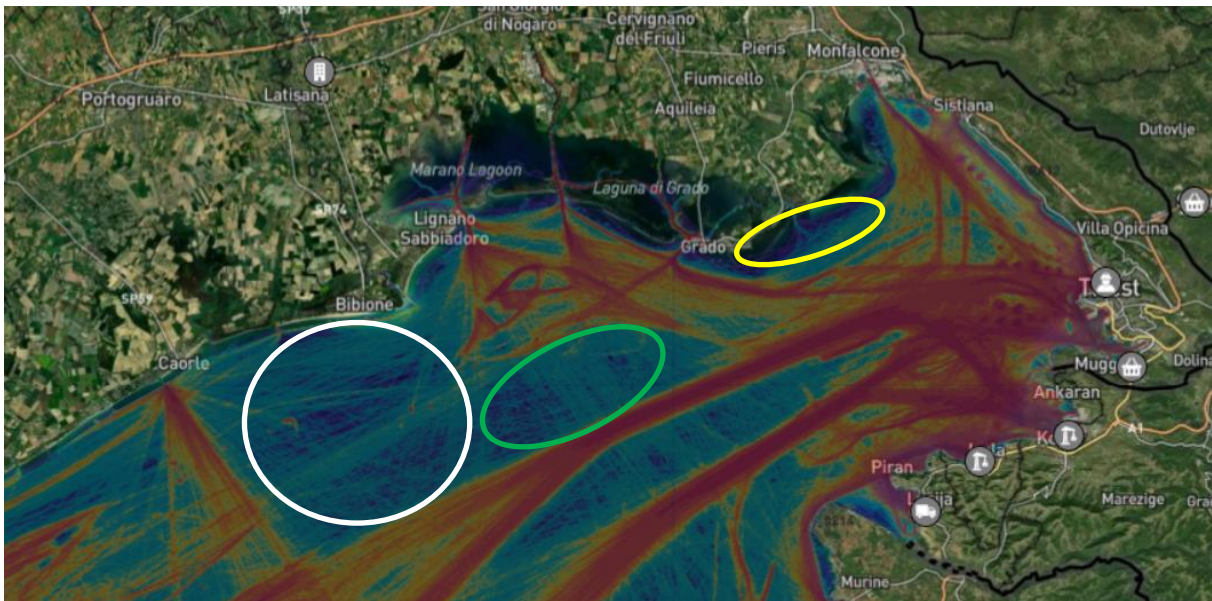


Figura 3-3: Corridoi di traffico nello specchio acqueo antistante la costa friulana/veneta

Si evince dall'immagine sopra che la zona di interesse risulta fortemente influenzata dai traffici che coinvolgono i porti di Monfalcone, Trieste, Lignano e Caorle e che li connettono con il Mar Adriatico. Al fine di minimizzare gli impatti sulle rotte esistenti, 3 aree principali possono essere identificate:

- ✓ La zona vicino a costa ad est di Grado, cerchiata in giallo. Questa zona è però caratterizzata da bassi fondali, non compatibili con le dimensioni della nave in oggetto (come confermato dai valori indicati in Figura 3-2);
- ✓ Minimi impatti sono garantiti anche nell'ampia zona che si affaccia sulla costa compresa tra Caorle e Bibione. L'area cerchiata in bianco si estende per quasi 16 km dalla costa e, in corrispondenza del corridoio di traffico sottostante, la profondità del fondale si aggira sui 20 m, pertanto in linea con le richieste del progetto;

- ✓ La terza zona con minor impatto sui traffici esistenti si trova al largo della costa di Lignano Sabbiadoro, ad una distanza da costa compresa tra i 10 ed i 18 km. La profondità del fondale in quest'area è tuttavia non sufficiente per l'ormeggio della nave madre, essendo l'immersione compresa tra i 10 ed i 15 m.

Il confronto delle tre aree identificate porta quindi a definire l'area a sud-ovest di Bibione come la preferibile, chiaramente ad una determinata distanza dalla costa per garantire la profondità del fondale necessaria. Inoltre, questa scelta è ulteriormente validata dal confronto con le posizioni delle aree protette all'interno della zona presa in esame: tale studio è riportato nel documento "Studio preliminare ambientale" (Ref. [4], dove si è proceduto con l'analisi delle principali interferenze ambientali (quali ad esempio aree naturali protette, Siti Natura 2000, Vincoli, etc.), determinando l'assenza di impatto per la posizione prescelta.

Alla luce delle evidenze emerse dalle analisi presentate in questo paragrafo, una vasta area a sud-ovest di Bibione è stata ritenuta idonea per l'ormeggio e l'esercizio della nave madre. All'interno di questa area, il posizionamento della nave madre è stato determinato trovando un compromesso tra la presenza di un fondale più profondo ed un'adeguata distanza dai corridoi di traffico esistenti.

La posizione finale della nave madre è a circa 15 km dalla costa di Bibione, in direzione sud-ovest. Tale area è mostrata nelle seguenti figure, che fanno riferimento sia alla carta nautica che ai corridoi di traffico esistenti.

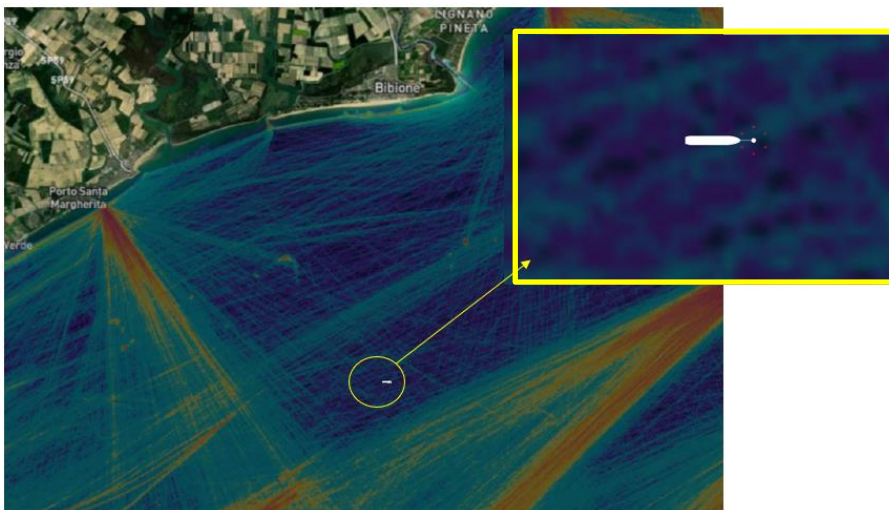


Figura 3-4: Posizionamento della nave madre rispetto ai principali corridoi di traffico

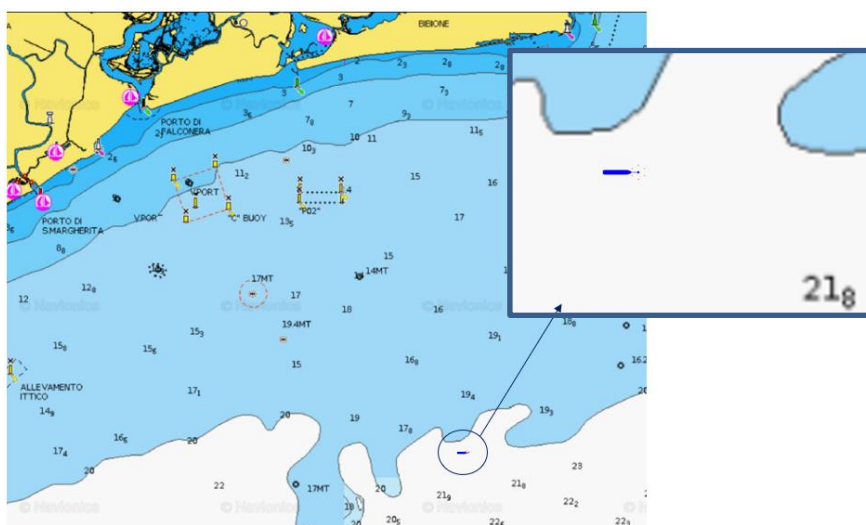


Figura 3-5: Posizionamento della nave madre rispetto alla batimetria dell'area

### 3.3 CONDIZIONI METEO NELL'AREA INDIVIDUATA

Una volta identificata la zona preferibile dove ormeggiare la nave madre, è stato condotto uno studio preliminare per definire le condizioni meteo nell'area. La descrizione dell'analisi condotta e una presentazione completa dei risultati ottenuti sono riportate nello studio meteomarinario (Ref. [1]), mentre in questo paragrafo sono riportati alcuni estratti.

#### 3.3.1 Vento

L'analisi dei dati relativi al vento ha portato a determinare la distribuzione delle frequenze di accadimento annuali della velocità rispetto alla direzione principale di provenienza. I risultati sono presentati sia in forma tabulare (Tabella 3-2) sia grafica (Figura 3-6).

Tabella 3-2: Distribuzione annuale delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento

Dir [N]	Velocità del vento (m/s) - Annuale ERA5 13.0°E 45.5°N												
	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	>27.50	TOT.
0	1.45	4.71	2.02	0.48	0.15	0.05	0.02	*	*				8.90
30	1.44	5.73	5.60	3.20	1.34	0.63	0.25	0.08	0.01	*	*		18.27
60	1.30	4.53	4.95	4.37	2.98	1.64	0.77	0.23	0.04	*			20.81
90	1.14	2.90	1.57	0.77	0.35	0.13	0.03	0.01					6.91
120	1.03	2.32	1.03	0.34	0.12	0.04	0.01	*		*	*		4.89
150	0.99	2.40	1.39	0.66	0.32	0.17	0.10	0.03	0.01	*	*		6.06
180	0.99	2.84	1.99	0.97	0.44	0.20	0.07	0.02	0.01	*	*		7.52
210	1.02	2.99	1.94	0.71	0.31	0.11	0.02	*	*				7.11
240	1.09	2.76	1.42	0.44	0.14	0.03	*	*					5.88
270	1.19	2.37	0.68	0.12	0.02	*	*	*					4.39
300	1.28	2.31	0.42	0.06	0.01	*	*						4.08
330	1.40	3.05	0.63	0.08	0.02	0.01	*						5.18
TOT.	14.31	38.91	23.63	12.20	6.20	3.01	1.28	0.37	0.06	0.01	*		100.00

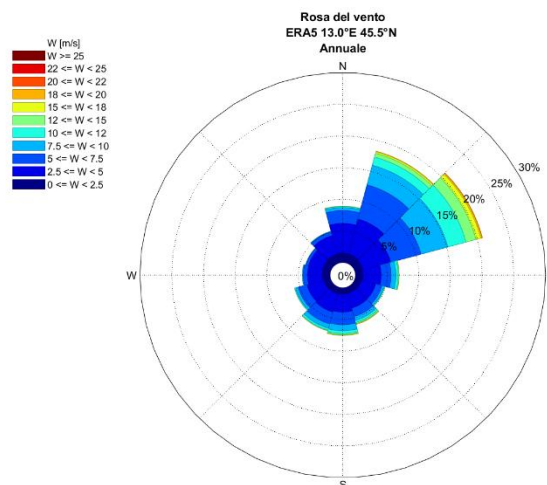


Figura 3-6: Rosa Annuale del Vento



Dai dati sopra presentati si evince che circa il 52% degli eventi registrati è contraddistinto da velocità inferiori o uguali ai 5 m/s, mentre il 99% approssimativamente dei casi ha una velocità inferiori o uguale ai 17.5 m/s. Per quanto riguarda la direzione prevalente, la quasi totalità delle registrazioni proviene dal settore NE.

Infine, sono stati ricavati anche i valori estremi della velocità del vento per tutte le direzioni esaminate, riferiti ad un vento di durata pari a 10 minuti e misurato alla quota di 10 m dal livello del mare. Questi valori sono stati riferiti a diversi periodi di ritorno (1, 10, 50 e 100 anni).

**Tabella 3-3: Valori Estremi Omnidirezionali della Velocità del Vento**

Dir (°N)	Periodo di Ritorno (anni)			
	1	10	50	100
	W_10' (m/s)	W_10' (m/s)	W_10' (m/s)	W_10' (m/s)
OMNI	24.8	27.6	29.5	30.2

### 3.3.2 Onde

Analogamente al precedente paragrafo, i dati inerenti al regime ondoso presente nell'area selezionata sono stati analizzati, ricavando la percentuale di accadimento annuale di altezza d'onda rispetto alla direzione di provenienza. I valori sono riportati di seguito, sia in Tabella 3-5 che in Figura 3-7.

**Tabella 3-4: Distribuzione annuale delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda**

Dir [N]	Hs (m) - Annuale Offshore Bibione															TOT.
	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	>5.5	
0	0.82	0.08	0.02	0.01	0.01	*										0.94
30	2.98	0.95	0.39	0.17	0.11	0.04	0.01	*								4.65
60	9.04	5.00	3.02	2.09	1.39	0.94	0.59	0.29	0.02							22.38
90	4.30	1.94	1.10	0.61	0.30	0.12	0.07	0.04	*	*						8.49
120	3.89	1.30	0.54	0.18	0.09	0.08	0.02	0.01	*							6.13
150	13.91	6.16	2.70	1.42	0.80	0.47	0.34	0.36	0.15	0.05	0.02	*	*	*		26.39
180	11.16	3.82	1.67	0.80	0.45	0.26	0.15	0.14	0.04	0.01	*	*				18.51
210	7.40	0.73	0.31	0.15	0.07	0.04	0.01	0.01								8.71
240	2.14	0.12	0.02	*	*											2.28
270	0.60	0.03	0.01	*												0.64
300	0.39	0.02	*													0.42
330	0.43	0.02	0.01													0.46
TOT.	57.07	20.17	9.79	5.44	3.23	1.95	1.19	0.86	0.21	0.06	0.02	*	*	*		100.00

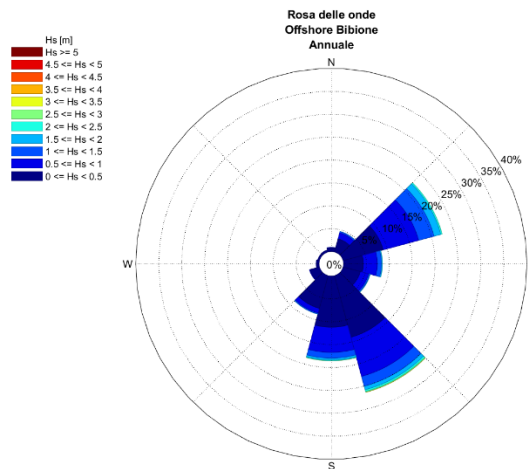


Figura 3-7: Rosa Annuale delle Onde

I dati mostrano che il 57% degli eventi è caratterizzato da onde aventi altezza significativa inferiore o uguale a 0.5 m, mentre il 99% dei casi sono costituiti da onde con altezza significativa inferiore ai 2 m. Le direzioni prevalenti delle onde sono da SE e NE.

Per quanto concerne i valori estremi delle onde, espressi in termini di altezza significativa e periodo di picco corrispondente, essi sono stati calcolati per i periodo di ritorno dei 1, 10, 50 e 100 anni.

Tabella 3-5: Valori Estremi Omnidirezionali dell'Altezza d'Onda

Dir (°N)	Periodo di Ritorno (anni)							
	1		10		50		100	
	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)
OMNI	4.0	7.8	4.9	8.7	5.6	9.3	5.9	9.5

### 3.3.3 Corrente

Gli ultimi dati meteorologici di interesse per questo documento sono riferiti alla corrente agente nella zona sotto esame. In analogia con i precedenti paragrafi, è stata ottenuta la distribuzione delle frequenze di accadimento annuali della velocità della corrente rispetto alla direzione di propagazione. I risultati sono riportati di seguito.

Tabella 3-6: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale

Dir [N]	Velocità di corrente (m/s) - Annuale Offshore Bibione													
	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	>0.65	TOT.
0	3.02	0.37	0.11	0.03	0.01	*	*							3.54
30	2.97	0.44	0.12	0.03	0.01	*	*							3.58
60	3.76	0.47	0.15	0.03	*	*								4.41
90	4.24	0.60	0.14	0.03	0.01									5.01
120	3.71	0.55	0.13	0.03	*									4.43
150	4.08	0.62	0.16	0.03	*	*								4.89
180	5.77	1.18	0.38	0.06	0.01	*								7.40
210	11.03	3.31	1.02	0.20	0.04	0.01	0.01	*	*	*		*	*	15.63

Dir [N]	Velocità di corrente (m/s) - Annuale Offshore Bibione													
	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	>0.65	TOT.
240	16.93	4.32	1.55	0.45	0.13	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	*	*	*	23.50
270	11.77	2.63	1.07	0.44	0.18	0.10	0.05	0.02	0.01	0.01	*			16.27
300	5.68	0.96	0.32	0.11	0.04	0.01	*	*	*	*	*			7.13
330	3.66	0.40	0.11	0.02	*	*	*	*						4.20
TOT.	76.62	15.86	5.27	1.46	0.42	0.19	0.09	0.05	0.02	0.01	*	*	*	100.00

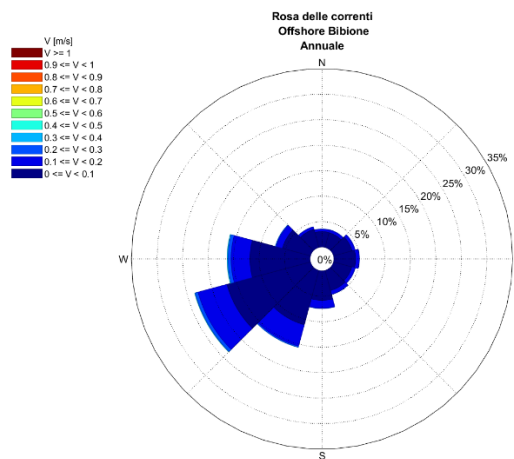


Figura 3-8: Rosa Annuale di Corrente Superficiale

La velocità della corrente registrata nel 90% delle misurazioni raccolte risulta inferiore o uguale a 0.15 m/s, mentre il 99% degli eventi è caratterizzato da velocità inferiori o uguali a 0.25 m/s. Le correnti più intense si propagano lungo la direzione SW (55% circa degli eventi registrati).

Infine, nella seguente Tabella 3-7 sono riportati i valori estremi della velocità della corrente considerando tutte le direzioni di propagazione e per diversi periodi di ritorno.

Tabella 3-7: Valori Estremi Omnidirezionali di Velocità di Corrente

Dir(°N)	Velocità di Corrente Superficiale [m/s]			
	1	10	50	100
OMNI	0.51	0.63	0.71	0.75

### 3.4 VALUTAZIONE PRELIMINARE AREA DI SICUREZZA

Lo scopo di questo paragrafo è presentare i riferimenti a linee guida e raccomandazioni internazionali circa le aree di sicurezza da mantenere nell'intorno di terminali galleggianti. Inoltre, sono presentati anche i valori attualmente vigenti per alcune infrastrutture esistenti nelle acque italiane (FSRU Toscana, Adriatic LNG).

Per quanto riguarda le normative internazionali, non esistono molti riferimenti alle aree di sicurezza da mantenere intorno a terminali galleggianti (FSRU, FSU, FPSO, FLNG). Un'indicazione utile è però fornita dall'associazione inglese HSE (Health and Safety Executive) e più in particolare dalla pubblicazione "Safety zones around oil and gas installations in waters around the UK" (Ref. [5]). Questo documento raccomanda che un'area di sicurezza avente raggio 500 m dall'installazione oil/gas deve essere automaticamente stabilita intorno all'installazione stessa. Si precisa inoltre che le imbarcazioni di qualsiasi bandiera devono rispettare l'obbligo di non entrare all'interno dell'area, ad eccezione di alcune circostanze particolari. Lo scopo di questa zona di sicurezza è di proteggere le

persone che lavorano sull'installazione offshore (o nelle vicinanze) e l'installazione stessa da possibili danni causati da terzi (ad esempio collisioni).

Un esempio dell'applicazione di questa linea guida è rappresentato dalla FPSO Turritella, un terminale installato nel Golfo del Messico. Come riportato da informazioni trovate online (Ref. [6]), l'area di sicurezza ivi predisposta si estende per 500 m attorno alla poppa dell'unità navale, alla quale è permesso di ruotare lungo un arco di 360° attorno al suo sistema di ormeggio a punto fisso. All'interno della zona di sicurezza è permesso l'ingresso solo di imbarcazioni destinate al terminale stesso o autorizzate dalla Guardia Costiera competente.

Nel panorama italiano, non sono state riscontrate simili linee guida ma posso essere presi come riferimento alcuni esempi pratici di installazioni offshore esistenti ed operanti, come i casi di Adriatic LNG e della FSRU Toscana. Prima di presentare le aree di sicurezza previste per questi terminali, vale la pena di precisare che entrambi i terminali sopra citati prevedono la rigassifica del GNL e pertanto sono contraddistinti da una diversa operatività rispetto a quello oggetto di questo progetto.

Il terminal Adriatic LNG è situato ad una distanza di 15 km dalla costa veneta, al largo di Porto Viro (Rovigo). Il terminale, entrato in funzione nel 2009, è costituito da una struttura in cemento armato "Gravity-Based" che contiene due serbatoi per lo stoccaggio del gas naturale liquefatto (GNL) ed è dotato di un impianto di rigassificazione che permette di rigassificare una capacità di rigassifica pari a 8 miliardi di Sm<sup>3</sup> all'anno.



Figura 3-9: Terminale Adriatic LNG

Dal sito della società che opera il terminale è possibile ricavare un documento (Ref. [7]) che riporta le dimensioni e gli scopi delle principali aree di sicurezza predisposte intorno al terminale:

- ✓ La zona di sicurezza è rappresentata da un cerchio, di raggio due chilometri e centrato nel terminale, all'interno del quale sono interdette tutte le attività. Ogni attività all'interno della zona di sicurezza deve essere autorizzata dalla Capitaneria di Porto e da Adriatic LNG;
- ✓ La zona denominata "Area To Be Avoided" (ATBA) è un'area avente forma circolare, con raggio 1.5 miglia nautiche dal centro del terminale. L'ingresso in quest'area è vietato a tutte le navi con stazza lorda pari o superiore alle 200 tonnellate, ad eccezione di quelle destinate al terminale (per scarico GNL o legate all'operatività di terminale).

Il terminale FSRU Toscana si trova a 22 km dalla costa di Livorno e consiste in una nave gasiera (Golar Forst) convertita in nave rigassificatrice (FSRU, Floating Storage Regasification Unit). Le navi metaniere in arrivo si ormeggiano in side-by-side al terminale e scaricano il GNL che viene rigassificato a bordo del terminale e successivamente mandato a terra tramite una condotta sottomarina. La massima capacità annua di rigassificazione autorizzata del terminale è pari a 3.75 miliardi di Sm<sup>3</sup>.





Figura 3-10: Terminale FSRU Toscana

Le aree di sicurezza adibite attorno al terminale sono state definite e regolamentate dall'ordinanza 137/2013 emanata dalla Capitaneria di Porto di Livorno (Ref. [8]), che descrive le seguenti zone:

- ✓ Zona di interdizione totale: area circolare di raggio 2 miglia nautiche e centro nel terminale, all'interno della quale è vietata la navigazione, sosta, ancoraggio, pesca da parte di qualsiasi nave. L'ingresso in tale area è possibile solo per le navi destinate a scarica al terminale, coloro che ne assicurano l'operatività e qualsiasi altro mezzo nautico autorizzato dalla Capitaneria di Porto;
- ✓ Zona di limitazione: consiste in un settore circolare compreso tra le 2 e 4 miglia nautiche dalla posizione della FSRU, all'interno del quale è vietata qualsiasi attività a parte il passaggio in transito a velocità inferiori ai 10 nodi e con rotte rettilinee, impostate al di fuori della zona di interdizione totale;
- ✓ Zona di preavviso: questa terza area si estende fino a 8 miglia nautiche dal centro del terminale, pertanto copre un settore circolare tra le 4 e 8 miglia nautiche dalla FSRU Toscana. All'interno di quest'area è consentita la sosta per "comprovate necessità o emergenze".

I valori delle aree di sicurezza precedentemente introdotte sono riportati e messi a confronto nella seguente Tabella 3-8.

Tabella 3-8: Confronto delle aree di sicurezza predisposte attorno ad Adriatic LNG e FSRU Toscana

Terminale	Area 1 (raggio)	Area 2 (raggio)	Area 3 (raggio)
Adriatic LNG	2 km	2.8 km	-
FSRU Toscana	3.7 km	7.4 km	14.8 km

Confrontando i limiti dei terminali italiani con la normativa emessa da HSE si evince che le aree di sicurezza per le installazioni italiane risultano di dimensioni maggiori rispetto ai 500 m introdotti in questo paragrafo.

La posizione selezionata nel Paragrafo 3.2 si trova ad una distanza di circa tre km dal corridoio di traffico verso sud, quindi risulterebbe compatibile con parte delle dimensioni minime introdotte in precedenza. In alternativa, la posizione finale della nave madre può essere ottimizzata nell'intorno di quella identificata, garantendo comunque il rispetto dei vincoli di profondità fondale, interazione coi traffici e aree protette.

## 4 DEFINIZIONE DEL SISTEMA DI ORMEGGIO PER NAVE MADRE

Lo scopo di questo Paragrafo è di determinare il sistema di ormeggio più adatto per mantenere in posizione la nave madre all'interno dell'area selezionata nel precedente Paragrafo 3.

La definizione dell'area più idonea per la sistemazione della nave madre permette di ottenere alcune informazioni utili per determinare il sistema di ormeggio più adatto all'area ed alla nave in esame. In particolare, la profondità del fondale, le condizioni meteo nell'area di interesse e la tipologia di attività del terminale sono dati molto importanti per la scelta del sistema di ormeggio: alcune tecnologie potrebbero adattarsi meglio a queste condizioni, mentre altre potrebbero garantire un'operatività molto bassa o addirittura risultare non compatibili.

La metodologia seguita in questo paragrafo è la seguente:

- ✓ Introduzione dei principali sistemi di ormeggio disponibili sul mercato, con una breve descrizione delle loro caratteristiche;
- ✓ Individuazione del sistema di ormeggio più adatto alle esigenze del progetto ed alle caratteristiche dell'area individuata;
- ✓ Definizione di un layout di ormeggio preliminare delle unità (nave madre e shuttle tanker) ormeggiate al sistema prescelto
- ✓ Stima delle modifiche da effettuare a bordo della nave madre.

### 4.1 PRESENTAZIONE SISTEMI DI ORMEGGIO OFFSHORE

In generale, i sistemi di ormeggio offshore possono essere divisi in 2 tipologie: Spread Mooring e Single Point Mooring (SPM). La differenza principale tra i due sistemi consiste nella possibilità fornita dai sistemi SPM alla nave di ruotare intorno al sistema di ormeggio, permettendo pertanto alla nave di predisporre lungo le direzioni principali di azioni degli agenti meteorologici e pertanto minimizzare moti e carichi indotti.

### 4.2 SISTEMI SPREAD MOORING

I sistemi Spread Mooring o Multi-Point Mooring (MPM) sono stati per lungo tempo il sistema di ormeggio più utilizzato in ambito offshore. L'ormeggio è realizzato mediante la connessione di linee che partono dalle zone di poppa/prua della nave e si connettono alle ancore sul fondale marino. Il sistema prevede l'utilizzo di boe galleggianti che ricevono le linee della nave e sono a loro volta connesse con le ancora sul fondo.



Figura 4-1: Esempio di sistema CBM

Questo sistema non richiede modifiche strutturali alla nave e trova applicazione solitamente in aree con limitata profondità del fondale (fino a 40 m).

Tuttavia, il sistema non è usato per ormeggi a lungo termine ed è adeguato solamente in presenza di condizioni meteorologiche benevole. Inoltre, non c'è possibilità per la nave di ruotarsi lungo la direzione prevalente degli agenti meteorologici e quindi il sistema è adatto per aree soggette ad eventi monodirezionali. Infine, la presenza dei cavi

di ancoraggio dalla nave alle boe rende più difficoltosa e delicata la manovra di avvicinamento in side-by-side di altre navi.

### 4.3 SISTEMI SINGLE POINT MOORING

Come accennato in precedenza, i sistemi SPM garantiscono alla nave di poter ruotare intorno ad un punto fisso, permettendo dunque di sistemarsi lungo la direzione prevalente degli agenti meteomari e minimizzare i carichi agenti sulla nave.

I principali sistemi SPM possono essere schematizzati nelle seguenti tipologie, all'interno delle quali sono comunemente presenti diverse soluzioni:

- ✓ Torretta (interna ed esterna)
- ✓ CALM (Cathenary Anchor Leg Mooring)
- ✓ Tower Yoke

Le loro principali caratteristiche sono introdotte nei seguenti sottoparagrafi.

#### 4.3.1 Torretta (interna/esterna)

Questo sistema consiste in una torretta permanentemente ancorata al fondale marino mediante linee di ancoraggio (solitamente 6-8) e dotata di un cuscinetto che permette alla nave di ruotare attorno ad esso. Questo sistema è consigliato in caso di condizioni meteomarine molto severe.

La torretta può essere interna o esterna alla struttura della nave:

- ✓ La torretta interna è un sistema integrato all'interno della struttura della nave, generalmente nella sua zona prodiera. Questo implica significative modifiche alla struttura della nave, ma permette al sistema di poter operare anche in condizioni meteomarine più gravose della torretta esterna;
- ✓ La torretta esterna è collegata allo scafo della nave mediante una struttura che si attacca rigidamente alle strutture della prora e questo permette di minimizzare i tempi per l'installazione rispetto alla torretta interna. Analogamente questo sistema risulta meno costoso rispetto alla torretta interna.

Un esempio schematico di questi due sistemi è rappresentato nella seguente Figura 4-2.

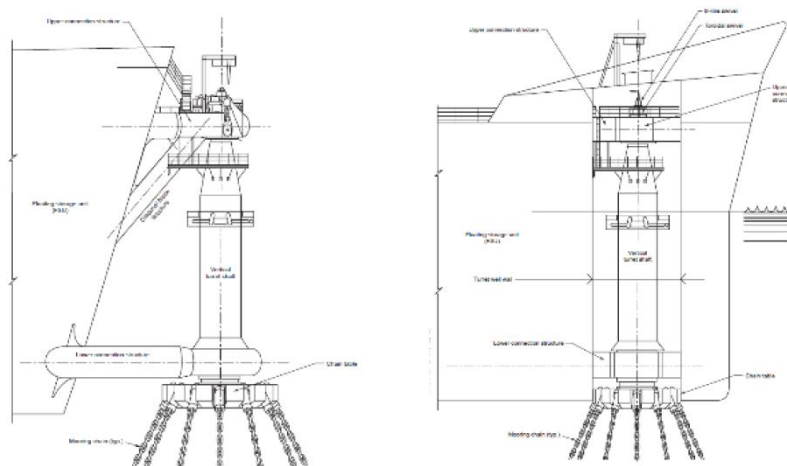
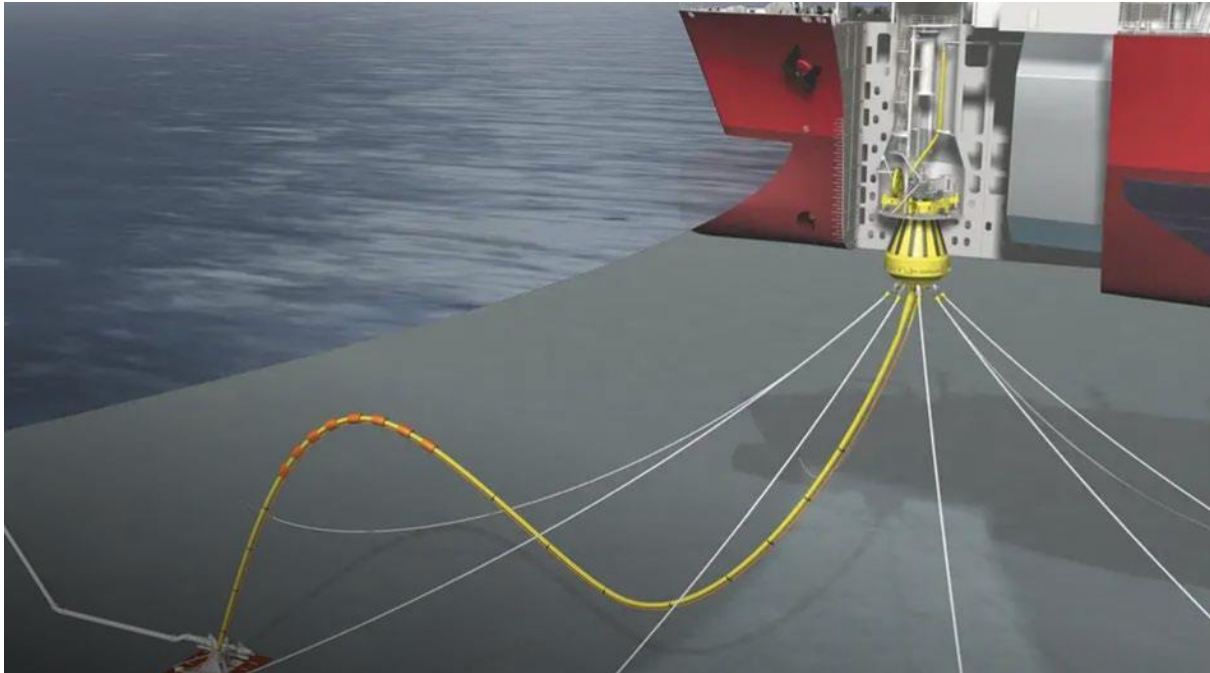


Figura 4-2: Tipico layout di Torretta Esterna (sinistra) e Torretta Interna (destra)

Questo tipo di sistema è particolarmente indicato per ormeggi in aree caratterizzate da profondità superiori a 40 metri, mentre profondità minori renderebbero più complicata una corretta disposizione delle linee d'ormeggio.

Una soluzione alternativa è rappresentata dal "Submerged Turret Loading" (STL), sistema che consiste in una boa ancorata al fondale marino ed un cono di accoppiamento che si trova nella zona prodiera della nave e si estende dal fondo al ponte. All'interno del corpo boa sono presenti delle casse di zavorra che permettono alla struttura di

galleggiare ad una profondità approssimativamente compresa tra i 30 ed i 50 metri, quando la nave non vi è ormeggiata.



**Figura 4-3: Esempio di Submerged Turret Loading**

Il sistema, analogamente alla torretta, è compatibile con fondali aventi profondità superiori a 35 m e può sopportare significative altezze d'onda. È evidente che lo scafo debba sottoporsi ad interventi estensivi per le modifiche strutturali necessarie ad ospitare il sistema.

#### 4.3.2 CALM

Il sistema CALM consiste in una boa galleggiante che è collegata ad ancore sul fondale mediante un sistema di catene. La boa è dotata di una parte rotante al di sopra del livello dell'acqua che è in grado di ruotare attorno all'asse verticale; proprio questa parte è legata mediante una linea alla nave e le garantisce la possibilità di muoversi intorno alla boa stessa. Questa soluzione non comporta modifiche strutturali alla nave ormeggiata e garantisce una rapida disconnettibilità.

Questo sistema di ormeggio non garantisce le prestazioni per condizioni meteomarine gravose come nel caso della torretta. Per aumentare le soglie di operabilità, è possibile introdurre un sistema rigido come collegamento tra la nave e la boa, come ad esempio uno yoke, il quale però implica modifiche strutturali dello scafo (nella zona di prora) ed elimina la possibilità di rapida disconnessione.

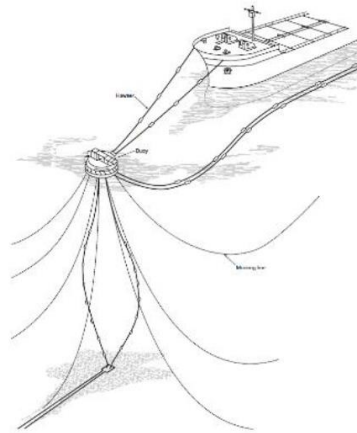


Figura 4-4: Layout tipico di un sistema CALM

### 4.3.3 Tower Yoke

Il sistema "Tower Yoke" è costituito da una struttura a torretta fissata sul fondale marino e da uno yoke di connessione tra l'FSRU e la torretta stessa. Lo yoke presenta una struttura a telaio posizionata nella parte prodiera della nave, che normalmente viene progettata e costruita dal fornitore del sistema di ormeggio e viene installata in cantiere.



Figura 4-5: Esempio di Tower Yoke (FSRU Lampung)

Questo sistema è compatibile per bassi fondali (da 15 a 35 metri) e per aree caratterizzate da altezze d'onda significative inferiori a 8 m. L'installazione di questa soluzione implica modifiche alla struttura prodiera della nave, finalizzate a renderla compatibile alla ricezione dello yoke. Tali modifiche sono contenute sia nei tempi che nei costi rispetto alla soluzione torretta.

Una variante di questa soluzione è rappresentata dal sistema "Submerged Swivel and Yoke" (SSY), il quale prevede che sia lo yoke che il resto del sistema siano interamente sommersi. La nave è ormeggiata a questa struttura sottomarina tramite delle catene calate verticalmente da due strutture d'ormeggio installate a prua e collegate allo yoke, il cui peso serve a mantenere la nave in posizione.



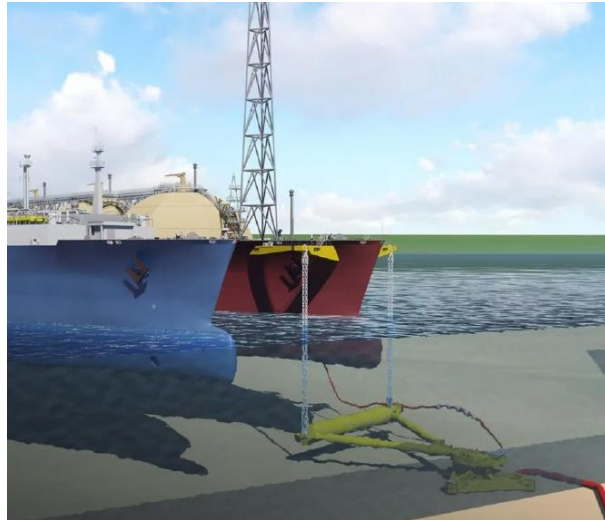


Figura 4-6: Esempio di Submerged Swivel and Yoke

Analogamente al Tower Yoke, il sistema è compatibile con fondali da 15 a 50 m e un'altezza d'onda significativa fino a 8 metri. Anche in questo caso sono necessarie modifiche nella zona prodiera della nave.

#### 4.4 SELEZIONE DEL SISTEMA DI ORMEGGIO

La selezione del sistema di ormeggio più adatto per il progetto in esame si basa su diversi parametri, i principali dei quali sono le condizioni meteomarine in loco, la profondità del fondale nella zona di interesse e la tipologia di operazione da effettuarsi. In aggiunta, è corretto dare il giusto peso ad ulteriori fattori che assumono rilevanza nel progetto, ovvero la capacità di rapida disconnessione del sistema e la minimizzazione dei tempi di attesa per la messa in esercizio del terminale.

Le condizioni meteomarine della zona individuata, richiamate nel Paragrafo 3.3, conducono alle seguenti considerazioni:

- ✓ Per il vento (Figura 3-6) non si può definire una direzione prevalente, poiché le probabilità associate alle direzioni esaminate sono costanti per quasi tutta la rosa;
- ✓ Per le onde (Figura 3-7), esistono due direzioni prevalenti, da SE e NE.

Queste valutazioni non permettono di definire direzioni prevalenti degli agenti meteomarini e dunque portano ad escludere le soluzioni Spread Mooring. Tale tecnologia risulta inoltre rischiosa in caso di ormeggi in side-by-side, che invece sono molto frequenti per il progetto in esame.

La profondità del fondale nell'area di interesse non è estesa e si aggira intorno ai 20 m. Questo rende i sistemi a torretta non applicabili all'iniziativa proposta.

Per garantire una rapida disconnessione della nave madre dal sistema di ormeggio, la soluzione preferibile consiste nella CALM buoy, la quale garantisce anche un minore impatto sia in termini di tempistiche di approvvigionamento del sistema sia di installazione. Inoltre, le modifiche da apportare alla nave madre sono minime se non assenti: le uniche valutazioni da effettuare (in una fase successiva del progetto) si incentrano sulle capacità del sistema di ormeggio a prora della nave, il quale deve essere dimensionato per ricevere il cavo di ormeggio dalla boa e garantirne la connessione.

Pertanto, questo sistema di ormeggio è stato ritenuto il più adatto alle esigenze del progetto.

Un esempio di questa tecnologia è il modello sviluppato dalla società Orwell Offshore e denominato "STS Mooring buoy", una cui rappresentazione è riportata di seguito.



Figura 4-7: Layout del sistema "STS Mooring Buoy "proprietà di Orwell Offshore"

Questo sistema è già stato sviluppato per altre installazioni nel campo Oil&Gas.

Il sistema consiste in una boa, a cui la nave è connessa mediante un cavo di ormeggio opportunamente dimensionato. La boa a sua volta è collegata mediante catene ad un numero di ancore (da determinare durante la fase di progettazione, generalmente tra 4 e 6) fissate sul fondale. Grazie a questo sistema, la nave è libera di ruotare attorno al punto fisso e disporsi lungo la direzione che minimizza l'impatto delle condizioni ambientali. L'ormeggio della shuttle tanker e della nave gasiera rifornitrice avviene in configurazione "side-by-side".

Ulteriori ottimizzazioni del sistema (tra cui una maggior facilità nella disconnessione) dovranno essere studiate nel dettaglio nelle successive fasi del progetto.

#### 4.5 DEFINIZIONE DI UN LAYOUT DI ORMEGGIO PRELIMINARE

Una volta definita l'area di installazione del sistema di ormeggio e la tipologia di ormeggio a punto fisso, è possibile definire un layout preliminare di ormeggio per la shuttle tanker alla nave madre.

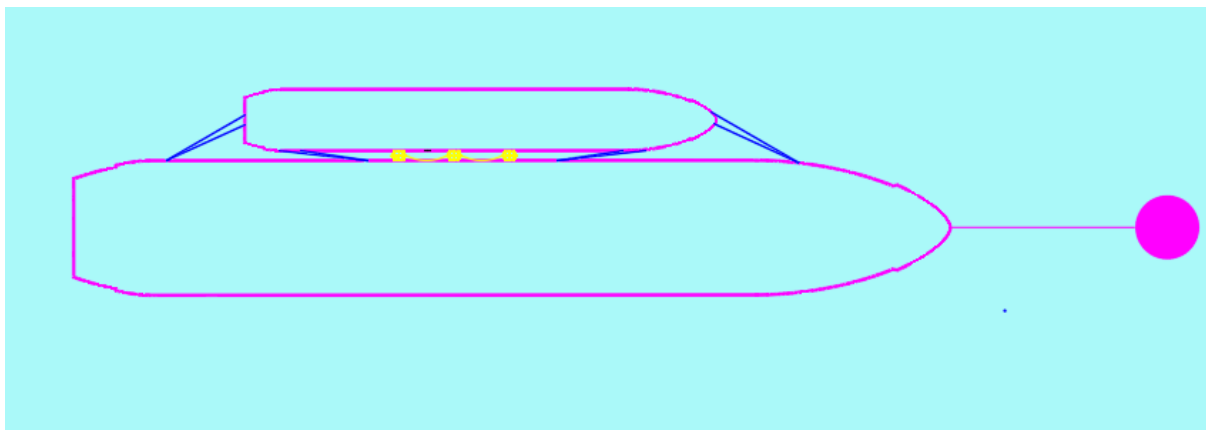
Allo stato attuale del progetto non sono note le principali caratteristiche di entrambe le navi per quanto riguarda gli arredi di ormeggio, né eventuali modifiche che dovranno essere effettuate a bordo delle unità.

Il layout di ormeggio prodotto tiene dunque conto delle principali linee guida emanate in ambito navale e di situazioni simili in ambito Oil&Gas. Sono state preliminarmente considerate in questa fase 8 linee per mantenere la shuttle tanker in posizione accanto alla nave madre, distribuite come segue:

- ✓ 2 cavi di prora;
- ✓ 4 cavi al traverso;
- ✓ 2 cavi di poppa.

Il layout di ormeggio risultante è proposto nella seguente Figura 4-8.





**Figura 4-8: Layout preliminare di ormeggio della shuttle tanker alla nave madre**

Bisogna precisare che il layout proposto è preliminare e dovrà essere sottoposto ad una più approfondita analisi nella fasi successive del progetto.

## 5 CONCLUSIONI

Questo documento presenta i risultati e le osservazioni emerse nello studio condotto per determinare la posizione offshore della nave madre ed il sistema di ormeggio più idoneo all'area selezionata.

La posizione offshore della nave madre è stata selezionata tenendo conto dei seguenti vincoli fondamentali:

- ✓ Disponibilità di fondale avente una profondità adeguata alla nave in oggetto;
- ✓ Non avere impatto sui corridoi di traffico esistenti;
- ✓ Non avere interferenza con le aree protette presenti.

Una vasta area a 15 km circa a sud ovest di Bibione è risultata compatibile a questi parametri, ed al suo interno è stato deciso di posizionare la nave madre ed il suo sistema di ormeggio.

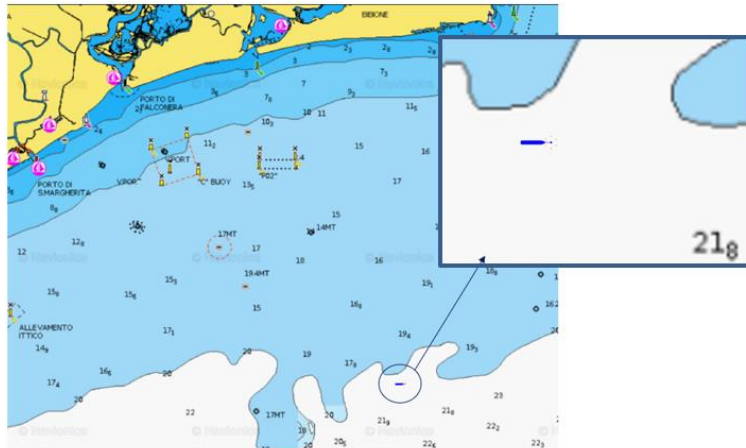


Figura 5-1: Posizionamento della nave madre

Questa area è contraddistinta da spazi sufficienti per predisporre aree di sicurezza intorno all'installazione e le condizioni meteo (vento, onda e corrente) dell'area sono state analizzate.

Il sistema di ormeggio più idoneo per l'area selezionata è stato individuato tra tutte le tipologie a punto fisso (SPM). Al fine di garantire una rapida disconnessione alla nave madre, interventi poco invasivi e modifiche pressoché assenti alla nave madre, è stato selezionato un sistema di ormeggio di tipo CALM. Di seguito si riporta un'immagine esemplificativa del sistema proposto dalla compagnia "Orwell Offshore".



Figura 5-2: Layout del sistema "STS Mooring Buoy" proprietà di Orwell Offshore"

---

## REFERENZE

- [1] “Distribuzione GNL in Regione Friuli Venezia Giulia - Studio Meteomarinario Preliminare”, RINA Consulting (2022)
- [2] <https://www.navionics.com/ita/>
- [3] <https://www.marinetraffic.com/>
- [4] “Distribuzione GNL in Regione Friuli Venezia Giulia - Studio Meteomarinario Preliminare”, RINA Consulting (2022)
- [5] “Safety zones around oil and gas installations in waters around the UK”, HSE
- [6] <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/33/147.863>
- [7] [https://www.adriaticing.it/wps/wcm/connect/9cffc61d-2e0e-42c7-ab23-575f9167e40f/Anno+I+-+Dicembre+2008.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT\\_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-9cffc61d-2e0e-42c7-ab23-575f9167e40f-IFA.8c](https://www.adriaticing.it/wps/wcm/connect/9cffc61d-2e0e-42c7-ab23-575f9167e40f/Anno+I+-+Dicembre+2008.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-9cffc61d-2e0e-42c7-ab23-575f9167e40f-IFA.8c)
- [8] “Ordinanza n°137/2013”, Capitaneria di Porto di Livorno, 2013



**RINA Consulting S.p.A.** | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.  
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | [rinaconsulting@rina.org](mailto:rinaconsulting@rina.org) | [www.rina.org](http://www.rina.org)  
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.