



RINA

**FIAMMA 2000**

**TERMINAL DI ARDEA:**

**STUDIO DI FATTIBILITA' DI UNA CALM BUOY**

**DOC. N.: REP-18211-01**

Document No. REP-18211-01

Date: 15/02/2011

**Terminal di Ardea: studio di fattibilità di una CALM buoy**

Revision: 0

Page 2 of 20

Client FIAMMA 2000 S.p.A.

Client ref. B. Camardella

Supplier RINA Services S.p.A  
Via Corsica 12  
16128 Genova  
Angelo. Lo Nigro

Supplier ref. angelo.lonigro@rina.org  
010.5385.883

Document Number REP-18211-01

Protocol Number RSSE/ENKA/ROBLO/5369

## REVISION SUMMARY

Date	Revision	Revision Description	Prepared	Checked	Approved
15/02/2011	0	Prima revisione	R. Longo	A. Lo Nigro	P. Pinna



## SOMMARIO

1. RIFERIMENTI .....	4
2. PREMESSA.....	5
2.1. Attuale Regolamentazione.....	6
2.2. Nuovo Sistema di Ormeaggio Proposto .....	7
3. DESCRIZIONE DELLA CALM BUOY .....	10
4. SCOPO DEL LAVORO .....	12
5. STUDIO METEO MARINO .....	13
6. ANALISI PRELIMINARI DEL SISTEMA DI ORMEGGIO .....	14
7. STUDIO DI MANOVRABILITA' .....	16
8. HAZOP REVIEV .....	17
9. CONCLUSIONI .....	19

## 1. RIFERIMENTI

- [1] Terminal di Ardea: esempio di CALM buoy, doc. N.: REP-18211-06
- [2] Terminal di Ardea: studio meteo marino, doc. N.: REP-18211-02
- [3] Terminal di Ardea: analisi preliminari del sistema di ormeggio, doc. N.: REP-18211-03
- [4] Terminal di Ardea: verifica delle manovre di approccio e partenza al terminale "Fiamma 2000", doc. N.: REP-18211-04
- [5] Terminal di Ardea: Analisi HAZOP, doc.N.: REP-18211-05
- [6] Manuale d'uso di Orcaflex – versione 9.3 – Orcina Ltd

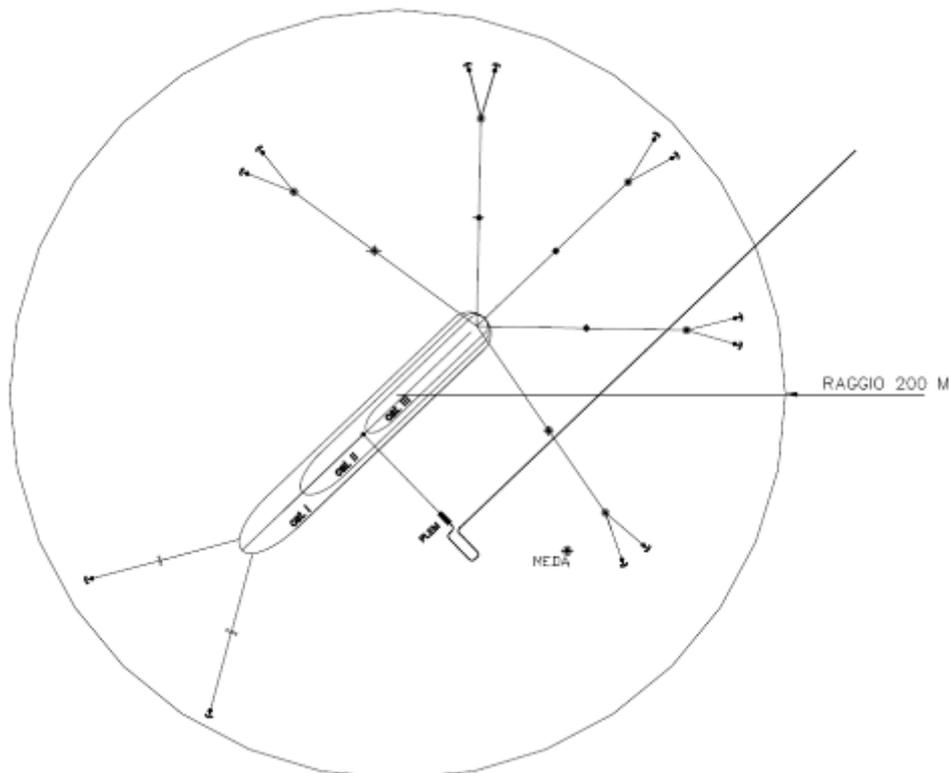
## 2. PREMESSA

Nel 2008, a circa 2750 m dalla costa di Ardea (41°33'40.3"N, 12°29'8.64"E), Fiamma 2000 ha realizzato un campo boe per la discarica di gasiere aventi una lunghezza variabile da 90 a 185 m di lunghezza ed una larghezza variabile da 15 a 24 m.

L'attuale sistema prevede che le gasiere vengano ormeggiate a poppa usando cinque linee di ormeggio che si collegano ad altrettante boe galleggianti posizionate a semicerchio, seguendo un orientamento definito dalla provenienza delle condizioni meteo più sfavorevoli del sito (vedere Figura 1.1).

Ogni boa è vincolata al fondo marino con due ancore di adeguate dimensioni, in grado di assorbire il carico lungo la linea di ormeggio.

A prora le gasiere sono mantenute in posizione dalle proprie ancore che vengono posizionate sul fondale con un angolo di circa 60° tra loro.



**Figura 2.1** Attuale sistema di ormeggio

Le principali caratteristiche dell'attuale sistema di ormeggio sono:

- La gasiera non è libera di ruotare al variare delle condizioni meteo-marine, impedendole pertanto di disporsi lungo la direzione più favorevole;
- L'ormeggio della gasiera al campo boe richiede l'utilizzo delle ancore di prua e il collegamento di 5 linee di ormeggio ad altrettante boe;
- L'ormeggio delle boe deve essere eseguito con l'aiuto di un operatore che deve salire a bordo di quest'ultime.

Per tali ragioni l'operatività del terminale risulta essere limitata per le restrizioni derivanti da tali caratteristiche.

## **2.1. Attuale Regolamentazione**

L'ordinanza nr. 105/2009 emessa dalla capitaneria di porto di Roma prevede i seguenti limiti meteo operativi per l'attuale terminal di scarica:

### Presa dell'ormeggio:

Altezza d'onda	0.6 m
Velocità del vento	10 nodi
Mare (scala Beaufort)	Forza 3

### Permanenza dell'ormeggio:

Altezza d'onda	1.0 m
Velocità del vento	15 nodi
Mare (scala Beaufort)	Forza 4

Tali limiti gravano notevolmente sul potenziale operativo del terminale, come illustrato in tabella 2.1, dove si riporta la probabilità di occorrenza di condizioni congiunte mare-vento al di sotto delle condizioni sopracitate [2].

Periodo	% Presa dell'ormeggio	% Permanenza dell'ormeggio
Anno	47.7 %	80.9%
Autunno	48.0%	80.0%
Inverno	33.8%	69.4%
Primavera	47.7%	82.2%
Estate	63.7%	93.4%

**Tabella 2.1** Stima dell'operatività percentuale per le fasi di presa e permanenza dell'ormeggio

## 2.2. Nuovo Sistema di Ormeggio Proposto

Per aumentare la capacità di ricezione del deposito costiero, Fiamma 2000 sta studiando di sostituire l'attuale campo boe con un sistema di ormeggio di tipo CALM (Catenary Anchor Leg Mooring, figura 2.2).



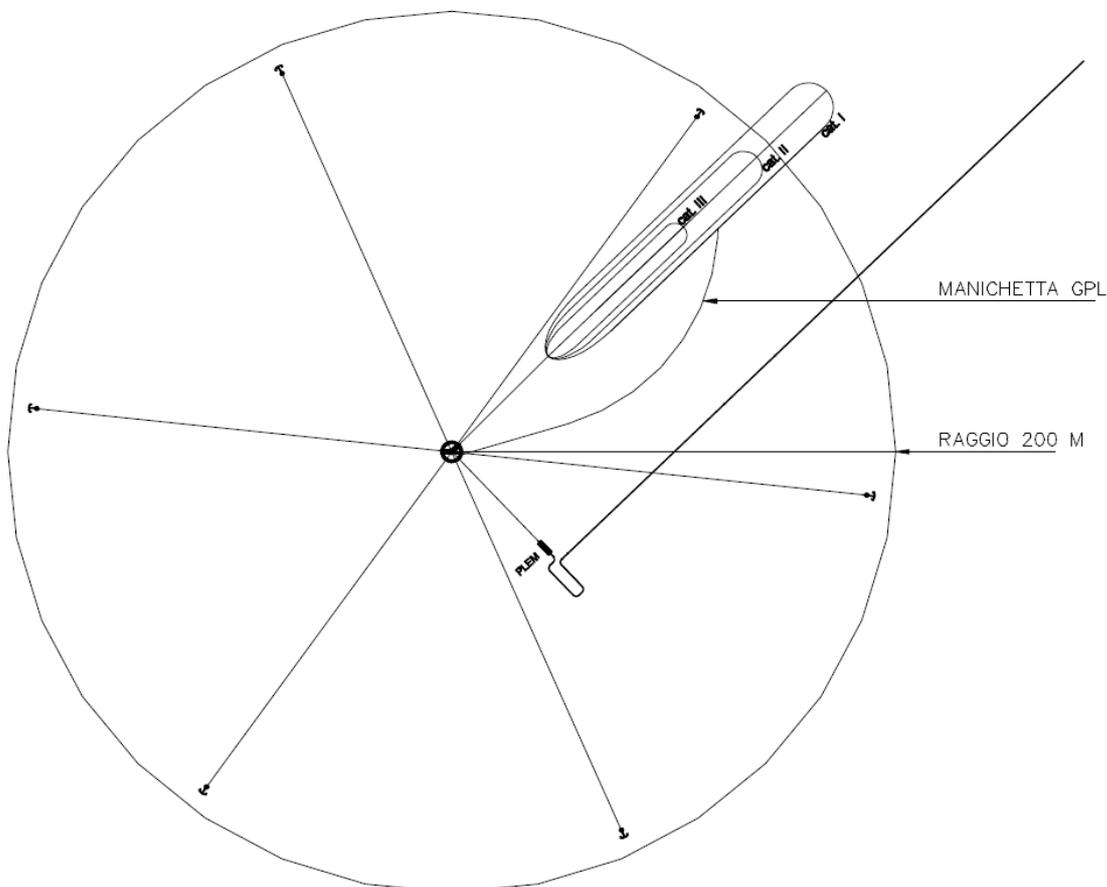
**Figura 2.2** Esempio di CALM Buoy

Tale sistema prevede l'utilizzo di un corpo galleggiante collegato al fondo marino con 6 linee, costituite da catene, alla cui estremità è installata un'ancora.

Dal corpo galleggiante partono una linea di ormeggio per la gasiera e un filare di manichette galleggianti per il trasferimento del GPL, sufficientemente lungo per raggiungere il manifold della gasiera. Quando il terminale non è operativo il filare rimane galleggiante sulla superficie del mare.

Il trasferimento del GPL dal corpo galleggiante al PLEM (Pipe Line End Manifold) sottomarino avviene attraverso una manichetta flessibile sottomarina.

Uno schema del sistema proposto è rappresentato in figura 2.3.



**Figura 2.3** Sistema di ormeggio proposto

La linea di ormeggio della gasiera e il filare possono ruotare attorno al centro del corpo galleggiante in modo da posizionarsi sempre in linea con la gasiera, qualsiasi sia la direzione degli agenti meteo-marini.

Questo terminale è quindi in grado di mantenere ormeggiata la gasiera con condizioni meteo marine ben più elevate rispetto all'attuale campo boe.

Da un punto di vista operativo, questa soluzione prevede il collegamento della gasiera ad una sola linea di ormeggio riducendo quindi i tempi di ormeggio/rilascio anche in condizione di emergenza.

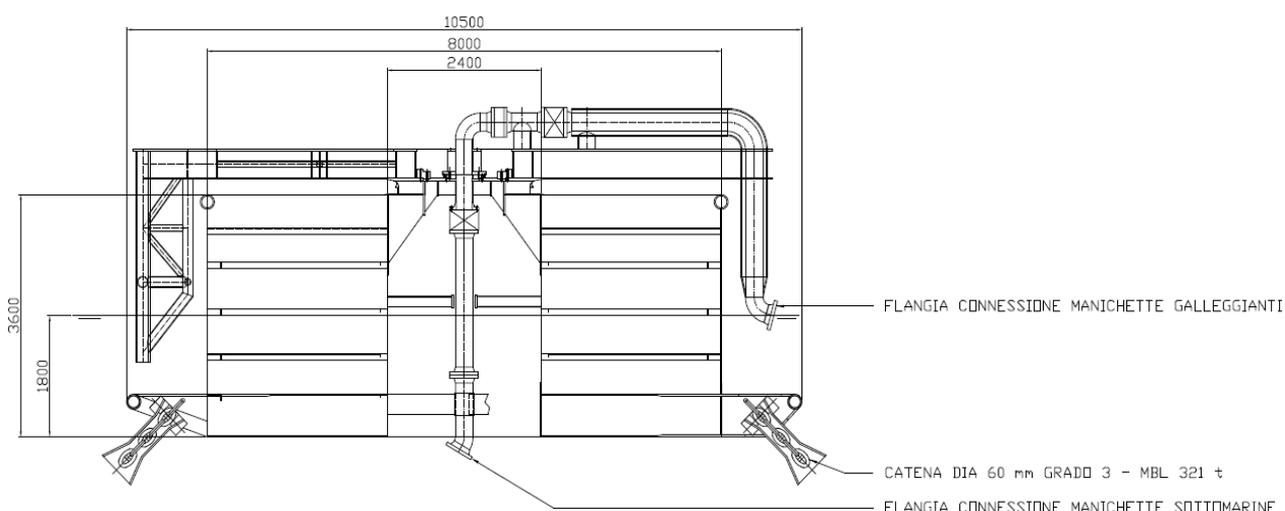
Inoltre, non è necessario nessun intervento a bordo della CALM durante le fasi di presa dell'ormeggio, scarica e rilascio dell'ormeggio. Tutte le attrezzature a bordo della CALM sono operate da remoto, riducendo i rischi per il personale e permettendo di eseguire le varie operazioni anche in ore notturne.

Volendo riassumere, i vantaggi principali del sistema CALM sono:

- Riduzione del tempo necessario alla presa dell'ormeggio poiché si ha una sola linea anziché sette;
- Non è necessaria la presenza di personale a bordo della CALM durante le fasi di ormeggio;
- Il tempo necessario al collegamento della manichetta galleggiante al manifold della gasiera è ridotto al minimo poiché essa non deve più essere recuperata dal fondo del mare;
- Il rilascio dell'ormeggio risulta essere un'operazione rapida;
- Non si richiedono particolari sistemi di ancoraggio alle navi che si ormeggiano al terminal;
- Le operazioni di presa e rilascio dell'ormeggio possono essere effettuate anche di notte data la semplicità delle operazioni da eseguirsi.

### 3. DESCRIZIONE DELLA CALM BUOY

Il sistema proposto consiste in un corpo boa costituito da una struttura cilindrica che supporta una tavola rotante (skirt), le linee di trasferimento del prodotto, le linee di ancoraggio al fondo mare ed il cavo di ormeggio alla nave (Figura 2.1). Maggiori dettagli circa la configurazione del corpo galleggiante possono essere trovati in [1].



**Figura 2.1** Sezione quotata del corpo galleggiante

Le principali caratteristiche della boa sono:

- Massa: 80.0 t;
- Diametro esterno del corpo: 8.0 m;
- Diametro interno del corpo: 2.4 m;
- Diametro skirt: 10.5 m;
- Altezza corpo: 3.6 m;
- Immersione: 1.8 m;

Il sistema di ancoraggio proposto è costituito da 6 catene disposte in modo radiale, equispaziate di 60° una dall'altra.

Le caratteristiche delle catene per inizio e fine vita sono le seguenti (assumendo un rateo di corrosione pari a 0.3 mm/anno e una vita di progetto delle catene di 20 anni):

- tipo di catena: senza traversino tipo NV R3
- lunghezza: 200 m
- distanza centro boa-ancoraggio: 200 m

Inizio vita:

- diametro nominale: 60 mm
- carico di rottura: 321 t
- peso lineare in aria: 77 kg/m
- pretensione: 40 kN

Fine vita:

- diametro ridotto: 54 mm
- carico di rottura: 263 t
- peso lineare in aria: 58 kg/m
- pretensione: 32 kN

La linea di ormeggio tra la nave e la boa è costituita da un cavo elastico (hawser) e dai relativi componenti per la connessione alla nave e alla CALM, rispettivamente. Le caratteristiche principali della linea sono le seguenti:

- diametro nominale: 96 mm
- carico di rottura: 232 t;
- lunghezza: 40 m.

## 4. SCOPO DEL LAVORO

Allo scopo di valutare la fattibilità del nuovo sistema di ancoraggio, sono stati effettuati da parte di RINA i seguenti studi:

- Studio Meteo Marino: lo scopo dello studio è definire le condizioni tipiche ed estreme dei parametri meteo-marini a supporto delle attività di progettazione del terminale;
- Analisi Preliminari del Sistema di Ormeaggio: lo scopo dello studio è verificare il corretto dimensionamento del sistema di ormeggio e di ancoraggio, stimando i carichi massimi cui sono soggette le linee di ormeggio in condizioni meteo-operative limite opportunamente selezionate. Inoltre lo studio consente di stimare i valori meteo limite per la permanenza all'ormeaggio delle navi impiegate in operazioni di trasferimento del GPL.
- Studio di Manovrabilità: attraverso l'utilizzo di un simulatore, si verificano le manovre di approccio/partenza alla CALM, in diverse condizioni meteo, in modo tale da definire i valori limite delle condizioni meteo-marine entro i quali tali manovre possono essere eseguite in sicurezza. Inoltre attraverso questo studio è possibile determinare il tipo di assistenza necessaria (es: numero, tipo e potenza dei rimorchiatori);
- Analisi di rischio (HAZOP review): sulla base degli studi precedenti si individuano le condizioni per le quali si evidenziano particolari rischi operativi, definendo le eventuali misure da predisporre per garantire il sicuro esercizio del terminale.

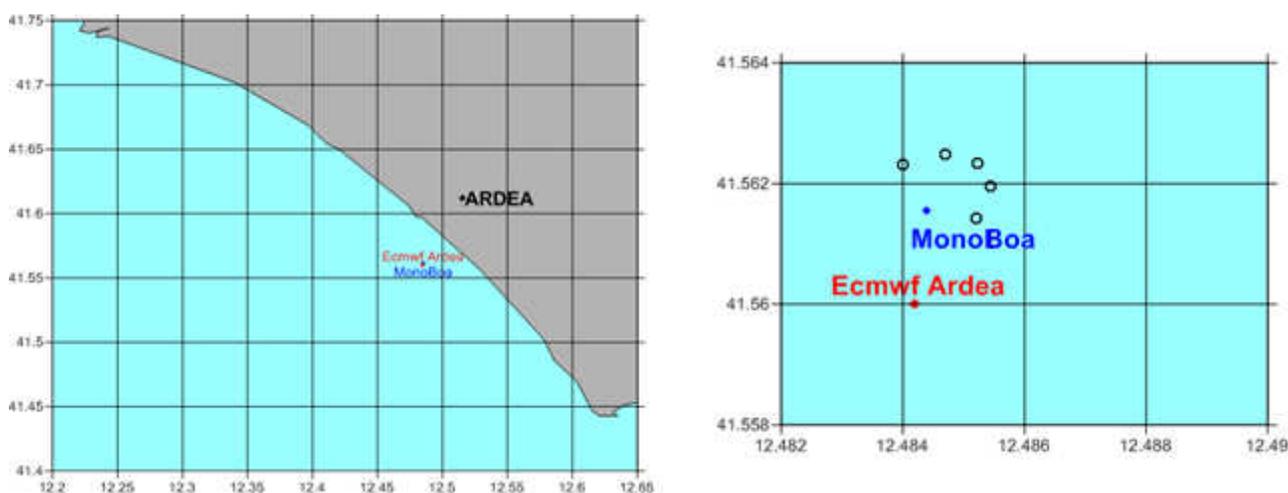
## 5. STUDIO METEO MARINO

Nel sito in esame è in funzione un sistema di monitoraggio dei principali parametri meteo-marini, la cui strumentazione è installata sulla meda di segnalazione dell'attuale campo boe.

Tuttavia, tali dati (relativi al periodo novembre 2009 – novembre 2010) risultano insufficienti poiché riferiti ad un periodo di tempo troppo breve.

Per tale ragione è stato necessario reperire i dati ricostruiti dall'istituto ECMWF (European Centre for Medium range Weather Forecasting) in un punto prossimo a quello in esame. Tali dati sono stati validati e calibrati (laddove necessario) utilizzando i dati misurati in sito.

In figura 4.1 si riporta la posizione della meda di segnalazione e del punto in cui sono disponibili i dati ECMWF.



**Figura 4.1:** Posizione della meda di segnalazione e del punto di rivelazione ECMWF

I risultati dello studio meteo sono stati utilizzati come input per gli studi successivi.

Maggiori dettagli riguardanti lo studio meteo-marino possono essere trovati in [2].

## 6. ANALISI PRELIMINARI DEL SISTEMA DI ORMEGGIO

Gli obiettivi del presente studio sono i seguenti:

- Definire il comportamento del terminale in condizioni estreme e di scarica;
- Definire i carichi massimi sulle linee di ancoraggio;
- Definire i carichi massimi sulla linea di ormeggio.

La metodologia adottata prevede di stimare la dinamica del sistema utilizzando il software commerciale Orcaflex [6].

Le analisi sono state effettuate secondo le prescrizioni contenute nelle seguenti normative:

- DNV-OS-E301 Position Mooring;
- DNV-OS-E403 Offshore Loading Buoys;
- DNV Classification Notes 30.5 – Environmental Conditions and Environmental Loads;
- OCIMF – Recommendations for Equipment Employed in the Mooring Ships at Single Point Moorings;
- OCIMF – Prediction of Wind and Current Loads on VLCCs;
- API – Recommended Practice 2SK.

Si sono considerati quattro scenari principali:

- Condizione di sopravvivenza allo stato integro: si considera la sola presenza della CALM con tutte e sei le linee di ancoraggio intatte e condizioni meteo corrispondenti alla tempesta dei 100 anni;
- Condizione di sopravvivenza danneggiata: si considera la sola presenza della CALM con una linea di ancoraggio danneggiata e condizioni meteo corrispondenti alla tempesta dei 100 anni;
- Condizione operativa allo stato integro: si considera che la nave gasiera sia ormeggiata alla CALM con le sei linee di ancoraggio intatte e condizioni meteo limite al di sopra delle quali non è possibile effettuare la scarica in sicurezza;
- Condizione operativa danneggiata: si considera che la nave gasiera sia ormeggiata alla CALM con una linea di ancoraggio danneggiata e condizioni meteo limite al di sopra delle quali non è possibile effettuare la scarica in sicurezza.

In tabella 5.1 sono riportati i valori di mare (Altezza significativa Hs e periodo di picco Tp), vento (velocità del vento W) e corrente (velocità della corrente superficiale V) considerati nella condizione di sopravvivenza e in quella operativa.

Scenario Meteo	Hs [m]	Tp [s]	W [m/s]	V [m/s]
Condizione di sopravvivenza	5.90	11.40	27.00	0.68
Condizione operativa	2.50	7.7 – 9.0	16.50	0.42

**Tabella 5.1** Condizioni meteo considerate

Le condizioni operative sono state verificate considerando due diverse tipologie di navi: Categoria I (L = 185m) e Categoria III (L = 90m) rappresentanti, rispettivamente, il limite superiore e inferiore (in termini di dimensioni) delle possibili navi coinvolte nelle operazioni di scarica. Entrambi gli scenari sono stati verificati considerando le linee di ormeggio in condizioni di inizio e fine vita.

Le direzioni di provenienza degli agenti meteo sono state considerate in accordo con le norme sopra citate.

In tabella 5.2 si riportano i risultati relativi alle condizioni nelle quali si sono registrate sollecitazioni di entità maggiore. Tali valori sono riferiti alla linea di ancoraggio maggiormente sollecitata (MCR = minimo carico di rottura, S.f. = fattore di sicurezza).

Condizione	Sopravv.	Sopravv.	Sopravv.	Sopravv.	Operativa	Operativa	Operativa	Operativa
Scenario	Inizio Vita	Inizio Vita	Fine Vita	Fine Vita	Inizio Vita	Inizio Vita	Fine Vita	Fine Vita
Ormeggio	Intatto	Danneggiato	Intatto	Danneggiato	Intatto	Danneggiato	Intatto	Danneggiato
Dir	In-line	In-line-b	In-line	In-line-b	Allineata	Allineata	Allineata	Allineata
Tmax [t]	167	170	155	163	123	110	111	110
MCR [t]	321	321	263	263	321	321	263	263
S.f. richiesto	1.50	1.10	1.50	1.10	2.10	1.25	2.10	1.25
S.f. risultante	1.92	1.89	1.70	1.61	2.61	2.92	2.37	2.39

**Tabella 5.2** Risultati dell'analisi dinamica dell'ormeggio

Come si può osservare in nessuno dei casi considerati si sono riscontrate tensioni maggiori di quelle consentite.

Per ulteriori dettagli circa le ipotesi fatte e i risultati ottenuti si rimanda al report relativo allo studio [3].

## 7. STUDIO DI MANOVRABILITA'

Obiettivo del presente studio è quello di individuare le eventuali criticità che possono presentarsi nel corso delle manovre di approccio-ormeggio e disormeggio-allontanamento dal terminal (esempio: necessità di assistenza da parte di un rimorchiatore, ecc.).

A tale scopo la dinamica del sistema è stata simulata utilizzando un software dedicato.

Sulla base dello studio meteo sono stati individuati alcuni scenari significativi, per i quali sono simulate le manovre.

Conservativamente, le manovre sono state ripetute per due diverse tipologie di navi rappresentanti le due categorie di navi di taglia maggiore che potranno accedere al terminal (Cat.I e Cat.II).

Data la loro maggiore complessità, sono state simulate 5 manovre di approccio-ormeggio (con 5 diverse combinazioni di direzione degli agenti meteo) mentre si è simulata un'unica manovra di disormeggio-allontanamento, nella quale si sono considerate direzioni di provenienza degli agenti meteo particolarmente sconvenienti (ovvero tali da spingere la nave disormeggiata verso una zona dove il fondale è più basso).

Per entrambe le navi, nelle manovre di approccio, il rimorchiatore in assistenza è stato utilizzato solo dopo aver dato volta al cavo di ormeggio di prora, con il compito di mantenere la nave ormeggiata nella corretta posizione di sicurezza.

Nel caso di vento proveniente da SE (150°) non è stato necessario l'utilizzo del rimorchiatore di assistenza.

Lo studio ha evidenziato che la manovrabilità non incide sull'operatività del sistema, la quale è vincolata piuttosto dalle condizioni limite per l'ormeggio alla boa e per la connessione delle manichette.

Per maggiori dettagli circa i risultati ottenuti si rimanda la report dedicato [4].

## 8. HAZOP REVIEW

Un HAZOP (HAZard OPerability) review è una tecnica di analisi utilizzata per identificare e valutare i pericoli potenziali per la salute, la sicurezza e l'ambiente connessi ad un progetto e definire se quanto previsto per gestire tali rischi sia sufficiente o se sia necessario prevedere nuove misure.

La tecnica si basa su un approccio a "brainstorming" guidato attraverso la suddivisione del sistema in sottosistemi e l'applicazione di "parole-guida".

Il principio fondamentale sul quale si basa l'analisi è che nessun pericolo deve essere escluso a priori.

L' HAZOP ha i seguenti obiettivi:

- Identificare e valutare i rischi connessi alle singole operazioni che saranno eseguite presso il terminal di Ardea, verificando che tali rischi siano correttamente gestiti attraverso soluzioni progettuali o procedurali;
- Evidenziare le potenziali problematiche operative sulla base dell'esperienza del team di esperti;
- Identificare migliorie laddove le misure previste risultino, a giudizio del team, inadeguate a gestire il rischio.

L'HAZOP non è una "design review" e pertanto le discussioni relative al rispetto o meno di termini contrattuali non sono parte dell'analisi.

Tale studio è stato finalizzato durante il workshop dedicato, tenutosi presso la sede di RINA (via Corsica 12, Genova) in data 11 febbraio 2011. A tale evento hanno partecipato:

- ing. D. Vannucci: HAZOP leader;
- ing. B. Camardella: rappresentante di Fiamma 2000 S.p.A.;
- com.te G.N. Brolis: capitano superiore di lungo corso;
- com.te L. Storti: capitano superiore di lungo corso;
- ing. V. Penzo: esperto strutture offshore e sistemi di ormeggio;
- ing. A. Lo Nigro: esperto di sicurezza industriale;
- ing. P. Pinna: Oil&Gas Manager;
- ing. R. Longo: project manager.

Il team ha identificato differenti scenari di pericolo, per ciascuno dei quali sono state considerate le eventuali conseguenze e i possibili rimedi da adottare.

Ciò che è emerso da tale studio è che per l'esecuzione delle manovre di ormeggio e scarica si necessario l'impiego dei seguenti mezzi di supporto:

- Rimorchiatore con tiro massimo superiore a 7 ton;
- Imbarcazione Fiamma 2000 in grado di gestire la manichetta.

Per quanto riguarda la manovra di ormeggio, essa può essere suddivisa nelle seguenti fasi:

1. L'imbarcazione Fiamma 2000 si reca in anticipo presso il terminal per verificare che non ci siano problemi operativi riguardanti la CALM e che il cavo di ormeggio e manichetta siano liberi (ovvero non ingarbugliati tra loro): in caso contrario rimedia;
2. Il rimorchiatore allontana la manichetta dalla zona di manovra della nave GPL, la quale comincia l'approccio verso la CALM, mentre l'imbarcazione Fiamma 2000 si occupa della gestione del cavo di ormeggio;
3. L'imbarcazione Fiamma 2000 passa il cavo di ormeggio di prua alla nave GPL;
4. Una volta che la nave è ormeggiata (di prua), il rimorchiatore passa la manichetta all'imbarcazione Fiamma 2000, dopodiché dà il cavo alla gasiera affinché sia dato volta a poppa. A questo punto può mettere in tensione i cavi e mantenere nella corretta posizione la gasiera;
5. L'imbarcazione Fiamma 2000 passa la manichetta alla nave GPL che può quindi procedere con la scarica.

A ormeggio avvenuto l'imbarcazione Fiamma 2000 resta a disposizione per un certo periodo, accertandosi che non si presentino criticità durante la fase di scarica, dopodiché può ritenersi libera di abbandonare la zona, salvo intervenire in caso di emergenza.

Per maggiori dettagli riguardanti lo studio si rimanda al report dedicato [5].

## 9. CONCLUSIONI

Le analisi effettuate hanno evidenziato come il sistema proposto (monoboa) renda più semplici e sicure le operazioni di ormeggio e scarica presso il terminale offshore di Ardea, consentendo di poterne estendere l'operatività a valori superiori a quelli attualmente previsti.

In particolare, in base alle analisi effettuate ed a esperienze operative di altri terminal della stessa tipologia, è stato possibile verificare la possibilità di operare in sicurezza all'interno del range operativo considerato, e definito dalle seguenti condizioni limite:

### Presa dell'ormeggio:

- Altezza d'onda significativa 1.7 m;
- Velocità del vento 10 m/s (~ 20 kn);
- Mare (scala Beaufort) Forza 4.

### Permanenza dell'ormeggio:

- Altezza d'onda significativa 2.0 m;
- Velocità del vento 13 m/s (~ 25 kn);
- Mare (scala Beaufort) Forza 5.

Sulla base dello studio meteo è possibile stimare l'operatività annuale e stagionale del terminal (ovvero la probabilità congiunta di avere un'onda significativa e una velocità del vento inferiori alle condizioni limite considerate), che viene riportata in tabella 9.1.

Periodo	% Presa dell'ormeggio	% Permanenza dell'ormeggio
Anno	90.0 %	93.0%
Autunno	89.5%	92.6%
Inverno	82.5%	87.0%
Primavera	91.3%	94.6%
Estate	96.9%	98.4%

**Tabella 9.1** Operatività del nuovo terminal di tipo CALM

Per quanto riguarda la tenuta delle linee di ormeggio e di ancoraggio, si sono effettuate verifiche riguardanti sia la condizione estrema, ovvero considerando la monoboa soggetta alla tempesta dei 100 anni, sia la condizione operativa, ovvero considerando una nave gasiera ormeggiata e condizioni meteo al di sopra dei limiti operativi suggeriti (Tabella 5.1).