

Appendice H Simulazioni di Manovra nel Porto di Oristano

Doc. No. P0012790-5-H1 Rev.0 - Agosto 2019



Report n. 13496

Rev. 00

Simulazioni di manovra nel Porto di Oristano

Autori / Authors: Chiara NOTARO, Massimo PEVERERO

Data emissione / Issue date: 29/07/2019

Pagina intenzionalmente bianca / *This page intentionally left blank*

Report n. 13496	Rev. 00	Data emissione / Issue date 29/07/2019
Titolo / Title Simulazioni di manovra nel Porto di Oristano		
Autori / Authors Chiara NOTARO, Massimo PEVERERO		
Sommario / Abstract <p>Questo rapporto tecnico è finalizzato alla presentazione dei risultati delle simulazioni di manovra in tempo reale svolte da parte di CETENA S.p.A. nel Porto di Oristano, per conto di IVI Petrolifera SpA, nel corso delle due giornate di lavoro del 10 e 11 luglio 2019. Lo studio di manovrabilità qui descritto è stato eseguito per verificare la fattibilità delle manovre da parte di navi gasiere di piccola taglia, al variare delle condizioni meteomarine (vento da NW e SE fino a 30 kn di intensità), presso il nuovo Terminal LNG in progetto nell'area del Porto Industriale di Oristano. Il set di manovre è stato completato investigando sia la possibilità di diversi tipi di avarie alle navi gasiere in manovra da/verso l'accosto in progetto, sia le possibili interferenze, sempre in caso di avaria, tra le navi bulk carrier normalmente in transito nel paraggio portuale e la nave gasiera ormeggiata al nuovo Terminal LNG. Le unità gasiere in simulazione, fatte manovrare sia in ingresso che in uscita dall'accosto, hanno dimensioni massime pari a LOA x B x T = 165.0 m x 26.7 m x 7.6 m e 190.0 m x 30.0 m x 7.6 m. Le manovre di solo transito in ingresso/uscita sono state svolte utilizzando i modelli di tre navi bulk carrier aventi dimensioni massime pari a LOA x B x T = 80.0 m x 14.0 m x 4.5 m, 130.0 m x 19.0 m x 6.5 m e 200.0 m x 32.0 m x 9.6 m. Le prove sono state eseguite al simulatore di manovra real-time SAND dal Capo dei Piloti di Oristano, coadiuvato da un esperto esecutore messo a disposizione da CETENA e dagli operatori dei Rimorchiatori del Porto di Oristano. I test sono stati svolti tutti in presenza dell'Autorità Marittima (Capitaneria di Porto di Oristano), oltre che del Cliente.</p>		
Autori / Authors 	Verificato / Verified 	Approvato / Approved 
Circolazione / Circulation Interna / Internal Only Libera / Free <input checked="" type="checkbox"/> Riservata Industriale / Commercial in confidence Classificata / Classified	Codici di distribuzione / Distribution codes IVI Petrolifera SpA	
Pagine / Sheets	Commessa / Job	Note / Notes
85	69160419144	

Questo Documento è di proprietà di CETENA S.p.A. Non può essere riprodotto, trasmesso con qualsiasi mezzo, inserito in altri documenti, svelato ad altri o comunque usato per qualsiasi scopo diverso da quello per il quale è stato prodotto, senza esplicita autorizzazione scritta di CETENA S.p.A. L'utente del documento ha l'onere di verificare di essere in possesso dell'edizione corrente.

This document is the property of CETENA S.p.A. It may not be reproduced, transmitted by any means, inserted into other documents, disclosed to others or otherwise used for any purpose other than for which it was produced without the express written permission of CETENA S.p.A. The user of the document has the responsibility of verifying of being in possession of the current edition.

Revisioni Precedenti / Previous Revisions

<i>Rev.</i>	<i>Data / Date</i>	<i>Contenuto della Revisione / Revision Content</i>	<i>Autori / Authors</i>

Contenuto della revisione corrente / Current revision content

Prima emissione/First release

INDICE

INTRODUZIONE.....	9
1 SCOPO E IMPOSTAZIONE DEL LAVORO.....	11
2 DESCRIZIONE DEL SIMULATORE DI MANOVRA SAND	14
3 Configurazione portuale e condizioni generali delle simulazioni di manovra	18
3.1 Definizione dell'area schematizzata per le simulazioni di manovra.....	18
4 DATI GEOMETRICI DI INPUT DELLE SIMULAZIONI	20
4.1 Caratteristiche principali della nave gasiera (LOA = 190 m)	22
4.2 Caratteristiche principali della nave gasiera (LOA = 165 m)	23
4.3 Caratteristiche principali delle navi bulk carrier	24
4.4 Caratteristiche principali dei rimorchiatori.....	26
5 CONDIZIONI METEOMARINE.....	28
6 CONDIZIONI FINALI DI SIMULAZIONE E LORO ESECUZIONE.....	29
6.1 Elenco e risultati delle manovre eseguite al simulatore	30
6.2 Note sull'esito delle manovre eseguite al simulatore	41
6.3 Presentazione dei file dei risultati delle simulazioni.....	52
7 CONCLUSIONI	53
8 RIFERIMENTI	59
APPENDICE A	60
APPENDICE B	75
FOTO SCATTATE DURANTE LE SIMULAZIONI.....	75
ALLEGATI.....	84

Indice delle Tabelle

Tabella 4-1 Caratteristiche principali della nave LNG da 190.0 m (horizontal cylinder tanks – ca 30000 CBM)	22
Tabella 4-2 Caratteristiche principali della nave gasiera da 165 m (horizontal cylinder tanks – ca 18000 CBM)	23
Tabella 4-3 Caratteristiche principali dell'unità da 200 m	24
Tabella 4-4 Caratteristiche principali dell'unità da 130 m	24
Tabella 4-5 Caratteristiche principali dell'unità da 80 m	25
Tabella 4-6 Caratteristiche tecniche del primo rimorchiatore da 42.0 t di tiro massimo (tradizionale)	26
Tabella 4-7 Caratteristiche tecniche del primo rimorchiatore da 42.0 t di tiro massimo (tradizionale)	26
Tabella 4-8 Caratteristiche tecniche del primo rimorchiatore da 54.0 t di tiro massimo (azimutale)	27
Tabella 5-1 Condizioni meteomarine utilizzate nello studio.....	28
Tabella 6-1 Elenco dei test eseguiti durante la sessione del 10/07/2019 (1° giornata).....	30
Tabella 6-2 Elenco dei test eseguiti durante la sessione del 10/07/2019 (2° e ultima giornata)	31
Tabella 6-3 Elenco dei test eseguiti con dettaglio ulteriore sulla tipologia di manovra (manovra completa, solo transito e/o eventuali condizioni di emergenza)	32
Tabella 6-4 Prove del 10-11/07/2019 – esito e commenti (continua)	37

Indice delle Figure

Figura 1-1 Layout del Porto di Oristano. Il nuovo terminal GNL in progetto è previsto nell'area evidenziata [GoogleMaps]	11
Figura 1-2 Accosto già in uso presso IVI Petrolifera SpA, che verrà utilizzato per carico e scarico GNL [GoogleMaps].....	12
Figura 2-1 Principali blocchi del modello matematico del simulatore SAND.....	14
Figura 2-2 – Ancora sul fondo.....	15
Figura 2-3 – Ancora salpata o filata dall'occhio di cubia della nave	15
Figura 2-4 Simulatore SAND – Allestimento attuale laboratorio VISLAB.....	16
Figura 2-5 Simulatore SAND – Scenario 3D (Imboccatura e accosto Terminal IVI)	17
Figura 2-6 Simulatore SAND – Scenario 3D (Avamposto e Canale Industriale)	17
Figura 3-1 Simulatore SAND – Layout 2D del Porto di Oristano	18
Figura 3-2 Simulatore SAND – Ingombro nave gasiera considerato nel layout 2D/punto di partenza in uscita	19
Figura 4-1 Simulatore SAND – Esecuzione delle manovre	20
Figura 4-2 Nave bulk carrier – immagine rappresentativa dell'opera morta.....	24
Figura 6-1 Riunione di debriefing dopo le simulazioni - Discussione dei risultati.....	29

Appendice A

Fig. 1 - M01, LNG 165 m in ingresso, bonaccia	61
Fig. 2 - M02, LNG 165 m in uscita, bonaccia (EMERGENZA)	61
Fig. 3 - M03, LNG 190 m in ingresso, bonaccia	62
Fig. 4 - M04, LNG 190 m in uscita, bonaccia (EMERGENZA)	62
Fig. 5 - M05, LNG 190 m in ingresso, NW 30 kn	63
Fig. 6 - M06, LNG 190 m in ingresso, NW 30 kn	63
Fig. 7 - M07, LNG 190 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)	64
Fig. 8 - M08, LNG 190 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)	64
Fig. 9 - M09, LNG 190 m in uscita, SE 20 kn (EMERGENZA)	65
Fig. 10 - M10, LNG 190 m in uscita, SE 10 kn (EMERGENZA)	65
Fig. 11 - M11, LNG 190 m in ingresso, SE 30 kn	66
Fig. 12 - M12, LNG 190 m in uscita, NW 30 kn (EMERGENZA)	66
Fig. 13 - M14, LNG 190 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)	67
Fig. 14 - M15, Bulk 200 m in ingresso, SE 30 kn (EMERGENZA)	67
Fig. 15 - M16, Bulk 200 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)	68
Fig. 16 - M18, Bulk 200 m in ingresso, SE 10 kn (EMERGENZA)	68
Fig. 17 - M19, Bulk 200 m in ingresso, SE 30 kn (EMERGENZA)	69
Fig. 18 - M20, Bulk 200 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)	69
Fig. 19 - M21, Bulk 200 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)	70
Fig. 20 - M22, Bulk 130 m in uscita, SE 20 kn (EMERGENZA)	70
Fig. 21 - M23, Bulk 130 m in uscita, SE 20 kn (EMERGENZA)	71
Fig. 22 - M24, Bulk 130 m in uscita, SE 20 kn (EMERGENZA)	71
Fig. 23 - M25, Bulk 130 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)	72
Fig. 24 - M26, Bulk 130 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)	72
Fig. 25 - M27, Bulk 80 m in uscita, SE 20 kn (EMERGENZA)	73
Fig. 26 - M28, Bulk 130 m in ingresso, SE 30 kn (EMERGENZA)	73
Fig. 27 - M29, Bulk 130 m in ingresso, SE 20 kn (EMERGENZA)	74

INTRODUZIONE

Il presente rapporto è finalizzato alla presentazione dei risultati delle simulazioni di manovra in tempo reale svolte nel porto di Oristano, per conto di IVI Petrolifera SpA (Cliente), da parte di CETENA S.p.A.



- In particolare, è stata studiata la manovrabilità da parte delle navi gasiere di piccola taglia destinate al Terminal in progetto nel Porto Industriale, al variare delle condizioni meteomarine di maggiore traversia, del numero e della tipologia di rimorchiatori impiegati in ausilio e tenendo conto della possibilità di avarie e, più in generale, di condizioni di svolgimento della manovra in emergenza. Sono state simulate, infatti, manovre in condizioni critiche (*black-out*, *indisponibilità del rimorchiatore*) sia da parte delle gasiere in manovra che delle navi bulk carrier normalmente in transito nel Porto Industriale, considerando specialmente le possibili interferenze della traiettoria di manovra con una nave gasiera ormeggiata al suddetto Terminal LNG.

I test al simulatore di manovra in tempo reale si sono svolti nei giorni **10 e 11 luglio 2019**.

Le manovre sono state eseguite dal Capo dei Piloti di Oristano (Com. Vacca), coadiuvato da un esperto esecutore messo a disposizione da CETENA, ex-Capo dei Piloti del Porto di Genova (Com.

G. Lettich), dai Rimorchiatori del Porto di Oristano (Com. Tanca di Moby SpA – Div. Rimorchiatori) e dal personale CETENA.

Durante le due giornate di prove al simulatore, oltre al Cliente, sono intervenuti i rappresentanti dell'Autorità Marittima locale (Capitaneria di Porto di Oristano), che hanno coordinato e supervisionato l'intero svolgimento dello studio al simulatore.

Riportiamo qui di seguito la lista dei presenti alle varie giornate:

Partecipanti	Ente / Società di appartenenza	Note
Com. A. VACCA	Capo dei Piloti di S. Antioco, Portovesme e Oristano	Esecutore delle manovre al simulatore – Comandi della plancia (macchine, timone, thruster)
Com. G. LETTICH	Ex-Capo del Corpo Piloti del Porto di Genova	Esperto messo a disposizione da CETENA, in affiancamento durante le manovre al simulatore
Com. E. TANCA	Moby SpA – Div. Rimorchiatori	Esecutore delle manovre al simulatore – Comando dei rimorchiatori
S. LEDDA	IVI Petrolifera SpA	Supervisione alle prove – Cliente
A. ZOCHELLO		
E. VARSÌ		
C.C. (C.P.) N. FERRI	Capitaneria di Porto di Cagliari	Supervisione alle prove – Autorità Marittima
C°1^ CI NP/PSC (C.P.) L. FOTI		
M. PEVERERO	CETENA S.p.A.	Preparazione del modello delle unità navali, degli scenari e setup delle funzionalità del simulatore. Post-processing in tempo reale dei test eseguiti.
C. NOTARO		Redazione del rapporto tecnico finale, assistenza e coordinamento durante le prove al simulatore

stata fissata la data dello svolgimento dello studio al simulatore di manovra real-time del CETENA che verrà qui descritto.



Figura 1-2 Accosto già in uso presso IVI Petrolifera SpA, che verrà utilizzato per carico e scarico GNL [GoogleMaps]

- *Il principale obiettivo di questo studio* è fornire al Cliente (e a tutti gli Enti portuali interessati) gli elementi tecnici per la valutazione della manovrabilità, al variare delle condizioni meteomarine del paraggio portuale e valutando l'ausilio di rimorchiatori in assistenza, da parte delle suddette navi gasiere, considerando manovre sia di routine che in caso di emergenza. Inoltre, l'ulteriore scopo del lavoro è lo studio della navigabilità dello specchio acqueo da parte del traffico navale esistente, tipicamente costituito da navi bulk carrier, in presenza delle navi gasiere suddette in accosto presso il nuovo Terminal LNG, anche in questo caso tenendo conto di condizioni di eventuale criticità dovute ad avarie.

Si veda a tal proposito nuovamente la Figura 1-1, in cui sono visibili gli accosti che sono stati considerati per impostare le manovre di transito da parte delle unità bulk carrier, nella fattispecie ipotizzate in ingresso o in uscita relativamente agli accosti sulla Banchina Riva Nord oppure sulla Banchina Riva Est, in presenza di una nave gasiera all'accosto presso il Terminal LNG in progetto.

Per quanto riguarda invece le **navi gasiere**, lo studio al simulatore ha verificato tutte le fasi delle manovre di ingresso e uscita nel Porto, sia in arrivo che in partenza dalla banchina, relativamente a **due taglie di nave**, aventi dimensioni rispettivamente di **LOA x B x T** pari a:

- **165.0 m x 26.7 m x 7.6 m**, e
- **190.0 m x 30.0 m x 7.6 m**.

E' stato sviluppato dapprima un set di manovre in condizioni di "normale" svolgimento, ovvero sia gli *arrivi* della nave nel Porto (comprese anche l'evoluzione assistita da rimorchiatori all'interno del

bacino evolutivo in Avamporto e le fasi finali di accosto, precedenti al lancio dei cavi di ormeggio), sia le *partenze*, ovvero testando la fattibilità del distacco della nave da banchina e la successiva navigazione verso le acque libere.

Le manovre di *solo transito* in ingresso/uscita sono state svolte utilizzando i modelli di **tre taglie di nave bulk carrier** aventi dimensioni massime pari a **LOA x B x T** pari a:

- **80.0 m x 14.0 m x 4.5 m,**
- **130.0 m x 19.0 m x 6.5 m,** e
- **200.0 m x 32.0 m x 9.6 m.**

Come anticipato, per tutte le unità in simulazione in una seconda fase sono state ripetute le manovre giudicate più significative anche in condizioni di **avaria** (es. black out che interessa le macchine, le pompe dei timoni, il bow thruster) o **emergenza** (es. la mancata disponibilità di un rimorchiatore per lo svolgimento della manovra), al fine di valutarne le conseguenze rispetto alla traiettoria seguita dalla nave e di prevedere eventuali contromisure e/o elementi di mitigazione del rischio.

In tutti i casi analizzati (ingressi, uscite, transiti, con e senza avarie) la situazione è stata analizzata nel dettaglio, in relazione alle condizioni meteomarine prese in considerazione, principalmente dal punto di vista di:

- *eventualità di collisione* (o solo rischio) da parte della nave considerata in manovra con il Terminal in progetto e/o con le opere difesa e le banchine portuali;
- *distanze di arresto* in caso di manovra di emergenza, ad esempio, della nave bulk carrier rispetto alla nave gasiera all'accosto sul Terminal e infine
- *margini di sicurezza a disposizione nella manovra*, sia della gasiera che della bulk carrier di volta in volta considerata, in particolare in termini di eventuale necessità di impiego del tiro di uno o più rimorchiatori, di tipo tradizionale o azimutale.

2 DESCRIZIONE DEL SIMULATORE DI MANOVRA SAND

Il SAND (Simulatore Distribuito di Addestramento alla Navigazione) contiene dentro di sé un modello matematico, interamente sviluppato da CETENA S.p.A., di cui verranno qui di seguito richiamate le caratteristiche generali [Rif. 2].

La nave da studiare va configurata in maniera dettagliata, inserendo nel modello i seguenti parametri, raggruppati secondo la struttura del modello stesso:

- ❖ Dati dello scafo
- ❖ Propulsione principale
- ❖ Apparato motore
- ❖ Appendici di carena
- ❖ Eliche di manovra
- ❖ Timone

Nella **Figura 2-1** sottostante è rappresentato in maniera schematica l'insieme dei blocchi che costituiscono la struttura del modello CETENA.

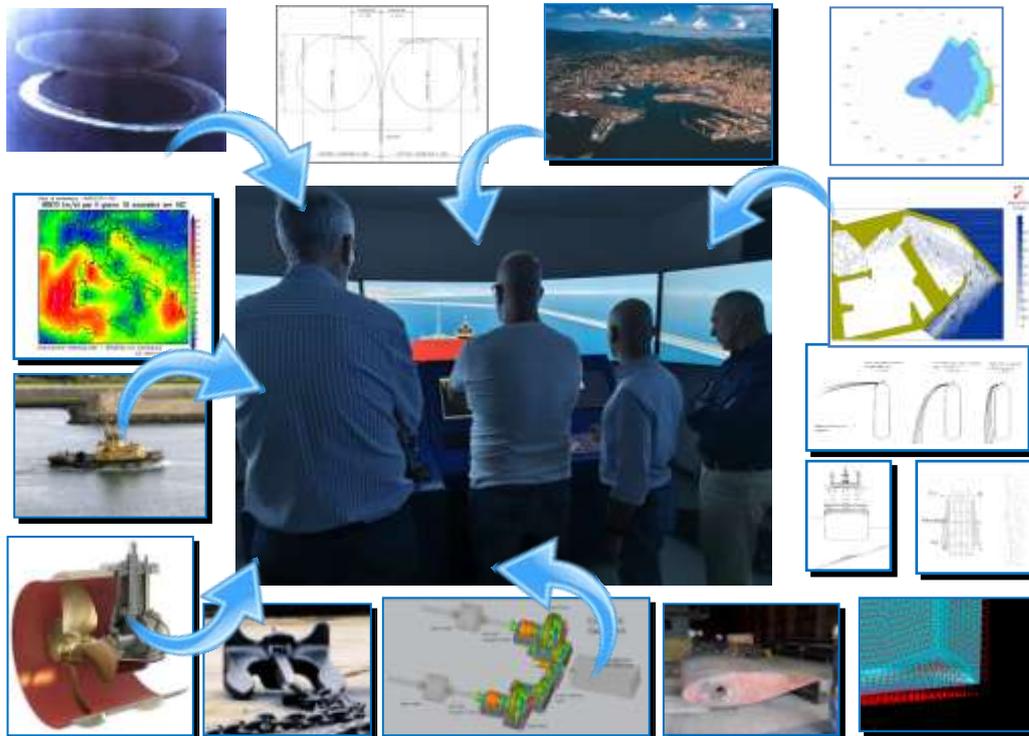


Figura 2-1 Principali blocchi del modello matematico del simulatore SAND

Il simulatore integra dentro di sé, oltre agli aspetti propri della nave (geometria dello scafo, apparati di propulsione-generazione, appendici) anche il contesto in cui la simulazione ha luogo, costituiti dallo stato di mare, dalla corrente, dal vento ("condizioni meteomarine"), dagli eventuali

rimorchiatori utilizzati in manovra, dalla mappa del porto ("layout"), dagli effetti specifici legati alla posizione della nave (banchina, profondità dei fondali, ecc).

Infatti, un ruolo fondamentale nell'esecuzione della simulazione è giocato dall'interazione fra la nave e l'ambiente esterno riprodotto in realtà virtuale. Esso è realizzato introducendo nel modello della nave i seguenti parametri, generati in tempo reale dal simulatore:

- parametri ambientali (vento, corrente, onde del mare);
- effetti specifici relativi al porto considerato;
- acque ristrette;
- shallow waters

In particolare, il simulatore è in grado di prevedere, come nel caso in studio in cui i fondali sono bassi in relazione all'immersione della nave in transito, il cosiddetto "effetto squat".

Inoltre, il sistema può accettare forze esterne in input, permettendo l'esecuzione di una classe di operazioni che includono la presenza di altre entità fisiche, e quindi di interazioni dinamiche fra la nave e ciò che la circonda, quali ad esempio i *rimorchiatori portuali*.

E' inoltre possibile simulare in tempo reale, come richiesto in questo studio al simulatore, **condizioni di emergenza dovute ad improvvise avarie** (es. avaria dell'apparato motore e dei mezzi di governo) e conseguentemente valutare gli effetti sulla traiettoria simulata della nave dell'utilizzo, ad esempio, di ancore e catene (cfr. Figura 2-2 e Figura 2-3).

In particolare, è stato possibile tarare il comportamento dell'ancora anche in base alle caratteristiche del fondale, che nel Porto Industriale di Oristano è di tipo roccioso, per cui la presa da parte dell'ancora, e quindi l'effetto frenante da questa determinato sul moto della nave, risulta ritardato rispetto ad esempio ad un fondale sabbioso.

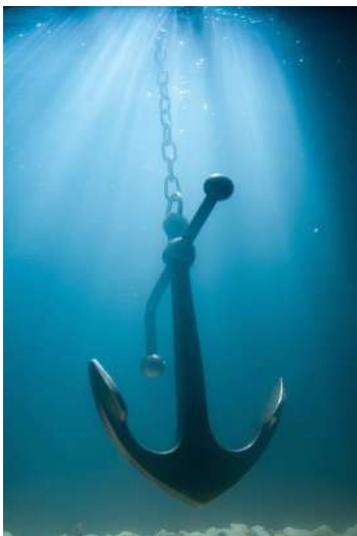


Figura 2-2 – Ancora sul fondo



Figura 2-3 – Ancora salpata o filata dall'occhio di cubia della nave

Il laboratorio VISLAB del CETENA, recentemente rinnovato e in via di sviluppo di ulteriori dotazioni, è stato attrezzato con un sistema di schermi che consentono la visualizzazione tridimensionale dello scenario portuale, della nave in simulazione e degli eventuali rimorchiatori in ausilio alla nave.

Inoltre, una postazione laterale consente la visione (tramite visore HMD 3D stereoscopico tipo Oculus Rift) dello stesso scenario 3D dal punto di vista esterno ad esempio posto su un'aletta della nave. Si veda la seguente Figura 2-4.



Figura 2-4 Simulatore SAND – Allestimento attuale laboratorio VISLAB

In Figura 2-5 e Figura 2-6 sono rappresentate altre due viste immagini scattate durante le simulazioni, in cui è possibile visualizzare le viste esterne in 3D realizzate per lo studio nel Porto Industriale di Oristano.

In Figura 2-5 è visibile lo scenario portuale dell'imboccatura e Avamporto, in relazione a una manovra di emergenza della nave bulk carrier in presenza della gasiera all'ormeggio sul nuovo Terminal (Molo di Sottoflutto), mentre in Figura 2-6 si può vedere sia il bacino di evoluzione in Avamporto (Banchina Riva Nord e Banchina Riva Est) che il canale industriale, durante una manovra ancora della nave bulk carrier assistita da un rimorchiatore a prua.



Figura 2-5 Simulatore SAND – Scenario 3D (Imboccatura e accosto Terminal IVI)



Figura 2-6 Simulatore SAND – Scenario 3D (Avamposto e Canale Industriale)

3 Configurazione portuale e condizioni generali delle simulazioni di manovra

3.1 Definizione dell'area schematizzata per le simulazioni di manovra

L'area di manovra considerata per le simulazioni comprende sia il mare aperto nell'area a nord del Porto, sia le opere portuali prima descritte.

Il *layout portuale* riportato nel simulatore SAND, e visualizzato nel display 2D della plancia, si presenta come nella **Figura 3-1**.

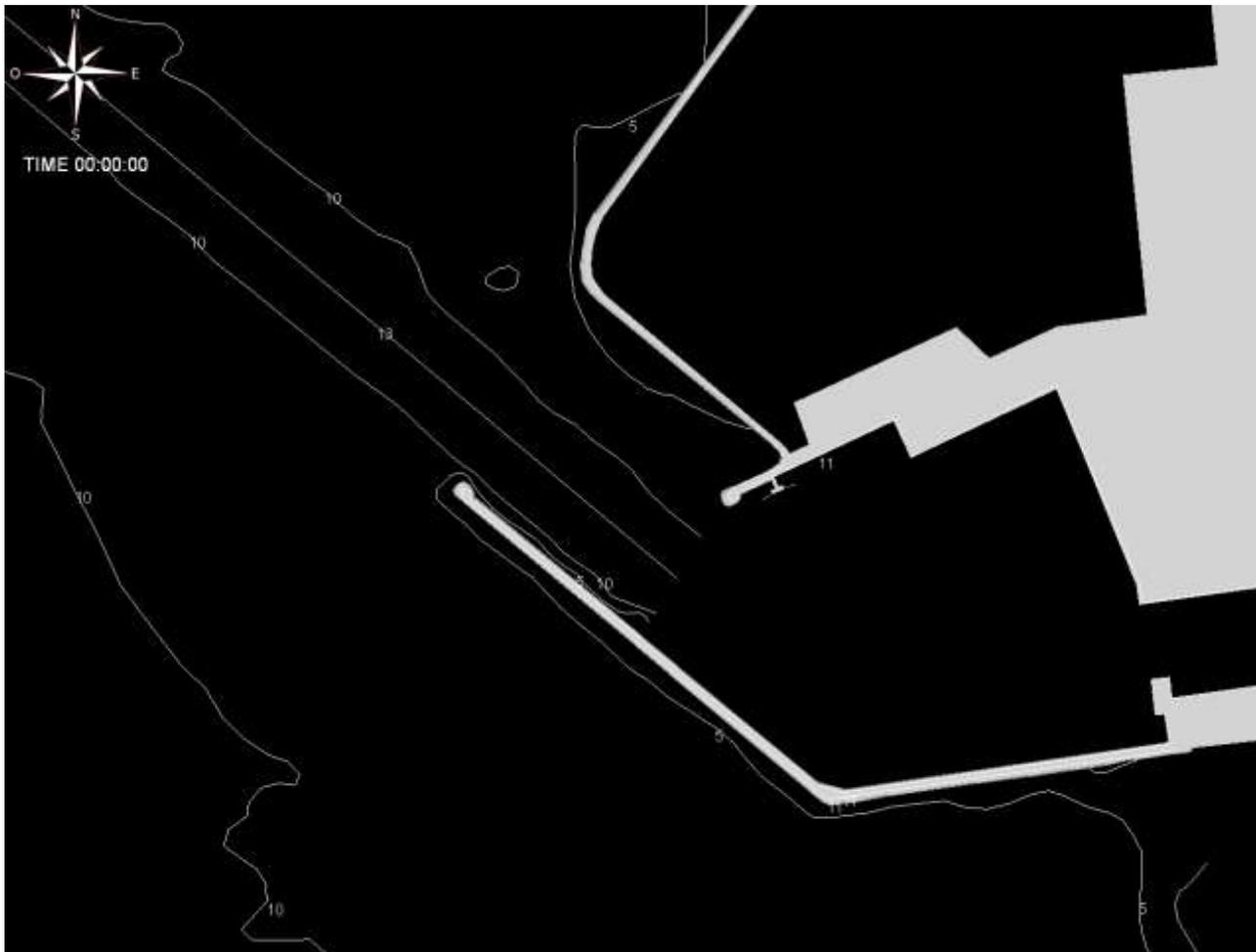


Figura 3-1 Simulatore SAND – Layout 2D del Porto di Oristano

La **mappa del porto** (Rif. 3) è orientata secondo il Nord geografico, come indicato dalla rosa dei venti riportata in alto a sinistra. Un indicatore del tempo in ore, minuti e secondi è riportato subito sotto il simbolo della rosa dei venti.

La posizione iniziale delle unità in ingresso è stata generalmente posta, in accordo coi Piloti e l'Autorità Marittima, in prossimità dell'imboccatura del porto, con prua orientata per 130°N e velocità di circa 3-4 kn. La posizione e la velocità iniziali delle unità bulk carrier che transitano in

ingresso/uscita dal Porto è variata in funzione della specifica manovra da simulare (cfr. **Paragrafo 6.2**).

Le dimensioni massime della **nave gasiera considerata come ingombro** nelle simulazioni di transito della nave bulk carrier sono LOA x B = 190.0 m x 30.0 m (la più grande delle due unità considerate in questo studio).

Si veda a tal proposito la **Figura 3-2**, in cui è riportata una mappa in cui è stato considerato l'accosto della gasiera.

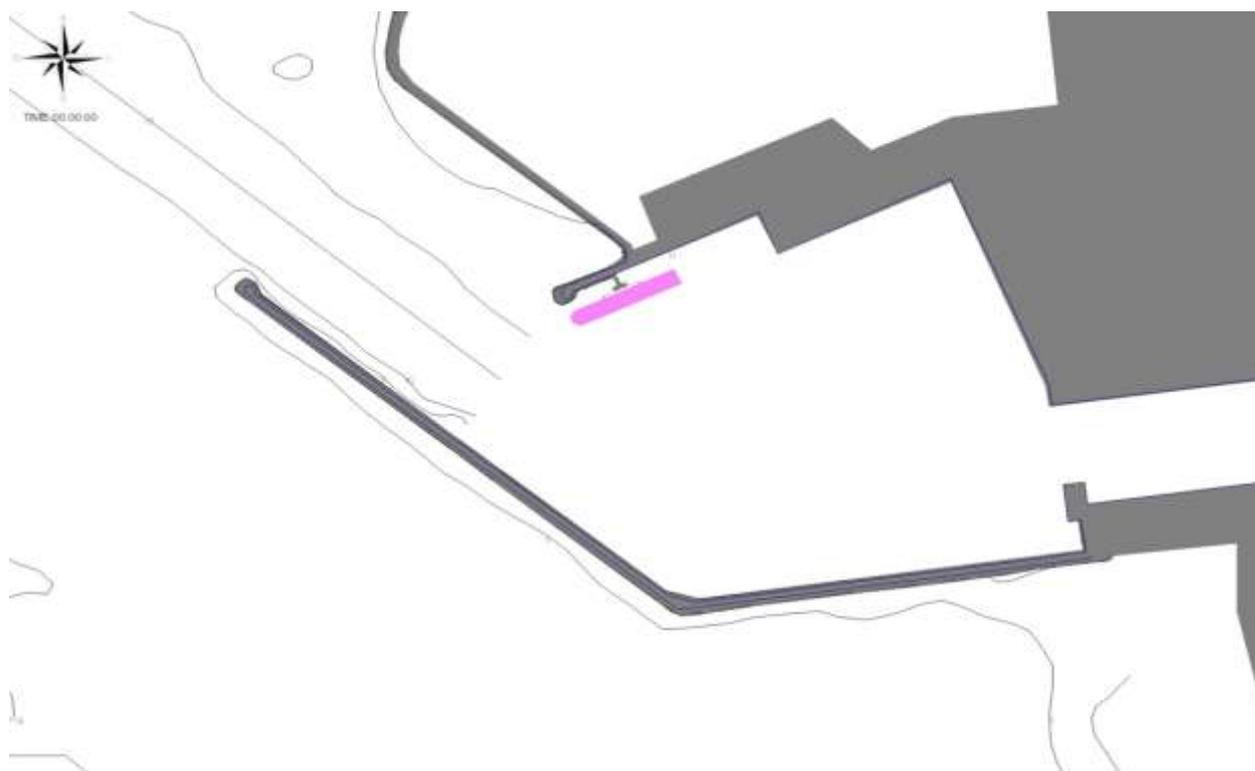


Figura 3-2 Simulatore SAND – Ingombro nave gasiera considerato nel layout 2D/punto di partenza in uscita

La posizione iniziale della gasiera in manovra di uscita corrisponde (per entrambe le unità) alla rappresentazione in **Figura 3-2**.

Per quanto riguarda gli scenari meteomarinari, come verrà illustrato più avanti nel corso di questo paragrafo, per ogni configurazione che si è deciso di studiare sono state prese in considerazione, secondo le indicazioni fornite dall'Autorità Marittima in accordo coi Piloti, l'intensità e la direzione del vento all'interno del paraggio in studio, inserendo come input del simulatore i relativi parametri numerici di cui tener conto di volta in volta nell'impostazione della tecnica di manovra al simulatore.

La batimetria del Porto, visibile anche nelle **Figura 3-1** e **Figura 3-2**, è stata schematizzata utilizzando i dati forniti dal Cliente (Rif. 4). La posizione iniziale dell'unità simulata in uscita dal Porto (solo nave portacontainer) è situata parallela alla propria banchina di accosto, con prua rivolta verso l'esterno.

4 DATI GEOMETRICI DI INPUT DELLE SIMULAZIONI

Nel seguito vengono illustrate le caratteristiche principali delle navi gasiere e delle navi bulk carrier prese in considerazione per questo studio di manovrabilità.

Come si è detto in precedenza, visti gli scopi dello studio (cfr. **Capitolo 1**), al simulatore sono state testate sia le manovre di ingresso o uscita delle navi gasiere relativamente al Terminal del Cliente, sia le manovre delle navi bulk carrier in solo transito in ingresso o uscita in presenza di una nave gasiera in accosto, considerando in entrambi i casi anche il contemporaneo verificarsi di avarie.

- Le *caratteristiche manovriere di ciascuna nave*, ovvero la tempistica e le modalità di reazione ai comandi impartiti dalla plancia del simulatore, sono state verificate positivamente durante l'esecuzione delle manovre da parte dei Piloti. In particolare, per l'esecuzione delle manovre di emergenza che hanno previsto l'utilizzo delle ancore, il modello manovriero delle navi, relativamente all'utilizzo delle ancore, è stato opportunamente tarato in modo da riprodurre il più fedelmente possibile le modalità di presa da parte dell'ancora sul fondale roccioso del paraggio in studio.
- Il *modello manovriero delle unità* è stato definito inizialmente accedendo al database dei dati reali misurati da CETENA su unità della tipologia più simile a quella richiesta dal Cliente per l'esecuzione dello studio, e tarando i coefficienti idrodinamici delle equazioni del moto caratterizzati grazie ai modelli di manovrabilità a disposizione nella libreria del simulatore. Al simulatore di manovra (cfr. Figura 4-1) è stato quindi testato il modello che rappresenta al meglio la famiglia di navi della tipologia richiesta.



Figura 4-1 Simulatore SAND – Esecuzione delle manovre

- Per quanto riguarda l'utilizzo di *rimorchiatori* (cfr. anche **Figura 4-1**), è stata valutata la fattibilità delle manovre al simulatore con l'ausilio di rimorchiatori aventi caratteristiche uguali a quelle delle unità attualmente in dotazione presso il Porto di Oristano, tutti dotati di propulsione di tipo *tradizionale* (elica e timone). Sono stati caratterizzati, a scopo di test e verifica a seconda della tipologia di manovra da simulare, anche altri rimorchiatori (appartenenti alla stessa Società ma dislocati normalmente su altri Porti), dotati di propulsione di tipo *azimutale* (Voith-Schneider).

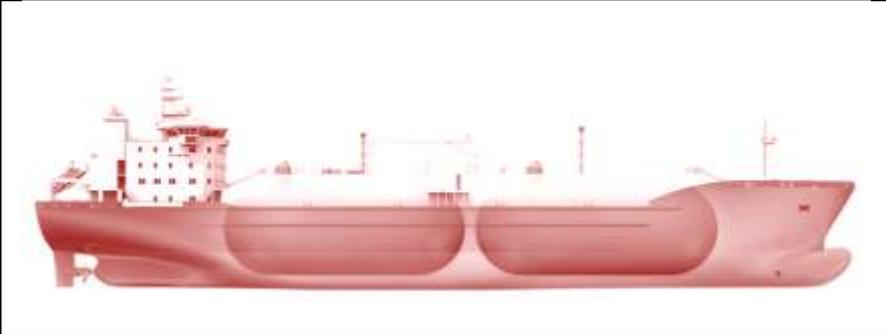
Le modalità di assistenza in manovra (cfr. anche **Paragrafo 4.4**) sono state modulate dagli operatori in modo da riprodurre l'utilizzo che normalmente è possibile fare in funzione delle caratteristiche di manovrabilità dei mezzi, siano essi tradizionali o azimutali. Eventuali scostamenti rispetto alla realtà riscontrati in alcuni test, ad esempio nell'utilizzo del rimorchiatore legato a poppa utilizzato di fatto come un azimutale anziché come un tradizionale, sono stati puntualmente rilevati (cfr. **Paragrafo 6.2**), in modo tale da non inficiare il giudizio sulla fattibilità della manovra, ma anzi da fornire gli elementi per la valutazione delle caratteristiche dei rimorchiatori necessarie a garantirne il buon esito.

4.1 Caratteristiche principali della nave gasiera (LOA = 190 m)

Le caratteristiche principali della nave LNG da 190 m di lunghezza sono state riassunte in Tabella 4-1.

La nave è una monoelica a pale orientabili, è propulsa da un apparato motore che sviluppa 9000 kW ed ha una velocità massima di 16 nodi.

E' munita inoltre di 1 bow thruster da 850 kW di potenza.



Ship main data		
Max speed	16.0	knots
Length between perpendiculars	180.0	m
Length over all	190.0	m
Beam	30.0	m
Draught	7.6	m
Displacement	34000	t
Frontal wind area	420	m ²
Lateral wind area	1600	m ²
Propeller data		
Propeller number	1	CPP
Blades number	-	
Diameter	5	m
Propeller revolutions	100	RPM
Engine data		
Engine power	9000	kW
Transverse thrusters		
Bow thrusters	850	kW

Tabella 4-1 Caratteristiche principali della nave LNG da 190.0 m (horizontal cylinder tanks – ca 30000 CBM)

Come già anticipato, sono state eseguite manovre in condizioni di emergenza, in cui è stato simulato anche il black out delle macchine, con conseguente interruzione del funzionamento del motore, oltre che del timone e dei thruster.

4.2 Caratteristiche principali della nave gasiera (LOA = 165 m)

Le caratteristiche principali della nave LNG da 165 m di lunghezza sono state riassunte in Tabella 4-2.

La nave è una monoelica a pale orientabili, è propulsa da un apparato motore che sviluppa 9000 kW ed ha una velocità massima di 16.0 nodi.

E' munita inoltre di 1 bow thruster da 850 kW di potenza.



Ship main data		
Max speed	16.0	knots
Length between perpendiculars	155.0	m
Length over all	165	m
Beam	26.7	m
Draught	7.6	m
Displacement	25800	t
Frontal wind area	370	m ²
Lateral wind area	1382	m ²
Propeller data		
Propeller number	1	CPP
Blades number	-	
Diameter	5	m
Propeller revolutions	100	RPM
Engine data		
Engine power	8000	kW
Transverse thrusters		
Bow thrusters	850	kW

Tabella 4-2 Caratteristiche principali della nave gasiera da 165 m (horizontal cylinder tanks – ca 18000 CBM)

Come già anticipato, sono state eseguite manovre in condizioni di emergenza, in cui è stato simulato anche il black out delle macchine, con conseguente interruzione del funzionamento del motore, oltre che del timone e dei thruster.

4.3 Caratteristiche principali delle navi bulk carrier

Come accennato in precedenza, sono state svolte manovre di *solo transito* in ingresso/uscita in caso di avaria dovuta a black out, cioè un'interruzione improvvisa del funzionamento dei motori di propulsione, delle eliche, dei timoni e del bow thruster.

I modelli manovrieri delle tre unità testate al simulatore (rispettivamente da 200 m, 130 m e 80 m di lunghezza massima, cfr. Figura 4-2) sono stati pertanto caratterizzati, oltre che dal punto di vista geometrico, solo per quanto riguarda la condizione di carico, ovvero il dislocamento, l'immersione e le superfici esposte.



Figura 4-2 Nave bulk carrier – immagine rappresentativa dell'opera morta

Le caratteristiche principali dell'unità da 200 m di lunghezza massima sono riportate in Tabella 4-3:

Bulk carrier 200 m - Ship main data		
Length between perpendiculars	196.0	m
Length over all	200.0	m
Beam	32.0	m
Draught	9.6	m
Displacement	51000	t
Frontal wind area	860	m ²
Lateral wind area	3600	m ²

Tabella 4-3 Caratteristiche principali dell'unità da 200 m

Di seguito, le caratteristiche principali dell'unità da 130 m di lunghezza massima sono riportate in Tabella 4-4:

Bulk carrier 130 m - Ship main data		
Length between perpendiculars	125.0	m
Length over all	130.0	m
Beam	19.0	m
Draught	6.5	m
Displacement	12844	t
Frontal wind area	380	m ²
Lateral wind area	1200	m ²

Tabella 4-4 Caratteristiche principali dell'unità da 130 m

Infine, le caratteristiche principali dell'unità da 80 m di lunghezza massima sono riportate in Tabella 4-5:

Bulk carrier 80 m - Ship main data		
Length between perpendiculars	70	m
Length over all	80	m
Beam	14	m
Draught	4.5	m
Displacement	3528	t
Frontal wind area	250	m ²
Lateral wind area	740	m ²

Tabella 4-5 Caratteristiche principali dell'unità da 80 m

Come già anticipato in precedenza, le manovre sono state svolte, oltre che con l'ausilio eventuale di rimorchiatori, anche delle ancore e catene di cui le navi sono normalmente equipaggiate, caratterizzate in modo tale da rappresentare il più realisticamente possibile la tempistica di presa sul fondo roccioso tipico del Porto di Oristano (cfr. **Capitolo 2**).

4.4 Caratteristiche principali dei rimorchiatori

Le caratteristiche principali dei rimorchiatori considerati nel modello di simulazione sono le stesse di quelli attualmente impiegati presso il Porto di Oristano. In **Tabella 4-6** [Rif. 5] e **Tabella 4-7** [Rif. 6] sono riportate le caratteristiche principali dei rimorchiatori a **propulsione tradizionale** (elica e timone) utilizzati in simulazione.

Pina Onorato - B.P.= 42 t	
	
Lunghezza fuori tutto	29.35 m
Larghezza massima	9.05 m
Lunghezza massima del cavo	30 m
PTF	42 ton
Tipologia rimorchiatore	Tradizionale

Tabella 4-6 Caratteristiche tecniche del primo rimorchiatore da 42.0 t di tiro massimo (tradizionale)

Silvia Onorato - B.P.= 41 t	
	
Lunghezza fuori tutto	29.01 m
Larghezza massima	8.60 m
Lunghezza massima del cavo	30 m
PTF	41 ton
Tipologia rimorchiatore	Tradizionale

Tabella 4-7 Caratteristiche tecniche del primo rimorchiatore da 42.0 t di tiro massimo (tradizionale)

I rimorchiatori sono stati schematizzati nel simulatore sulle due unità realmente esistenti "Pina Onorato" e "Silvia Onorato" (2250 kW di potenza, circa 40 t di bollard pull, e dimensioni principali di circa 30 m di lunghezza e 9 m di larghezza), tarandone l'operatività durante le operazioni di rimorchio, ovvero la velocità di spostamento e di rotazione attorno alla nave, sulla base delle

indicazioni fornite dagli operatori portuali. In generale, per l'esecuzione dei test relativi a questo studio è stato scelto di operare facendo riferimento ad una squadra composta da uno o due rimorchiatori, eventualmente anche di tipo azimutale, nei casi in cui, a giudizio dei Piloti e dell'Autorità Marittima, si siano resi necessari mezzi più moderni e manovrieri di quelli attuali (solo tradizionali) per poter manovrare in sicurezza.

In **Tabella 4-8** sono riportate le caratteristiche principali del rimorchiatore a propulsione **azimutale** (Voith-Schneider) da 54 t di bollard pull utilizzato in alcune simulazioni [Rif. 7].

Tommaso Onorato - B.P. = 54 t	
	
Lunghezza fuori tutto	28.00 m
Larghezza massima	11.0 m
Lunghezza massima del cavo	20 m
PTF	54 ton
Tipologia rimorchiatore	Azimutale

Tabella 4-8 Caratteristiche tecniche del primo rimorchiatore da 54.0 t di tiro massimo (azimutale)

- Le diverse caratteristiche di queste unità, sia considerando la conformazione dello scafo sia considerando la potenza e agilità fornita dai propulsori, fanno sì che il rendimento della forza propulsiva per questa tipologia di rimorchiatori, più moderni e manovrieri, sia estremamente efficace in ogni direzione di tiro, voltato a prua o a poppa di una nave.
- Nella fattispecie, la tecnica di manovra da parte dei rimorchiatori in ausilio è stata impostata secondo le indicazioni dei Piloti, considerando le caratteristiche delle navi da simulare, al variare delle condizioni meteomarine di volta in volta prese in considerazione ed in particolare tenendo conto nelle modalità di intervento offerte dalla tipologia del rimorchiatore a disposizione.
- I rimorchiatori sono stati quindi utilizzati in numero di 1 unità (tipicamente, il rimorchiatore tradizionale da 42 t legato a poppa oppure quello azimutale, se richiesto dalla manovra specifica) oppure in coppia (il rimorchiatore tradizionale da 41 t legato a prua ed il secondo, eventualmente azimutale, legato a poppa).

Per la rappresentazione al simulatore dei rimorchiatori, azionati tramite un touch screen dedicato sulla parte destra in basso della plancia del SAND (cfr. Figura 4-1), si tenga presente che è

possibile gestirne sia la posizione attorno alla nave, che la percentuale di potenza erogata in tiro o in spinta, variata in tempo reale dall'operatore (Com. Tanca - Moby), in base alle indicazioni del Pilota al comando dell'unità navale simulata, nel rispetto della pratica comunemente utilizzata nel Porto di Oristano.

5 CONDIZIONI METEOMARINE

Le condizioni meteomarine scelte per le simulazioni sono basate sulle indicazioni fornite a CETENA dal Cliente, su consiglio dei Piloti del Porto di Oristano.

- Per i test svolti nelle due giornate sono state individuate le condizioni di riferimento per la navigazione simulata, caratterizzandole tramite velocità e direzione del *vento* (simulato con raffica, misurato in nodi). Non sono state prese in considerazione condizioni meteomarine in cui vi sia la presenza di *formazione ondososa* né dell'azione della *corrente*, date le caratteristiche del paraggio portuale in studio.
- Con riferimento agli obiettivi di questo studio di manovrabilità (cfr. **Capitolo 1**) per le simulazioni sono state scelte in particolare le condizioni di vento di massima traversia, ovvero vento di Tramontana (proveniente da NW), che investe la nave che percorre il canale di accesso al Porto longitudinalmente per poi agire al traverso di sinistra quando la nave evoluisce in manovra in Avamporto, e di Scirocco (proveniente da SE), che invece è perpendicolare all'ormeggio del Terminal GNL in studio. In un unico test, svolto sulla nave bulk carrier da 130 m considerata in ingresso in condizioni di emergenza, è stata testata la manovra di arresto con vento di Libeccio (proveniente da SW), che agisce al traverso di dritta della nave.

I primi test sulle navi gasiere sono stati svolti in condizioni di bonaccia (calma assoluta), a scopo di calibratura del simulatore e di presa di confidenza da parte del Pilota rispetto ai comandi della plancia, nell'ambiente virtuale. Le condizioni meteomarine adottate nello studio sono sintetizzate nella seguente Tabella 5-1.

CONDIZIONI METEOMARINE	
Simulazioni di Manovrabilità - Porto di Oristano	
Condizione	Vento - Direzione ed intensità
estrema	NW (315°N) - Tramontana, 30 kn
ordinaria	SE (135°N) – Scirocco, 0-10 kn
severa	SE (135°N) – Scirocco, 20 kn
estrema	SE (135°N) – Scirocco, 30 kn
severa	SW (225°N) – Libeccio, 20 kn

Tabella 5-1 Condizioni meteomarine utilizzate nello studio

6 CONDIZIONI FINALI DI SIMULAZIONE E LORO ESECUZIONE

Definiti i singoli aspetti delle simulazioni (schematizzazione del layout portuale, fondali, caratteristiche principali delle unità navali e dei rimorchiatori, condizioni meteomarine) CETENA ha messo a disposizione del Cliente e di tutti gli operatori invitati il simulatore per l'esecuzione delle prove di manovrabilità, svoltesi in due sessioni durante le giornate del **10 e 11 luglio 2019**.

- Come si vedrà dalla descrizione dettagliata delle manovre svolte, il programma effettivo è stato sviluppato in corso d'opera scegliendo le unità e la tipologia di manovra da eseguire a partire dai ragionamenti già discussi dall'Autorità Marittima in preparazione del lavoro (Rif. 1) e adattandoli ai risultati ottenuti man mano al simulatore. Per questo motivo, ad esempio, la maggioranza delle manovre è stata svolta sulla nave gasiera da 190 m, ipotizzando di poter estendere le conclusioni anche alla nave di taglia inferiore lunga 165 m.

I principali aspetti e le criticità emerse durante le simulazioni eseguite man mano sono stati discussi fra tutti i presenti già in corso d'opera, e condivisi al termine della giornata dell'11 luglio durante una riunione collegiale finale, in cui è stato possibile raccogliere le osservazioni conclusive del lavoro svolto.



Figura 6-1 Riunione di debriefing dopo le simulazioni - Discussione dei risultati

L'insieme di tutti i commenti e le osservazioni scaturite da questo studio al simulatore è riportato accuratamente nelle **Conclusioni** al termine di questo rapporto (v. **Capitolo 7**).

6.1 Elenco e risultati delle manovre eseguite al simulatore

In **Tabella 6-1** e **Tabella 6-2** sono elencate le prove che sono state eseguite al simulatore rispettivamente durante le giornate del **10 e 11 luglio 2019**, nei vari scenari meteomarini che si è deciso di testare (per comodità qui classificati come ordinari, severi ed estremi), riportando inoltre il dettaglio relativo agli *ingombri* eventualmente presenti nel layout portuale preso in esame (nave gasiera in accosto al Terminal GNL in caso di manovra con la nave bulk carrier) e il tipo della manovra (I= ingresso, U=uscita).

Le unità in simulazione sono state identificate sinteticamente dalla tipologia (LNG o bulk carrier) e dalla lunghezza LOA (cfr. **Capitolo 4**).

ELENCO DELLE MANOVRE ESEGUITE AL SIMULATORE - PORTO CANALE DI CAGLIARI -							
	Nave	Ingombri	N° TEST	TIPO	VENTO		Scenario Meteomarino
					Velocità [kn]	Direzione [°]	
SESSIONE DEL 10/07/2019	LNG 165 m	//	M01	I	//	//	ordinario
	LNG 165 m	//	M02	U	//	//	ordinario
	LNG 190 m	//	M03	I	//	//	ordinario
	LNG 190 m	//	M04	U	//	//	ordinario
	LNG 190 m	//	M05	I	30	315	estremo
	LNG 190 m	//	M06	I	30	315	estremo
	LNG 190 m	//	M07	U	30	135	estremo
	LNG 190 m	//	M08	U	30	135	estremo
	LNG 190 m	//	M09	U	20	135	severo
	LNG 190 m	//	M10	U	10	135	ordinario
	LNG 190 m	//	M11	I	30	135	estremo
	LNG 190 m	//	M12	U	30	315	estremo
	LNG 190 m	//	M13*	U	//	//	ordinario
	LNG 190 m	//	M14	U	30	135	estremo
	Bulk 200 m	LNG 190 m	M15	I	30	135	estremo
	Bulk 200 m	LNG 190 m	M16	U	30	135	estremo
	Bulk 200 m	LNG 190 m	M17*	U	20	135	severo
	Bulk 200 m	LNG 190 m	M18	U	10	135	ordinario
	Bulk 200 m	LNG 190 m	M19	I	30	135	estremo
	Bulk 200 m	LNG 190 m	M20	U	30	135	estremo
	Bulk 200 m	LNG 190 m	M21	U	30	135	estremo

Tabella 6-1 Elenco dei test eseguiti durante la sessione del 10/07/2019 (1° giornata)

- Si precisa che le manovre indicate con l'asterisco in **Tabella 6-1** (M13 e M17) sono test che sono stati semplicemente discussi e non effettivamente eseguiti al simulatore, in quanto le conclusioni sull'esito della manovra hanno potuto essere valutate direttamente dai Piloti in base alle informazioni raccolte con le manovre precedenti.

Di seguito analogamente viene presentata la **Tabella 6-2** relativa alle simulazioni svolte nella seconda e ultima giornata dell'**11 luglio 2019**.

SESSIONE DEL 11/07/2019	ELENCO DELLE MANOVRE ESEGUITE AL SIMULATORE - PORTO CANALE DI CAGLIARI -						
	Nave	Ingombri	N° TEST	TIPO	VENTO		Scenario Meteomarinò
					Velocità [kn]	Direzione [°]	
	Bulk 130 m	LNG 190 m	M22	U	20	135	severo
	Bulk 130 m	LNG 190 m	M23	U	20	135	severo
	Bulk 130 m	LNG 190 m	M24	U	20	135	severo
	Bulk 130 m	LNG 190 m	M25	U	30	135	estremo
	Bulk 130 m	LNG 190 m	M26	U	30	135	estremo
	Bulk 80 m	LNG 190 m	M27	U	20	135	severo
	Bulk 130 m	LNG 190 m	M28	I	30	135	estremo
	Bulk 130 m	LNG 190 m	M29	I	20	225	severo

Tabella 6-2 Elenco dei test eseguiti durante la sessione del 10/07/2019 (2° e ultima giornata)

- E' importante rilevare nuovamente che, alla luce degli scopi del lavoro, le manovre sulle unità bulk carrier indicate come di ingresso o uscita sono in realtà solo di "transito" in ingresso/uscita dal porto, come indicato nella successiva **Tabella 6-3**.

In questa tabella, infatti, è stato riportato il dettaglio relativo all'esecuzione della singola manovra in caso di emergenza (es. improvviso black out), l'eventuale utilizzo e la tipologia di rimorchiatori (numero, potenza di tiro e caratteristiche di propulsione tradizionale o azimutale) come verrà spiegato più avanti nel **Paragrafo 6.2** dettagliando la descrizione dello svolgimento dei test.

- Si precisa che nelle manovre in cui la dicitura "tradizionale", riferita alla tipologia dei rimorchiatori in uso, è indicata con il doppio asterisco (M01, M02, M03, M04), l'esecuzione dei comandi impartiti ai rimorchiatori nella simulazione è stata svolta senza rispettare strettamente i limiti operativi tipici di questa tipologia di mezzi, ad esempio nelle posizioni assunte rispetto alla nave in movimento, ma utilizzandoli di fatto come rimorchiatori azimutali. Nelle manovre seguenti (M05÷M29), l'utilizzo dei rimorchiatori è stato invece mantenuto il più possibile conforme all'utilizzo che se ne può fare nella realtà, distinguendo fra rimorchiatore tradizionale oppure azimutale. Le conclusioni raccolte man mano durante lo svolgimento delle simulazioni hanno tenuto conto di tutti questi aspetti.

Nave	Ingombri	N° TEST	DETTAGLIO SUL TIPO DI MANOVRA	N° e Tipo Rimorchiatori	VENTO	
					Velocità [kn]	Direzione [°]
LNG 165 m	//	M01	ingresso	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi tradizionali**	//	//
LNG 165 m	//	M02	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 42 t a poppa, tradizionale**	//	//
LNG 190 m	//	M03	ingresso	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi tradizionali**	//	//
LNG 190 m	//	M04	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 42 t a poppa, tradizionale**	//	//
LNG 190 m	//	M05	ingresso	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi tradizionali	30	315
LNG 190 m	//	M06	ingresso	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi tradizionali	30	315
LNG 190 m	//	M07	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 42 t a poppa, tradizionale	30	135
LNG 190 m	//	M08	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi tradizionali	30	135
LNG 190 m	//	M09	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 42 t a poppa, tradizionale	20	135
LNG 190 m	//	M10	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 42 t a poppa, tradizionale	10	135
LNG 190 m	//	M11	ingresso	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi tradizionali	30	135

Tabella 6-3 Elenco dei test eseguiti con dettaglio ulteriore sulla tipologia di manovra (manovra completa, solo transito e/o eventuali condizioni di emergenza)

Nave	Ingombri	N° TEST	DETTAGLIO SUL TIPO DI MANOVRA	N° e Tipo Rimorchiatori	VENTO	
					Velocità [kn]	Direzione [°]
LNG 190 m	//	M12	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 42 t a poppa, tradizionale	30	315
LNG 190 m	//	M13*	uscita, in caso di nave in avaria (black out)	1 da 42 t a poppa, tradizionale	//	//
LNG 190 m	//	M14	uscita, in caso di nave in avaria (black out)	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi tradizionali	30	135
Bulk 200 m	LNG 190 m	M15	transito in ingresso, in caso di nave in avaria (black out) all'imboccatura	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi tradizionali	30	135
Bulk 200 m	LNG 190 m	M16	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) in Avamporto	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi tradizionali	30	135
Bulk 200 m	LNG 190 m	M17*	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) in Avamporto	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi tradizionali	20	135
Bulk 200 m	LNG 190 m	M18	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) in Avamporto	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi tradizionali	10	135
Bulk 200 m	LNG 190 m	M19	transito in ingresso, in caso di nave in avaria (black out) in Avamporto	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi tradizionali	30	135

Tabella 6-3 Elenco dei test eseguiti con dettaglio ulteriore sulla tipologia di manovra (manovra completa, solo transito e/o eventuali condizioni di emergenza) - continuazione

Nave	Ingombri	N° TEST	DETTAGLIO SUL TIPO DI MANOVRA	N° e Tipo Rimorchiatori	VENTO	
					Velocità [kn]	Direzione [°]
Bulk 200 m	LNG 190 m	M20	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) più vicino a Banchina Riva Nord	1 da 42 t a poppa, tradizionale	30	135
Bulk 200 m	LNG 190 m	M21	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) più vicino a Banchina Riva Nord	1 da 54 t a poppa, azimutale	30	135
Bulk 130 m	LNG 190 m	M22	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) in Avamporto	//	20	135
Bulk 130 m	LNG 190 m	M23	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) di fronte a Banchina Riva Est	//	20	135
Bulk 130 m	LNG 190 m	M24	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) all'imboccatura	//	20	135
Bulk 130 m	LNG 190 m	M25	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) di fronte a Banchina Riva Est	1 da 41 t a prua, tradizionale	30	135

Tabella 6-3 Elenco dei test eseguiti con dettaglio ulteriore sulla tipologia di manovra (manovra completa, solo transito e/o eventuali condizioni di emergenza) - continuazione

Nave	Ingombri	N° TEST	DETTAGLIO SUL TIPO DI MANOVRA	N° e Tipo Rimorchiatori	VENTO	
					Velocità [kn]	Direzione [°]
Bulk 130 m	LNG 190 m	M26	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) di fronte a Banchina Riva Nord	1 da 41 t a prua, tradizionale	30	135
Bulk 80 m	LNG 190 m	M27	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) di fronte a Banchina Riva Nord	disponibile 1 da 41 t a prua, tradizionale	20	135
Bulk 130 m	LNG 190 m	M28	transito in ingresso, in caso di nave in avaria (black out) all'imboccatura	1 da 42 t a poppa, tradizionale	30	135
Bulk 130 m	LNG 190 m	M29	transito in ingresso, in caso di nave in avaria (black out) all'imboccatura	1 da 42 t a poppa, tradizionale	20	225

Tabella 6-3 Elenco dei test eseguiti con dettaglio ulteriore sulla tipologia di manovra (manovra completa, solo transito e/o eventuali condizioni di emergenza) - fine

Per quanto riguarda la tecnica di manovra di *ingresso*, a partire dal punto iniziale di start delle simulazioni (es. presso l'imboccatura), l'esecutore della manovra normalmente regola l'andatura della nave nelle fasi immediatamente successive.

- In generale, *le manovre di ingresso della nave gasiera* (LOA= 165 m o 190 m) si sono svolte con l'ausilio dei due rimorchiatori tradizionali da 42 t e 41 t, rispettivamente legati in filo di poppa e di prua, col cavo inizialmente in bando, effettuando il transito fino a oltrepassare l'imboccatura ed effettuando poi l'evoluzione (es. sulla sinistra in caso di vento da NW e sulla dritta in caso di vento da SE), sempre con l'ausilio dei rimorchiatori, all'interno del bacino evolutivo prospiciente il Terminal GNL in progetto, e avvicinandosi verso l'accosto tramite l'uso combinato di macchina, timone, thruster e rimorchiatori.
- *Le manovre di solo transito (in ingresso/uscita) della nave bulk carrier* (LOA= 200 m, 130 m o 80 m) si sono svolte limitatamente al tratto compreso fra il punto di partenza, stabilito

nei pressi del Terminal GNL (es. di fronte a Banchina Riva Nord), ipotizzando il sopraggiungere di un'avaria, e hanno avuto una durata tale da consentire di verificare la fattibilità dell'arresto nave (con e senza 1 o più rimorchiatori, e l'utilizzo eventuale delle ancore) e la possibilità di interferenza con la nave GNL da 190 m di lunghezza all'ormeggio.

- *Le manovre di uscita svolte sulla nave gasiera* sono state svolte tramite l'uso combinato di macchina e timone, facendo partire la simulazione quando la nave si trova in partenza a velocità zero all'accosto, assistita dai 1/2 rimorchiatori e avendo il thruster in funzione. Si tratta di manovre di uscita svolte in condizioni di emergenza, in analogia a quanto sopra riportato per le bulk carrier, simulando il black out della nave, principalmente per verificare la fattibilità dell'uscita in caso di necessità di dover liberare rapidamente l'accosto.
- *Per quanto riguarda il giudizio sulla fattibilità delle manovre testate al simulatore* su entrambe le tipologie di unità in "condizioni standard" (senza black out o avarie), le simulazioni di manovra, per quanto riguarda le manovre di *ingresso*, sono state ritenute concluse con esito positivo relativamente agli scopi dello studio ("*manovra riuscita*") nel momento in cui il Pilota ha ritenuto che la manovra è risultata fattibile garantendo sufficienti condizioni di sicurezza e che la dinamica della nave è stata totalmente sotto controllo da parte delle macchine e dei rimorchiatori, se presenti. Allo stesso modo, per quanto riguarda la manovra di *uscita*, essa è stata ritenuta conclusa positivamente quando la manovra non risulta problematica dal punto di vista del disormeggio in presenza di agenti meteorologici e con le dotazioni di rimorchiatori scelte per effettuare il test, con nave libera di navigare verso l'imboccatura del Porto e proseguire, da lì, in acque cosiddette sicure.
- *Per quanto riguarda il giudizio sulla fattibilità delle manovre testate al simulatore in "condizioni di emergenza"* (con black out e avarie, e l'eventuale utilizzo delle ancore e/o l'ausilio di rimorchiatori), la manovra è stata giudicata come "*riuscita*" nel momento in cui, specificamente per le unità tipo bulk carrier, la traiettoria e la dinamica residuale della nave al passaggio di fronte al Terminal GNL in cui si trova la nave gasiera all'ormeggio avviene senza il rischio di collisioni e ad una sufficiente distanza di sicurezza.

Di seguito, in **Tabella 6-4**, vengono presentati, manovra per manovra, il dettaglio delle condizioni meteorologiche associate a ciascun test, il tipo della manovra (I= ingresso e U=uscita, con eventuali indicazioni in caso di manovra di solo transito e/o di emergenza per black out o altre avarie), l'unità in simulazione (gasiera oppure bulk carrier), gli ingombri presenti e il numero e le caratteristiche dei rimorchiatori eventualmente utilizzati, nonché l'esito commentato, in estrema sintesi, di queste prove.

ID PROVA	NAVE	INGOMBRI	CONDIZIONI METEOMARINE		TIPO MANOVRA	TUGS	ESITO AL SIMULATORE
			VENTO				
			Velocità [kn]	Dir. [°]			
M01	LNG 165 m	//	//	//	ingresso	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi trad.**	Manovra riuscita
M02	LNG 165 m	//	//	//	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 42 t a poppa, trad.**	Manovra riuscita
M03	LNG 190 m	//	//	//	ingresso	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi trad.**	Manovra riuscita
M04	LNG 190 m	//	//	//	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 42 t a poppa, trad.**	Manovra riuscita
M05	LNG 190 m	//	30	315	ingresso	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi trad.	Manovra NON riuscita
M06	LNG 190 m	//	30	315	ingresso	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi trad.	Manovra riuscita
M07	LNG 190 m	//	30	135	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 42 t a poppa, trad.	Manovra NON riuscita
M08	LNG 190 m	//	30	135	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi trad.	Manovra riuscita
M09	LNG 190 m	//	20	135	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 42 t a poppa, trad.	Manovra riuscita AL LIMITE

Tabella 6-4 Prove del 10-11/07/2019 – esito e commenti (continua)

ID PROVA	NAVE	INGOMBRI	CONDIZIONI METEOMARINE		TIPO MANOVRA	TUGS	ESITO AL SIMULATORE
			VENTO				
			Velocità [kn]	Dir. [°]			
M10	LNG 190 m	//	10	135	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 42 t a poppa, trad.	Manovra riuscita
M11	LNG 190 m	//	30	135	ingresso	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, trad.li	Manovra riuscita
M12	LNG 190 m	//	30	315	uscita, in caso di emergenza del pontile	1 da 42 t a poppa, trad.	Manovra riuscita
M13*	LNG 190 m	//	//	//	uscita, in caso di nave in avaria (black out)	1 da 42 t a poppa, trad.	Manovra non fattibile, servono 2 tugs
M14	LNG 190 m	//	30	135	uscita, in caso di nave in avaria (black out)	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, trad.li	Manovra riuscita
M15	Bulk 200 m	LNG 190 m	30	135	transito in ingresso, in caso di nave in avaria (black out) all'imboccatura	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, entrambi trad.	Manovra riuscita
M16	Bulk 200 m	LNG 190 m	30	135	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) in Avamporto	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, trad.li	Manovra riuscita, ma serve 1 azimutale
M17*	Bulk 200 m	LNG 190 m	20	135	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) in Avamporto	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, trad.li	Manovra non fattibile, serve 1 azimutale
M18	Bulk 200 m	LNG 190 m	10	135	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) in Avamporto	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, trad.li	Manovra riuscita

Tabella 6-4 Prove del 10-11/07/2019 – esito e commenti (continua)

ID PROVA	NAVE	INGOMBRI	CONDIZIONI METEOMARINE		TIPO MANOVRA	TUGS	ESITO AL SIMULATORE
			VENTO				
			Velocità [kn]	Dir. [°]			
M19	Bulk 200 m	LNG 190 m	30	135	transito in ingresso, in caso di nave in avaria (black out) in Avamporto	1 da 41 t a prua, 1 da 42 t a poppa, trad.li	Manovra riuscita
M20	Bulk 200 m	LNG 190 m	30	135	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) più vicino a Banchina Riva Nord	1 da 42 t a poppa, tradizionale	Manovra riuscita
M21	Bulk 200 m	LNG 190 m	30	135	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) più vicino a Banchina Riva Nord	1 da 54 t a poppa, azimutale	Manovra riuscita
M22	Bulk 130 m	LNG 190 m	20	135	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) in Avamporto	//	Manovra riuscita
M23	Bulk 130 m	LNG 190 m	20	135	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) di fronte a Banchina Riva Est	//	Manovra NON riuscita, serve 1 azimutale
M24	Bulk 130 m	LNG 190 m	20	135	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) all'imboccatura	//	Manovra riuscita al simulatore, ma c'è il rischio di collisione
M25	Bulk 130 m	LNG 190 m	30	135	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) di fronte a Banchina Riva Est	1 da 41 t a prua, tradizionale	Manovra riuscita al simulatore, rischiosa con trad./in sicurezza con azimutale
M26	Bulk 130 m	LNG 190 m	30	135	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) di fronte a Banchina Riva Nord	1 da 41 t a prua, tradizionale	Manovra riuscita

Tabella 6-4 Prove del 10-11/07/2019 – esito e commenti (continua)

ID PROVA	NAVE	INGOMBRI	CONDIZIONI METEOMARINE		TIPO MANOVRA	TUGS	ESITO AL SIMULATORE
			VENTO				
			Velocità [kn]	Dir. [°]			
M27	Bulk 80 m	LNG 190 m	20	135	transito in uscita, in caso di nave in avaria (black out) di fronte a Banchina Riva Nord	disponibile 1 da 41 t a prua, tradizionale	Manovra NON riuscita
M28	Bulk 130 m	LNG 190 m	30	135	transito in ingresso, in caso di nave in avaria (black out) all'imboccatura	1 da 42 t a poppa, tradizionale	Manovra riuscita
M29	Bulk 130 m	LNG 190 m	20	225	transito in ingresso, in caso di nave in avaria (black out) all'imboccatura	1 da 42 t a poppa, tradizionale	Manovra riuscita

Tabella 6-4 Prove del 10-11/07/2019 – esito e commenti (fine)

Per un dettaglio maggiore relativamente all'esito commentato delle manovre riportate in **Tabella 6-4**, si rimanda al seguente paragrafo (§6.2).

6.2 Note sull'esito delle manovre eseguite al simulatore

Per l'analisi particolareggiata di ciascuna traiettoria e della tecnica di manovra adottata, si rimanda agli **ALLEGATI** forniti assieme al presente rapporto tecnico (postprocessing avanzato dei risultati, dove in particolare sono stati inclusi *i filmati delle manovre ed i file delle storie temporali di tutte le grandezze simulate*, es. uso azipod e thrusters, forza esercitata dal vento, velocità della nave, ecc. ecc.).

Nel seguito vengono riportati, a scopo esplicativo per quanto riguarda i risultati già presentati in estrema sintesi in **Tabella 6-4**, le note prese sotto forma di appunti durante l'esecuzione delle simulazioni.

1) **M01 – INGRESSO LNG ship 165 m, condizioni di bonaccia, 2 tugs tradizionali (41 t a prua + 42 t a poppa), nessun ingombro**

Manovra test con condizioni favorevoli, per presa confidenza col simulatore. Partenza da fuori in prossimità del molo di sopraflutto, con Pilota già a bordo, a velocità di avanzo di circa 4 kn. I rimorchiatori non sono ancora legati e attendono in Avamporto.

Viene ridotta la velocità gradualmente, arrivati a circa 2 kn, vengono voltati i 2 rimorchiatori a prua e a poppa, e azionato il bow thruster a sinistra. La nave viene fatta ruotare con l'uso di macchina e timone, fino a trovarsi parallela di fronte all'accosto a circa 1 lunghezza nave di distanza (solitamente sarebbe meglio avvicinarla maggiormente).

Viene azionato il rimorchiatore di poppa a tirare al traverso di dritta e poco dopo interviene anche quello di prua, pressoché al traverso di sinistra. Quest'ultimo viene fatto fermare non appena la nave ha ruotato di 90°, e anche quello di poppa viene rallentato, per contenere il rate of turn della nave verso sinistra.

Quando la nave è ruotata di 180°, pressoché parallela e con poppa verso la banchina, il rimorchiatore di poppa è fermo mentre quello di prua è oramai libero dal tiro e viene posizionato pronto a spingere sul fianco sinistro. Contemporaneamente il rimorchiatore di poppa viene azionato leggermente a rallentare il moto di avvicinamento, per poi essere fermato.

La nave si avvicina a lento moto verso l'accosto, a circa 0.4 kn, con leggera prevalenza della prua, compensata dall'azione del tiro del rimorchiatore.

PILOTI osservano che la reattività del rimorchiatore nello spostamento è eccessiva, mentre l'erogazione della potenza è realistica.

➤ *Manovra RIUSCITA.*

2) **M02 – USCITA LNG ship 165 m, condizioni di bonaccia, in emergenza del pontile, 1 solo tug tradizionale (42 t a poppa), nessun ingombro**

Modificata velocità di spostamento dei rimorchiatori in modo da renderla compatibile con quella dei rimorchiatori tradizionali presenti a Oristano.

Viene testata la manovra di disormeggio, utilizzando l'unico rimorchiatore tradizionale a disposizione a Oristano, posizionato a poppa legato col cavo, a tirare al traverso, in ausilio alla nave che aziona il bow thruster a sinistra e macchina AV adagio, incrementata a AV mezza non appena ci si discosta sensibilmente dall'accosto. A questo punto viene dato timone a dritta solo per qualche istante, il thruster è fermato, così come il rimorchiatore, e la nave è libera di evolvere in uscita.

La nave si posiziona quasi al centro del canale di uscita e acquista man mano velocità, avanzando a circa 5 kn.

➤ *Manovra RIUSCITA*

3) **M03 – INGRESSO LNG ship 190 m, condizioni di bonaccia, 2 tugs tradizionali (41 t a prua + 42 t a poppa), nessun ingombro**

Viene ripetuto il test di M01 con le stesse condizioni iniziali., in posizione leggermente più arretrata. I rimorchiatori sono voltati non appena la nave arriva in prossimità del molo di sopraflutto, e restano in bando.

La manovra di evoluzione a sinistra viene eseguita quando la nave ha circa 3 kn di velocità, attraverso l'uso combinato di macchina (AD 2), timone e thruster azionato a sinistra. Una volta ruotata di 90° la nave viene coadiuvata nel prosieguo dell'evoluzione tramite l'uso del rimorchiatore di poppa e di prua, che tirano al 25%, a spring rispettivamente sulla dritta e sulla sinistra a coadiuvare il momento di rotazione sulla sinistra. Quando la nave ha ruotato di altri 45° i rimorchiatori vengono fermati, poi è necessario riavvicinare la poppa e viene azionato il rimorchiatore di poppa in tiro al traverso assieme al thruster al 50% sulla dritta, poi fermati entrambi.

Nel frattempo il rimorchiatore di prua si sta spostando verso il centro nave a spingere sul fianco di sinistra, e viene azionato per qualche minuto al 25-50%. La manovra viene interrotta poco dopo in quanto non si riscontrano problemi.

PILOTI osservano però che il comportamento dei rimorchiatori continua a essere poco realistico dal punto di vista della velocità di reazione, cosa che influisce (in bonaccia) soprattutto sui tempi di esecuzione al simulatore (più veloci della realtà).

➤ *Manovra RIUSCITA*

4) **M04 – USCITA LNG ship 190 m, condizioni di bonaccia, 1 tug tradizionale (42 t a poppa), nessun ingombro**

Modificata anche velocità di rotazione dei rimorchiatori

Si ripete la manovra M02 con la nave di dimensioni maggiori (LOA 190 m), utilizzando la stessa tecnica, ovvero 1 solo rimorchiatore a poppa in tiro al traverso.

Non si rilevano particolari criticità.

PILOTI osservano che comunque in tutte e 4 le manovre i rimorchiatori hanno lavorato come azimutali, in quest'ultima manovra principalmente dal punto di vista delle posizioni di tiro.

➤ *Manovra RIUSCITA*

5) ***M05 – INGRESSO LNG ship 190 m, vento NW 30 kn, 2 tugs tradizionali (41 t a prua + 42 t a poppa), nessun ingombro***

La manovra di ingresso con nave LNG di dimensioni maggiori viene testata adesso in presenza di vento da NW di 30 kn di intensità. Il vento proveniente da questa direzione agisce sulla poppa della nave in ingresso al Porto.

I rimorchiatori vengono legati già fuori dal porto, in quanto si tratta di un paraggio riparato sia dall'agitazione ondosa che dalla corrente.

Viene data MAD per rallentare la nave, giunta in prossimità dell'imboccatura, fino a quando a circa 2 kn di avanzo viene fermata la macchina.

Il rimorchiatore di prua tira a spring verso sinistra, la nave ruota di 90° circa e il vento è ruotato adesso al traverso di dritta. La nave ha circa 3.2 kn di velocità e viene ridata macchina AD.

Il rimorchiatore di poppa è al traverso di dritta ma non tira.

La manovra non è andata a buon fine in quanto la nave, una volta ruotata, la nave si è trovata sotto l'azione del vento al traverso, già troppo vicina all'accosto, e il rimorchiatore di prua non poteva più intervenire a correggerne la traiettoria, in quanto non aveva più acqua a disposizione.

➤ *MANOVRA NON RIUSCITA*

6) ***M06 – INGRESSO LNG ship 190 m, vento NW 30 kn, 2 tugs tradizionali (41 t a prua + 42 t a poppa), nessun ingombro***

Si ripete la manovra precedente.

La nave viene fatta ruotare sulla sinistra quando è in posizione parallela alla banchina, con entrambi i rimorchiatori in tiro a spring a poppa e prua, allargando in posizione più favorevole rispetto alla manovra precedente.

Quando la nave è a 90° rispetto all'accosto, il rimorchiatore di prua viene liberato per potersi spostare al centro a spingere sulla murata di sinistra, e rimane solo quello di poppa a tirare verso dritta.

Il rimorchiatore al centro spinge al 30% circa e il rimorchiatore di poppa continua a tirare leggermente verso dritta, per poi essere posizionato sul lato opposto.

La prua della nave continua a prevalere rispetto alla poppa sull'avvicinamento a banchina (viene utilizzata anche la macchina per correggere la traiettoria). La nave è particolarmente leggera nella condizione di carico in simulazione, per cui le condizioni sono peggiorative.

La nave si raddrizza man mano fino a ritrovarsi parallela all'accosto, il rimorchiatore al centro spinge al 75%, l'abbattuta è oramai ferma e la manovra poco dopo viene interrotta.

PILOTI osservano che con un solo rimorchiatore tradizionale a spingere le condizioni sono al limite, per cui si può adoperare l'altro rimorchiatore di prua in ausilio a spingere sulla

murata. La tempistica è abbastanza compressa rispetto alla realtà, probabilmente c'è un effetto del vento da approfondire rispetto alla superficie velica in gioco.

- *MANOVRA RIUSCITA, seppur difficoltosa data l'intensità del vento. DA EVITARE con 1 solo rimorchiatore tradizionale.*

7) **M07 – USCITA LNG ship 190 m, vento SE 30 kn, in emergenza 1 solo tug tradizionale (42 t a poppa), nessun ingombro**

La nave viene spinta contro l'accosto dall'azione del forte vento e il rimorchiatore azionato al 50% con tutto il thruster a sinistra, non riesce a spostare la nave. Anche all'80% la situazione non è gestibile perché la nave ruoterebbe con la prua contro la banchina di accosto.

- *MANOVRA NON RIUSCITA. Anche con un rimorchiatore di tipo azimutale, il problema è determinato dalla prevalenza sul bow thruster.*

8) **M08 – USCITA LNG ship 190 m, vento SE 30 kn, 2 tugs tradizionali (41 t a prua + 42 t a poppa), nessun ingombro**

Si ripete la manovra precedente con utilizzo di 2 rimorchiatori.

- *MANOVRA RIUSCITA*

9) **M09 – USCITA LNG ship 190 m, vento SE 20 kn, in emergenza 1 solo tug tradizionale (42 t a poppa), nessun ingombro**

In questo test di uscita si valuta la fattibilità della manovra con 1 solo rimorchiatore, già testata con vento di 30 kn di intensità, attenuandolo a 20 kn.

PILOTI osservano che il distacco dalla banchina è al limite. La tecnica di manovra consolidata in questi casi consiste nell'attendere di scostarsi quel tanto che consente di aprire la prua, per poi dare marcia AV.

- *MANOVRA RIUSCITA AL LIMITE di sicurezza per la navigazione. DA VALUTARE SE UTILIZZARE 2 RIMORCHIATORI.*

10) **M10 – USCITA LNG ship 190 m, vento SE 10 kn, in emergenza 1 solo tug tradizionale (42 t a poppa), nessun ingombro**

In questo test di uscita si valuta la fattibilità della manovra con 1 solo rimorchiatore, già testata con vento di 30 kn e 20 kn di intensità, attenuandolo a 20 kn.

- *MANOVRA RIUSCITA in sicurezza*

11) ***M11 – INGRESSO LNG ship 190 m, vento SE 30 kn, 2 tugs tradizionali (41 t a prua + 42 t a poppa), nessun ingombro***

L'ingresso della nave avviene con i rimorchiatori voltati di prua e di poppa. Il vento è orientato in prua rispetto alla nave che avanza nel canale di accesso al Porto.

Il rimorchiatore di poppa viene fatto ruotare più verso il traverso, ad accompagnare la nave. Quando la nave ha oltrepassato l'imboccatura, anche il rimorchiatore di prua viene fatto ruotare a spring sulla dritta, senza lavorare, mentre viene fatto agguantare quello di poppa, a fare ruotare la nave di poppa in direzione dell'accosto. Quando la nave ha quasi completato l'accostata verso dritta, entra in azione anche il rimorchiatore di prua a tirare verso dritta, in coppia con quello di poppa anch'esso ruotato sulla sinistra a spring per agevolare la risalita sopravvento della nave. Il vento in questa fase è pressoché al traverso di sinistra e la difficoltà consiste nel fare avvicinare la nave in sicurezza, il più possibile parallelamente all'accosto.

➤ *MANOVRA RIUSCITA, fattibile nonostante le condizioni di forte vento.*

Le conclusioni tratte sulle manovre con l'unità' da 190 m si considerano estendibili anche all'unità' più corta.

Si decide di provare nel pomeriggio:

- **1 disormeggio in presenza di vento NW 30 kn e 1 rimorchiatore**
- **poi, tutte le verifiche con nave in emergenza, scegliendo tutte e sole le manovre che sono riuscite senza avaria, in condizioni standard**

12) ***M12 – USCITA LNG ship 190 m, vento NW 30 kn, in emergenza 1 solo tug tradizionale (42 t a poppa), nessun ingombro***

Viene svolto questo test di prova, in condizioni di emergenza del pontile quindi 1 solo rimorchiatore in ausilio posizionato a poppa, in modo da verificare positivamente il distacco da banchina.

➤ *MANOVRA RIUSCITA*

13) ***M13 NON SVOLTA – USCITA LNG ship 190 m, BONACCIA, in emergenza con "nave morta" (senza macchine), 1 solo tug tradizionale (42 t a poppa), nessun ingombro***

Non provata perché PILOTI assumono che manovra NON E' FATTIBILE con 1 solo rimorchiatore.

14) **M14 – USCITA LNG ship 190 m, vento da SE 30 kn, in emergenza con "nave morta" (senza macchine), 2 tugs tradizionali (41 t a prua + 42 t a poppa), nessun ingombro**

Il vento al traverso spinge la nave, che è in condizioni di emergenza senza macchine, verso la banchina. I rimorchiatori sono legati a prua e a poppa e tirano al traverso al 75%, riuscendo a vincere la forza del vento.

A circa 80 m di distanza dall'accosto, viene orientato il rimorchiatore di prua verso sinistra ad allargare, mentre la nave ha acquistato una velocità di circa 1.2 kn. La nave ruota di 90° fino a portarsi in allineamento, accompagnata dal rimorchiatore di prua che si porta in filo.

➤ *MANOVRA RIUSCITA*

15) **M15 – INGRESSO bulk carrier 200 m, vento da SE 30 kn, in emergenza con "nave morta" (senza macchine) all'imboccatura, 2 tugs tradizionali (41 t a prua + 42 t a poppa), LNG 190 m in ingombro**

Iniziamo la manovra dal caso estremo con vento più forte in modo tale da valutare subito gli effetti ed escludere eventualmente manovre successive, se questa riuscisse.

Il rimorchiatore di prua aiuta la nave nell'evoluzione in Avamporto, tirando al 50% al traverso, ipotizzando di poter ormeggiare la nave sulla banchina Riva Nord. Quando la nave è ruotata di 90° parallela all'accosto viene fermato il rimorchiatore di prua e inizia a lavorare quello di poppa, posizionato a spring verso dritta.

PILOTI osservano che in questo caso, al centro dell'Avamporto, si potrebbe anche avvalersi (se non si potesse per qualche motivo utilizzare i rimorchiatori) dell'uso di entrambe le ancore.

La nave stenta a fermarsi, non c'è possibilità di ormeggio, vengono date 4 lunghezze di catena a sinistra.

Nella realtà si darebbe fondo a entrambe le ancore in modo da fermare la nave, utilizzando anche i rimorchiatori. In ogni caso non si verifica l'interferenza con impianto IVI. Non essendo oggetto dello studio verificare fino alla fine la manovra della bulk (si ammette che con 2 rimorchiatori la nave sicuramente si ferma), la manovra viene interrotta.

➤ *MANOVRA RIUSCITA: è dimostrato che la bulk carrier non interferisce con l'ormeggio IVI.*

16) **M16 – USCITA bulk carrier 200 m, vento da SE 30 kn, in emergenza con "nave morta" (senza macchine) in Avamporto, 2 tugs tradizionali (41 t a prua + 42 t a poppa), LNG 190 m in ingombro**

La nave subisce una improvvisa avaria quando ha un abbrivio in avanti di 4 kn. I rimorchiatori tirano uno a prua in filo e l'altro a poppa al traverso di sinistra, dalla stessa parte del vento.

Successivamente il rimorchiatore di prua si posiziona a spring. Quello di poppa si trova al traverso a seguire la nave che ha comunque circa 4 kn di velocità, cosa che non potrebbe fare nella realtà essendo tradizionale.

➤ *MANOVRA RIUSCITA (non c'è interferenza) ma solo con 1 azimutale*

*CP: è dimostrato che la bulk carrier non interferisce con l'ormeggio IVI, ma **in queste condizioni è necessario disporre di 1 azimutale a poppa**. Si rischierebbe l'incolumità del rimorchiatore di poppa. In ogni caso la criticità è data dalla velocità di abbrivio della nave che verosimilmente è a 4 kn, indipendentemente dall'intensità del vento.*

17) M17 NON ESEGUITA – USCITA bulk carrier 200 m, vento da SE 20 kn, in emergenza con "nave morta" (senza macchine) in Avamporto, 2 tugs tradizionali (41 t a prua + 42 t a poppa), LNG 190 m in ingombro

Manovra non svolta, in quanto si può già concludere che anche in questo caso serve un azimutale di poppa per garantire l'uscita in sicurezza in condizioni di emergenza.

18) M18 – USCITA bulk carrier 200 m, vento da SE 10 kn, in emergenza con "nave morta" (senza macchine) in Avamporto, 2 tugs tradizionali (41 t a prua + 42 t a poppa), LNG 190 m in ingombro

Viene eseguito questo test attenuando l'intensità del vento a 10 kn, nell'ottica di verificare la fattibilità in emergenza dell'ausilio da parte di due rimorchiatori tradizionali, quindi utilizzando solo il rimorchiatore a prua fintantoché la velocità non è compatibile (< 4 kn).

Siccome in realtà la manovra con 1 rimorchiatore in ausilio si svolgerebbe con un solo rimorchiatore usualmente posizionato a poppa, in questo caso non riusciremmo a governare.

➤ *MANOVRA RIUSCITA (non c'è interferenza, ma 1 solo rimorchiatore attivo e a prua)*

19) M19 – INGRESSO bulk carrier 200 m, vento da SE 30 kn, in emergenza con "nave morta" (senza macchine) in Avamporto, 1 tugs tradizionale (42 t a poppa), LNG 190 m in ingombro

In questa manovra viene utilizzata l'ancora di sinistra dando ca 8 lunghezze di catena, oltre al rimorchiatore legato a poppa. Passano alcuni minuti prima che la catena inizi ad agguantare, e viene anche utilizzato il rimorchiatore di poppa a frenare e timonare.

La manovra di emergenza viene ovviamente eseguita mandando la nave dove ha più acqua, e si è dimostrato che la traiettoria della nave non interferisce con la nave in ingombro sul terminal IVI.

➤ *MANOVRA RIUSCITA (non c'è interferenza)*

20) **M20 – USCITA bulk carrier 200 m, vento da SE 30 kn, in emergenza con "nave morta" (senza macchine) proveniente da Banchina Riva Nord, 1 tugs tradizionali (42 t a poppa), LNG 190 m in ingombro**

Nave posizionata in avamporto con orientamento compatibile con la partenza da Banchina Riva Nord, assistita da 1 rimorchiatore tradizionale, in condizione di carico "pesante" quindi più difficile da frenare a causa della maggiore inerzia e con relativamente meno superficie velica esposta al vento.

Viene dato fondo a entrambe le ancore, per circa 9 lunghezze a sinistra e 8 lunghezze a dritta, mentre il rimorchiatore è in tiro legato prima a spring sulla sinistra, e poi in filo, al 75%. La nave si ferma, e si trova praticamente al centro dell'imboccatura del porto, a circa 0.36 kn AD. Gli spazi e le forze appaiono adeguati, tuttavia dal punto di vista marinaresco sussiste un livello di rischio.

- *MANOVRA RIUSCITA, non c'è interferenza, ma nella realtà servirebbe un azimutale anche per via dell'utilizzo e recupero delle ancore, che potrebbero aggrovigliarsi mettendo in pericolo il rimorchiatore e compromettendone l'utilizzo. Rischio collisione con gasiera.*

21) **M21 – USCITA bulk carrier 200 m, vento da SE 30 kn, in emergenza con "nave morta" (senza macchine) proveniente da Banchina Riva Nord, 1 tugs azimutale (54 t a poppa), LNG 190 m in ingombro**

Si ripete la manovra posizionando la nave in uscita più a sud, in prossimità della Banchina Riva Nord. La velocità iniziale della nave è sempre di 4 kn, e il rimorchiatore da 54 t di tipo azimutale è legato a poppa, inizialmente in filo, poi a spring sulla sinistra, che tira per fermare la nave quasi al 100%.

- *MANOVRA RIUSCITA, si nota la netta differenza in positivo grazie all'utilizzo del rimorchiatore azimutale. IN QUESTO CASO, A DIFFERENZA DELLA MANOVRA PRECEDENTE, NON APPARE NECESSARIO UTILIZZARE LE ANCORE. In questo caso il grado di sicurezza è molto elevato, tanto da fare ipotizzare che si possa anche fare a meno delle ancore, anche nel caso non siano utilizzabili.*

Si decide di svolgere i test del secondo e ultimo giorno sulla nave bulk carrier da 130 m e/o 80 m, considerando la taglia di 80 m solo se le manovre sulla nave da 130 m non risultassero fattibili.

22) **M22 – USCITA bulk carrier 130 m, vento da SE 20 kn, n emergenza con avaria motore e assenza rimorchiatore in ausilio in Avamporto, LNG 190 m in ingombro**

Viene testata la condizione in cui la nave non si possa avvalere dell'ausilio di un rimorchiatore mentre si trova in manovra di uscita alla velocità di 4 nodi nello specchio acqueo dell'avamporto.

Si è verificato che la nave riesce a fermarsi dando 5 lunghezze di catena a sinistra, portando la prua al vento, praticamente perpendicolare al tratto orizzontale della diga – molo di sopraflutto.

Trascorso un certo tempo (al simulatore circa 8 minuti dall'inizio della manovra in avaria) la nave inizia ad avanzare con velocità addietro di circa 1 kn. L'effetto frenante della catena è relativo in quanto l'ancora non riesce a fare molta presa sul fondale che è roccioso e non sabbioso. Dopo circa 10 minuti l'ancora ha fatto testa, e la velocità addietro cambia segno fino a fermarsi progressivamente.

➤ *MANOVRA RIUSCITA, non c'è interferenza.*

23) ***M23 – USCITA bulk carrier 130 m, vento da SE 20 kn, in emergenza con avaria motore e assenza rimorchiatore in ausilio, di fronte a Banchina Riva Est, LNG 190 m in ingombro***

La nave parte a circa 2 lunghezze nave dopo avere disormeggiato dalla banchina Riva Est, a circa 3 kn di velocità (anziché 4 kn come in tutti gli altri casi).

Il vento al traverso investe la nave causandone lo scarroccio verso l'ingombro, e la nave non ha altro ausilio che l'ancora, dando fondo 6 lunghezze di catena a sinistra. Non si utilizza neppure il timone che potrebbe essere di ausilio in questo caso, posto che funzioni.

La manovra ha lo scopo di verificare la necessità di un rimorchiatore in manovra di uscita per mitigare il rischio di avarie delle navi in uscita da questa banchina. La posizione in cui è stata data l'ancora è molto prossima all'accosto IVI, proprio a scopo di test nelle condizioni peggiorative possibili. Nella realtà la nave avanzerebbe prima verso la diga e lì darebbe fondo alle ancore.

La nave nel test porta la poppa verso il fianco sinistro della gasiera, sospinta dall'azione del vento da SE che agisce sul quartiere di prua a sinistra, avanzando a circa 0.6 kn.

➤ *MANOVRA NON RIUSCITA, serve il rimorchiatore (azimutale) in ausilio.*

24) ***M24 – USCITA bulk carrier 130 m, vento da SE 20 kn, in emergenza con avaria motore e assenza rimorchiatore in ausilio, in prossimità imboccatura, LNG 190 m in ingombro***

Analogamente alla manovra precedente, viene dato fondo all'ancora dritta di per 4 lunghezze. [La catena però continua inavvertitamente a scorrere e in tutto si arriva a 11 lunghezze, di fatto vanificando l'effetto frenante dell'ancora.]

Il vento è praticamente sulla poppa della nave, contribuendo a rallentare l'arresto del moto in avanti della nave. Al simulatore si verifica che l'ancora fa presa dopo circa 5 minuti, quando la nave si trova al centro dell'imboccatura, a Ovest del molo di sottoflutto (dove si trova ormeggiata la gasiera).

La nave ruota con la prua al vento a circa 0.3 kn di velocità.

➤ *MANOVRA RIUSCITA al simulatore, ma sussiste il rischio di collisione, per cui serve il rimorchiatore (azimutale) in ausilio.*

25) ***M25 – USCITA bulk carrier 130 m, vento da SE 30 kn, in emergenza con avaria motore e 1 rimorchiatore in ausilio tradizionale (41 t a prua), di fronte a Banchina Riva Est, LNG 190 m in ingombro***

La nave (con vento al traverso da SE di 30 kn di intensità) parte a circa 3 kn. Il rimorchiatore da 41 t è legato a prua e eroga il 50% di potenza, a virare la nave che è in avaria, guidandola verso l'uscita.

Nella fase di accostata a dritta attorno al molo di sottoflutto (in prossimità della nave gasiera all'ormeggio) il rimorchiatore si posiziona il più possibile al traverso ma compatibilmente a come potrebbe operare un tradizionale. Di fatto è comunque una manovra che potrebbe essere realizzata, date le velocità in gioco, da un azimutale. La nave riesce a ruotare avanzando nell'imboccatura, però si nota che la traiettoria è piuttosto spostata dal centro del canale verso la diga (molo di sopraflutto).

PILOTI osservano che il tiro che è stato erogato per consentire l'accostata è più compatibile con un rimorchiatore di tipo azimutale.

- *MANOVRA RIUSCITA, fattibile con rischio in caso di rimorchiatore tradizionale, in sicurezza con azimutale.*

26) ***M26 – USCITA bulk carrier 130 m, vento da SE 30 kn, in emergenza con avaria motore e 1 rimorchiatore in ausilio tradizionale (41 t a prua), di fronte a Banchina Riva Nord, LNG 190 m in ingombro***

La nave avanza a 5 kn, assistita dal rimorchiatore tradizionale da 41 t.

Non vi sono particolari difficoltà ad uscire.

- *MANOVRA RIUSCITA, non c'è interferenza.*

27) ***M27 – USCITA bulk carrier 80 m, vento da SE 30 kn, in emergenza con avaria black out e 1 rimorchiatore tradizionale a disposizione (41 t a prua), di fronte a Banchina Riva Est, LNG 190 m in ingombro***

Viene svolto questo test di uscita analogo alla M23 per valutare anche in questo caso l'eventuale necessità di un rimorchiatore azimutale anziché tradizionale. L'avaria interviene quando la nave è appena partita, con circa 2.5 kn di velocità.

In questo casi, con il vento al traverso, è controproducente dare fondo all'ancora, data la prossimità dell'ingombro in accosto sottovento. La nave rallenta fino a circa 1.4 kn nel raggio di pochi minuti, la sua traiettoria di spostamento è verso la prua della gasiera in ingombro.

In questa situazione non vi sono contromisure attuabili.

- *MANOVRA NON RIUSCITA.*

28) ***M28 – INGRESSO bulk carrier 130 m, vento da SE 30 kn, in emergenza con avaria black out all’imboccatura e 1 rimorchiatore in ausilio tradizionale (42 t a poppa), LNG 190 m in ingombro***

Questo test viene svolto per valutarne l’esito e, solo in caso negativo, ripeterlo anche con nave da 80 m.

La manovra viene fatta iniziare all’imboccatura, con nave al centro del canale, posizionata presso il molo di sottoflutto. La nave è in avaria, con 5 kn di abbrivio, ed un rimorchiatore tradizionale legato a poppa. Il vento è in prua, opposto alla direzione di avanzo della nave.

Il rimorchiatore attende che la nave attenui la velocità per poter intervenire. Quando la velocità è scesa sotto i 3 kn viene dato fondo all’ancora di dritta, per 4 lunghezze di catena. Nel frattempo, quando la velocità è di circa 2 kn, interviene l’azione di tiro del rimorchiatore, a spring sul lato di dritta. La nave si trova ormai piuttosto vicina alla radice del braccio diagonale della diga (molo di sopraflutto), quindi lontana dal Terminal IVI.

➤ *MANOVRA RIUSCITA, non c’è interferenza.*

29) ***M29 – INGRESSO bulk carrier 130 m, vento da SW 20 kn, in emergenza con avaria black out all’imboccatura e SENZA rimorchiatore in ausilio, LNG 190 m in ingombro***

La manovra viene fatta iniziare all’imboccatura, con nave al centro del canale, posizionata presso il molo di sottoflutto. La nave è in avaria, con 5 kn di abbrivio, e NON VI SONO rimorchiatori in ausilio. Il vento è al traverso di dritta, nella stessa direzione dell’ingombro.

Vengono date 4 lunghezze di catena di dritta e si osserva che la nave rallenta la velocità, accostando verso dritta.

La nave riesce (anche con una sola ancora) a fermarsi prima di arrivare sulla diga.

➤ *MANOVRA RIUSCITA, non c’è interferenza.*

6.3 Presentazione dei file dei risultati delle simulazioni

I risultati completi delle simulazioni eseguite sono stati resi disponibili al Cliente in formato elettronico (v. **ALLEGATI** per elenco completo). Essi sono stati elaborati in particolare sotto forma di: immagini delle traiettorie; video di ogni test così come visualizzato sulla plancia 2D del SAND e storie temporali di tutte le grandezze simulate.

Tutte le traiettorie delle manovre eseguite al simulatore vengono presentate anche in questo documento in **APPENDICE A**, nelle varie condizioni meteomarine considerate (cfr. **Tabella 5-1**, **Tabella 6-1** e **Tabella 6-2**).

In generale, su ogni immagine è rappresentata la traiettoria seguita dalla nave durante la simulazione tramite la stampa ad intervalli di tempo regolari (60 s) della silhouette della nave, consentendo così di ricavare immediate informazioni circa la rotta seguita dalla stessa.

In sintesi, oltre alla traiettoria, su tali immagini sono quindi indicati (secondo le indicazioni riportate nel **Paragrafo 3.1**):

- il Nord geografico, con sotto l'indicazione del tempo totale di svolgimento della manovra (n.b. contatore attivo solo nei video, v. **ALLEGATI**);
- il layout portuale (in **grigio**) con la rappresentazione delle batimetriche (in **blu scuro**);
- la silhouette degli ingombri presenti nell'area di manovra (in **rosa**, la nave all'accosto presso il Terminal GNL, avente dimensioni LOA x B= 190.0 m x 30.0 m)
- l'indicazione della direzione di provenienza del vento (bandiera in **blu**);
- la silhouette della nave (in **nero**; eventualmente in **rosso** in caso di urto);
- la silhouette dei rimorchiatori in assistenza, con indicazione dell'intensità e direzione del tiro/spinta esercitata indicata da una freccia (entrambe, in **verde**).

L'**APPENDICE B** contiene infine una serie di fotografie che documentano alcuni momenti dello svolgimento delle simulazioni.

7 CONCLUSIONI

Questo studio al simulatore di manovra real-time in ambientazione 3D ha esaminato le simulazioni di manovra in tempo reale svoltesi nei giorni **10 e 11 luglio 2019** nello scenario del Porto Industriale di Oristano per conto di IVI Petrolifera SpA.

I test al simulatore di manovra in tempo reale si sono svolti principalmente allo scopo di simulare la **manovrabilità da parte di 2 taglie di navi gasiere di piccole dimensioni** destinate al nuovo Terminal per la ricezione e distribuzione di Gas Naturale Liquefatto – GNL in progetto presso l'accosto, già in uso del Cliente per altre tipologie di prodotti, situato presso il Molo di Sottoflutto. Le prove sono state eseguite al variare delle condizioni meteomarine di maggiore traversia, del numero e della tipologia di rimorchiatori impiegati in ausilio e tenendo conto della possibilità di avarie e, più in generale, di condizioni di svolgimento delle manovre in caso di emergenza all'interno dello specchio acqueo portuale in cui si affaccia il Terminal GNL. Sono state simulate, infatti, manovre in condizioni critiche (black-out, uscita in caso di indisponibilità del pontile) sia da parte delle navi gasiere, considerate in arrivo e partenza dal Terminal GNL, che delle **navi bulk carrier, considerate in 3 taglie diverse, normalmente in transito nel Porto Industriale**, studiando attentamente le possibili interferenze della traiettoria di manovra rispetto all'accosto del Terminal GNL, occupato da una gasiera all'ormeggio.

I test sono stati svolti avvalendosi del pilotaggio di Piloti professionisti, ovvero del Capo dei Piloti dei Porti di S. Antioco, Portovesme e Oristano e di un esperto esecutore messo a disposizione da CETENA S.p.A, ex-capo dei Piloti del Porto di Genova, che lo ha coadiuvato ai comandi della plancia del simulatore.

In totale, sono state svolte **9 manovre di ingresso** (delle quali 5 di ingresso con le gasiere, ovvero intese come arrivo in Porto e accosto a banchina presso il Terminal GNL, e 4 di solo transito da parte delle bulk carrier) e **20 manovre di uscita** (di cui 9 considerando il disormeggio delle gasiere dall'accosto presso il Terminal GNL e la successiva manovra di uscita dal Porto, e 11 di solo transito da parte delle bulk carrier). **Il numero totale di test svolti è 29.**

TIPOLOGIA DI NAVE e DIMENSIONI (LOA)	INGRESSO	SOLO TRANSITO IN INGRESSO	USCITA	SOLO TRANSITO IN USCITA	Totale per nave
Gasiera 165 m	1	0	1	0	2
Gasiera 190 m	4	0	8	0	12
Bulk carrier 80 m	0	0	0	1	1
Bulk carrier 130 m	0	2	0	5	7
Bulk carrier 200 m	0	2	0	5	7
TOTALE per manovra	5	4	9	11	29

Le manovre svolte nel corso delle due giornate sono state così suddivise:

- i. **sessione del 10/07/2019:** 2 test sulla nave gasiera da 165 m, 12 test (di cui 1 valutato senza bisogno dello svolgimento al simulatore) sulla nave bulk carrier da 190 m e 7 test sulla nave bulk carrier da 200 m (di cui 1 valutato nuovamente senza bisogno dello svolgimento al simulatore)
- ii. **sessione del 11/07/2019:** 7 test sulla nave bulk carrier da 200 m e 1 test sulla nave bulk carrier da 80 m.

Per quanto riguarda le **navi gasiere**, lo studio al simulatore ha verificato tutte le fasi delle manovre di ingresso e uscita nel Porto, sia in arrivo che in partenza dalla banchina, relativamente a due taglie di nave, aventi dimensioni rispettivamente di **LOA x B x T = 165.0 m x 26.7 m x 7.6 m e 190.0 m x 30.0 m x 7.6 m**. Si tratta di unità monoelica a propulsione tradizionale, dotate di elica di propulsione a pale orientabili e di 1 bow thruster da 850 kW. *Tali unità sono state simulate in condizioni sia normali che di avaria*, considerata solo in caso di uscita.

Le manovre di *solo transito* in ingresso/uscita sono state svolte utilizzando invece i **modelli di tre taglie di nave bulk carrier (che solitamente fanno scalo al Porto)** aventi dimensioni massime rispettivamente pari a **LOA x B x T = 81.0 m x 14.0 m x 4.5 m, 130.0 m x 19.0 m x 6.5 m e 200.0 m x 32.0 m x 9.6 m**. Anche queste unità sono monoelica, e sono state utilizzate sempre in condizioni di avaria dovuta a black-out, pertanto non tenendo in conto le caratteristiche propulsive specifiche, ma analizzando la traiettoria risultante dalla manovra di arresto di emergenza eseguita tramite le ancore e con l'eventuale ausilio di uno o più rimorchiatori.

Nelle prove, oltre a condizioni di bonaccia utilizzate come test iniziali, sono stati considerati scenari relativi a condizioni meteomarine comprendenti l'azione da parte del vento, trascurando sia la *formazione ondosa* che l'azione della *corrente*, date le caratteristiche del paraggio portuale in studio. Sono state scelte in particolare le condizioni di vento di massima traversia, ovvero vento di **Tramontana (NW) e di Scirocco (SE), in condizioni variabili tra i 10 kn e i 30 kn di velocità**. In un unico test, svolto sulla nave bulk carrier da 130 m considerata in ingresso in condizioni di emergenza, è stata testata la manovra di arresto in presenza di vento di **Libeccio (SW – 20 kn)**.

Per quanto riguarda i *rimorchiatori*, è stato scelto di operare facendo riferimento ad una squadra composta da uno o due unità, di tipo tradizionale come quelli oggi in servizio nel Porto di Oristano, o eventualmente anche di tipo *azimutale*. Sono stati verificati, infatti, dei casi in cui, a giudizio dei

Piloti e dell'Autorità Marittima, si rendono necessari mezzi più moderni e manovrieri di quelli adesso a disposizione, solo tradizionali, per manovrare in sicurezza.

I rimorchiatori sono stati quindi utilizzati in numero di 1 unità (tipicamente, **1 rimorchiatore tradizionale da 42 t legato a poppa, oppure 1 azimutale da 54 t**, se richiesto dalla manovra specifica) oppure in coppia (**1 rimorchiatore tradizionale da 41 t legato a prua ed il secondo, tradizionale da 42 t, legato a poppa, oppure, se ritenuto necessario, azimutale sempre da 54 t**).

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti al termine delle suddette giornate di lavoro al simulatore.

Per quanto riguarda l'unità **gasiera da 165 m** di lunghezza, al simulatore è stato verificato che:

- la manovra di *ingresso* in caso di bonaccia, ed in generale di condizioni favorevoli, è fattibile in sicurezza con l'ausilio di 2 rimorchiatori tradizionali, legati a prua e poppa;
- la manovra di *uscita in caso di emergenza del pontile*, ovvero del caso in cui si debba liberare l'accosto al Terminal GNL in tempi rapidi, in caso di bonaccia, ed in generale di condizioni favorevoli, è fattibile in sicurezza con l'ausilio di 1 solo rimorchiatore tradizionale, legato a poppa.

La ripetizione delle suddette manovre con l'unità gasiera da 190 m ha confermato gli stessi risultati. Tuttavia, l'impiego al simulatore dei rimorchiatori da parte degli operatori ha indicato che **le manovre sarebbero agevolate dalla possibilità di avvalersi di rimorchiatori azimutali anziché tradizionali**, soprattutto in funzione della velocità di avanzo della nave e della direzione applicabile del tiro.

Per quanto riguarda le altre prove svolte sull'unità **gasiera da 190 m** di lunghezza, **per la quale i risultati sono estendibili anche all'unità di dimensioni inferiori**, al simulatore è stato verificato che:

- la manovra di *ingresso* in presenza di vento di 30 kn di intensità sia da NW che da SE (la cui complessità è legata al fatto di trovarsi con il vento al traverso in fase di evoluzione e avvicinamento all'accosto), è fattibile in sicurezza con l'ausilio di 2 rimorchiatori tradizionali, legati a prua e poppa;
- in condizioni di vento da NW, la manovra di *uscita in caso di emergenza del pontile* utilizzando 1 solo rimorchiatore tradizionale da 42 t a poppa è fattibile anche con 30 kn di intensità;
- ancora in condizioni di vento da SE, la manovra di *uscita in caso di emergenza del pontile* utilizzando 1 solo rimorchiatore tradizionale da 42 t a poppa non è fattibile con 30 kn di

intensità, è risultata ai limiti della fattibilità in condizioni di vento attenuato a 20 kn mentre è fattibile in sicurezza con vento fino a 10 kn. La stessa manovra, con 30 kn di intensità, è risultata invece fattibile in sicurezza con l'ausilio di 2 rimorchiatori tradizionali, legati a prua e poppa;

- per quanto riguarda le *manovre in caso di avaria*, ovvero eseguite considerando l'unità in black out, è stato valutato (in questo caso cioè senza bisogno di test al simulatore, sulla base dei dati acquisiti in corso d'opera) che *l'uscita in assenza di agenti meteomarini* con 1 solo rimorchiatore in ausilio da 42 t a poppa di tipo tradizionale non è fattibile. La manovra di *uscita in avaria in presenza di venti da SE di 30 kn di intensità* è risultata invece fattibile con l'ausilio di 2 rimorchiatori tradizionali, legati a prua e poppa.

In relazione all'unità **bulk carrier da 200 m**, testata unicamente *in condizioni di avaria* (black out) e di vento proveniente da SE (quello peggiorativo in quanto genera lo scarroccio della nave in avaria verso il Terminal GNL) al fine di valutare le possibili interferenze della traiettoria con la nave da 190 m, considerata come ingombro all'ormeggio sul Terminal GNL, al simulatore si è verificato che:

- per quanto riguarda i *transiti in ingresso*, e black out improvviso occorso nei pressi dell'Avamporto oppure dell'imboccatura, la manovra di arresto in presenza di vento da SE di 30 kn di intensità è risultata fattibile, senza cioè dare luogo a interferenze con la nave in ingombro, con l'ausilio di 2 rimorchiatori tradizionali, legati a prua e poppa (e dell'ancora di sinistra, nel caso in Avamporto);
- nel caso dei *transiti in uscita*, e black out improvviso occorso nei pressi dell'Avamporto, la manovra di uscita in caso di vento da SE di 30 kn di intensità è risultata fattibile, senza cioè dare luogo a interferenze con la nave in ingombro, con l'ausilio di 2 rimorchiatori, legati a prua e poppa, di cui 1 tradizionale a prua e 1 azimutale a poppa, per garantire un adeguato margine di sicurezza. Sono state provate con esito positivo analogamente anche due manovre in cui il black out avviene prima (in un punto più vicino alla Banchina Riva Nord ipotizzata come accosto di partenza). L'arresto in emergenza in presenza di vento da SE di 30 kn di intensità è stato eseguito con 1 solo rimorchiatore legato a poppa in ausilio, in un caso con una unità di tipo tradizionale da 42 t, dando fondo a entrambe le ancore, e nell'altro con una unità di tipo azimutale da 54 t (senza dover ricorrere alle ancore).

Di conseguenza è stato valutato (senza bisogno di simulazioni) che, anche in presenza di vento attenuato a 20 kn, la manovra non è darebbe esito positivo, a meno di non poter disporre del rimorchiatore azimutale a poppa, mentre risulta fattibile (senza interferenze) con 2 rimorchiatori di tipo tradizionale per un'intensità di vento non superiore a 10 kn.

Per quanto riguarda le analoghe prove in avaria, svolte sull'unità **bulk carrier da 130 m**, con la contemporanea presenza della nave gasiera da 190 m, considerata come ingombro all'ormeggio sul Terminal GNL, al simulatore si è verificato che:

- per quanto riguarda i *transiti in ingresso*, e black out improvviso occorso nei pressi dell'imboccatura, la manovra di arresto in presenza di vento da SE sia di 30 kn che di 20 kn di intensità è risultata fattibile, senza cioè dare luogo a interferenze con la nave in ingombro, con l'ausilio di 1 solo rimorchiatore tradizionale da 42 t, legato a poppa (e dando fondo in entrambi i casi anche all'ancora di dritta);
- nel caso dei *transiti in uscita*, in presenza di vento da SE di 20 kn di intensità e di indisponibilità di alcun rimorchiatore, nel caso in cui il black out improvviso sia occorso nei pressi dell'Avamporto, è sufficiente l'utilizzo dell'ancora di sinistra per arrestare la nave senza che l'ingombro venga interessato dalla traiettoria della nave in avaria. Se invece il black out avviene in un punto vicino alla Banchina Riva Est, l'azione di scarroccio determinata dal vento è tale da determinare l'urto con la nave all'ormeggio, pur con l'utilizzo dell'ancora, per cui servirebbe un rimorchiatore, di tipo azimutale. Anche nel caso di black out occorso all'imboccatura, seppure al simulatore la manovra di arresto dando fondo all'ancora in questo caso sia riuscita, per scongiurare il rischio di collisione sarebbe necessario poter sempre disporre in porto di 1 rimorchiatore azimutale pronto a intervenire;
- nel caso dei *transiti in uscita*, in presenza di vento da SE di 30 kn di intensità e di disponibilità di 1 solo rimorchiatore a prua, nel caso in cui il black out improvviso sia occorso in un punto vicino alla Banchina Riva Est, l'uscita è fattibile, ma con rischio di collisione sull'ingombro, in caso si possa disporre in ausilio a prua di una unità di tipo tradizionale (es. 1 rimorchiatore tradizionale da 41 t), mentre è in sicurezza con 1 unità di tipo azimutale. Se il black out avviene invece in un punto vicino alla Banchina Riva Nord, sempre con 1 rimorchiatore tradizionale da 41 t a prua, la manovra di uscita è fattibile senza pericolo di collisione con l'ingombro.

Infine, è stata testata una analoga prova in avaria, svolta sull'unità **bulk carrier da 80 m**, sempre con la contemporanea presenza della nave gasiera da 190 m all'ormeggio sul Terminal GNL, verificando che:

- il *transito in uscita*, in presenza di vento da SE di 20 kn di intensità, e eventuale disponibilità di 1 rimorchiatore tradizionale da 41 t da legare a prua, non è fattibile in quanto la nave in avaria, senza la possibilità e la tempistica per poter ricorrere a contromisure, urta contro l'ingombro all'ormeggio. In questo caso sarebbe necessario

poter sempre disporre in porto di 1 rimorchiatore azimutale pronto a intervenire, in quanto 1 di tipo tradizionale non potrebbe neppure operare.

E' importante rilevare che tutti i risultati dei suddetti test effettuati in caso di avaria sono comunque da considerarsi rappresentativi della situazione particolare analizzata al simulatore, e non possono essere generalizzati, in quanto sono fortemente dipendenti dal punto in cui avviene l'avaria, oltre che dalle caratteristiche dell'unità in simulazione e delle condizioni meteomarine analizzate. Va anche tenuto in conto che, con i dati raccolti nello studio, non è possibile prevedere con certezza cosa succederebbe in condizioni di emergenza ancora più gravose, come ad esempio in caso di più avarie contestuali o di un repentino cambiamento delle condizioni.

In sintesi, a seguito delle prove eseguite al simulatore di manovra si può concludere che:

- i. **le manovre sulle unità gasiere non hanno mostrato particolari criticità**, anche considerando condizioni gravose (venti da SE/NW fino a 30 kn di intensità), e in caso di avaria (black out);
- ii. **i test svolti sulle unità bulk carrier in caso di avaria** (black out, indisponibilità dei rimorchiatori) **hanno consentito, in generale, di escludere le interferenze con la nave in accosto sul Terminal** in studio;
- iii. **la disponibilità in porto di almeno 1 rimorchiatore azimutale**, da impiegare a poppa delle unità in manovra, **consentirebbe di aumentare l'operatività sia del Terminal che, in generale, del porto**, non solo nelle condizioni meteomarine maggiormente gravose, ma anche in caso di avarie.

8 RIFERIMENTI

- Rif. 1 PEC n°10514 del 24/06/2019, MIT Capitaneria di Porto Oristano, Servizio: Sicurezza della Navigazione e Portuale, Sez. Tecnica e Difesa Portuale
- Rif. 2 C. Notaro, M. Peverero, D. Tozzi, A. Zini
'Il modello matematico del simulatore SAND: esempio di configurazione di una nave militare'
Rapporto CETENA n° 10178, Genova, Settembre 2008
- Rif. 3 Disegni del layout portuale di progetto
"Stralcio Porto.dwg"
Fonte: Cliente
- Rif. 4 Disegno della batimetria portuale di progetto
"RILIEVI BATIMETRICI 2013.dwg"
Fonte: Cliente
- Rif. 5 Caratteristiche principali del rimorchiatore da 42 t
"Scheda Pina Onorato.pdf"
Fonte: Cliente
- Rif. 6 Caratteristiche principali del rimorchiatore da 41 t
"Scheda Silvia Onorato.pdf"
Fonte: Cliente
- Rif. 7 Caratteristiche principali del rimorchiatore da 54 t
"Scheda Tommaso Onorato.pdf"
Fonte: Cliente

APPENDICE A

TRACCIATI DELLE MANOVRE

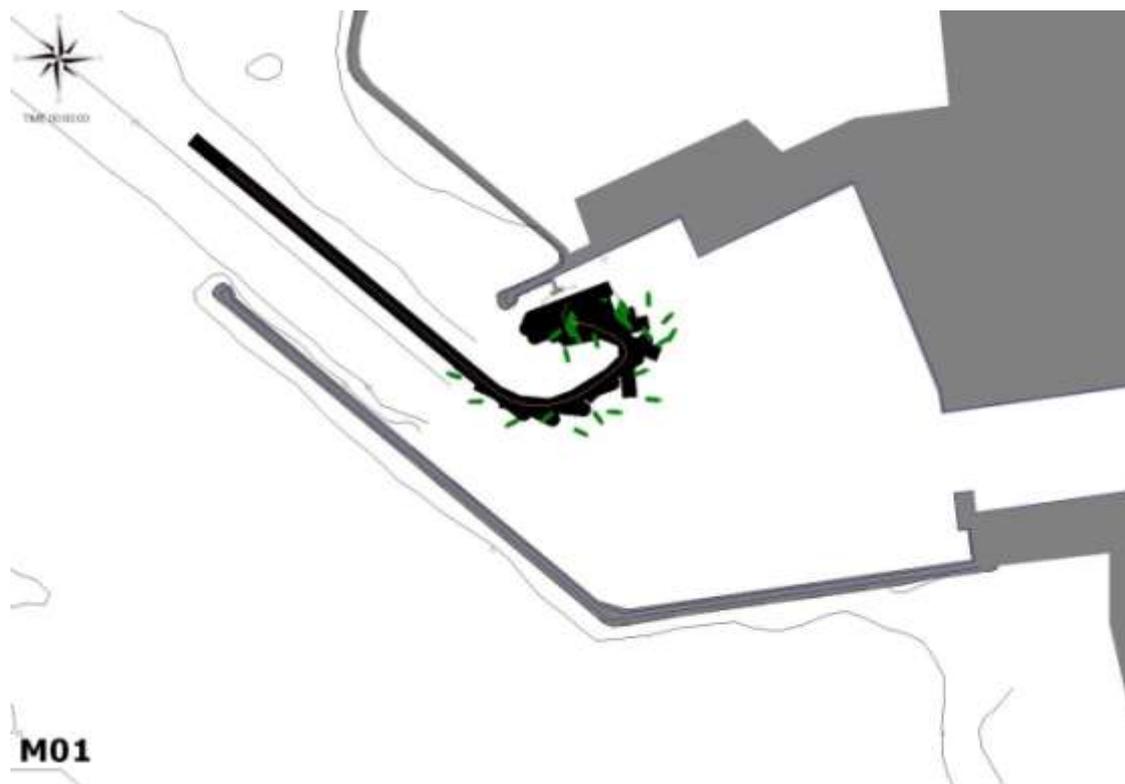


Fig. 1 - M01, LNG 165 m in ingresso, bonaccia

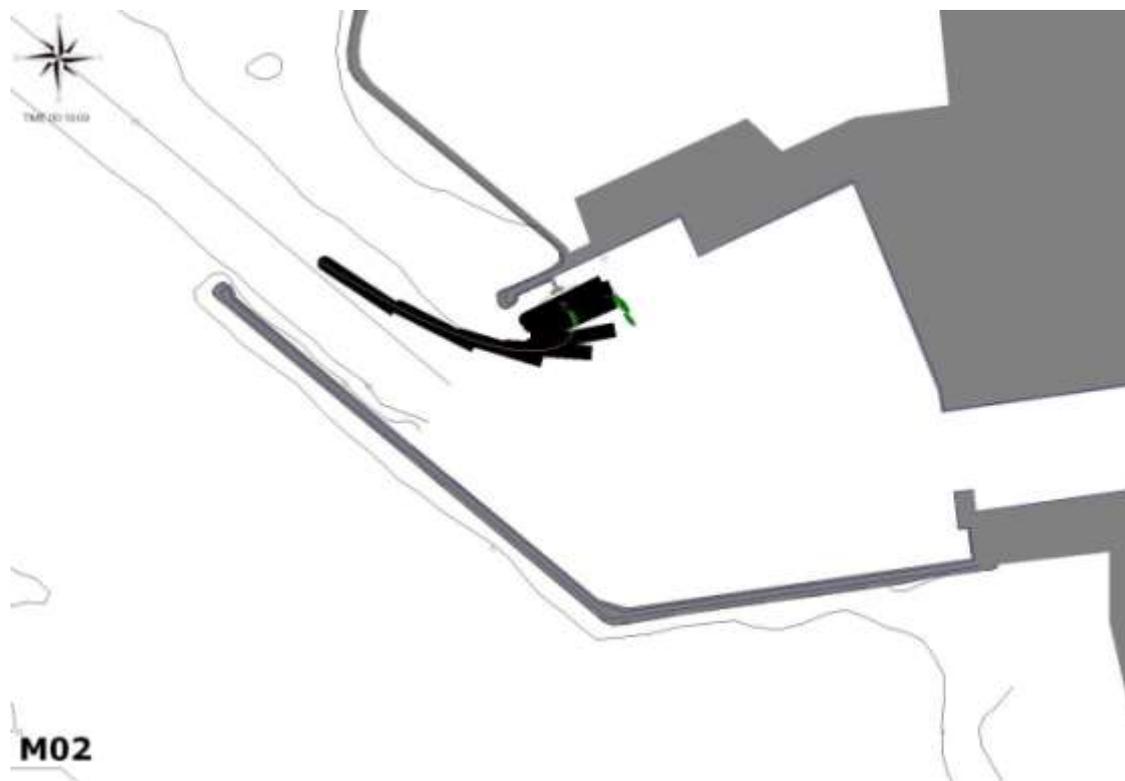


Fig. 2 - M02, LNG 165 m in uscita, bonaccia (EMERGENZA)

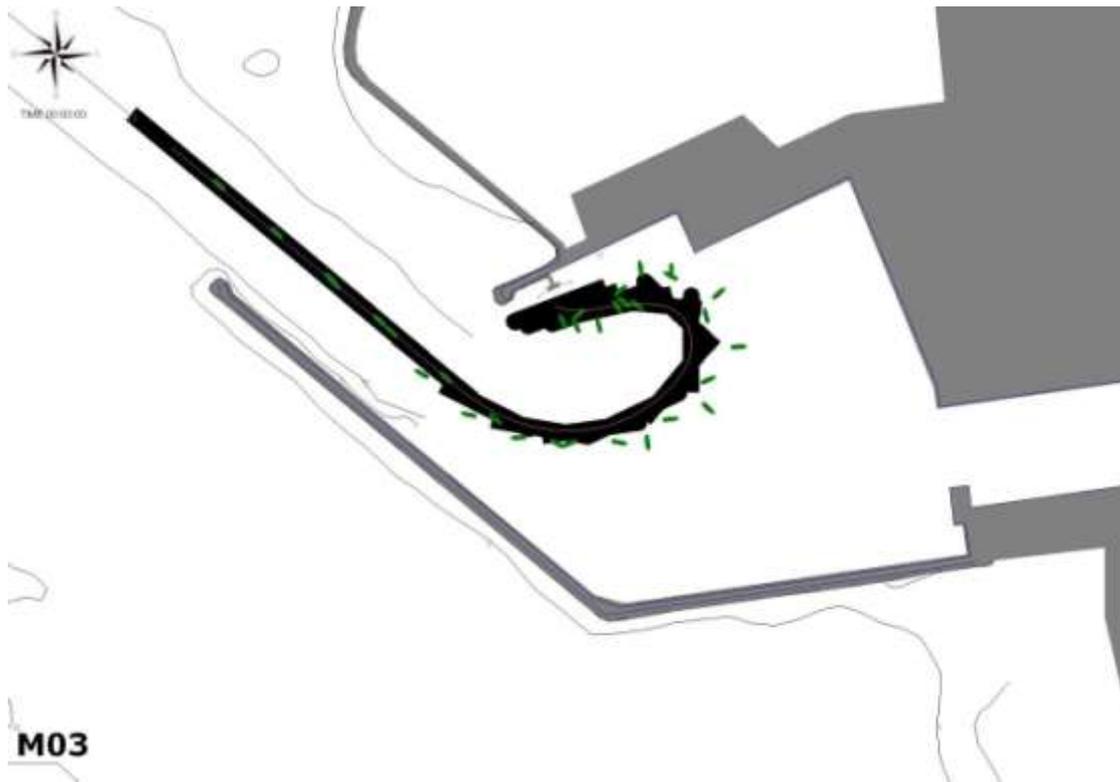


Fig. 3 - M03, LNG 190 m in ingresso, bonaccia

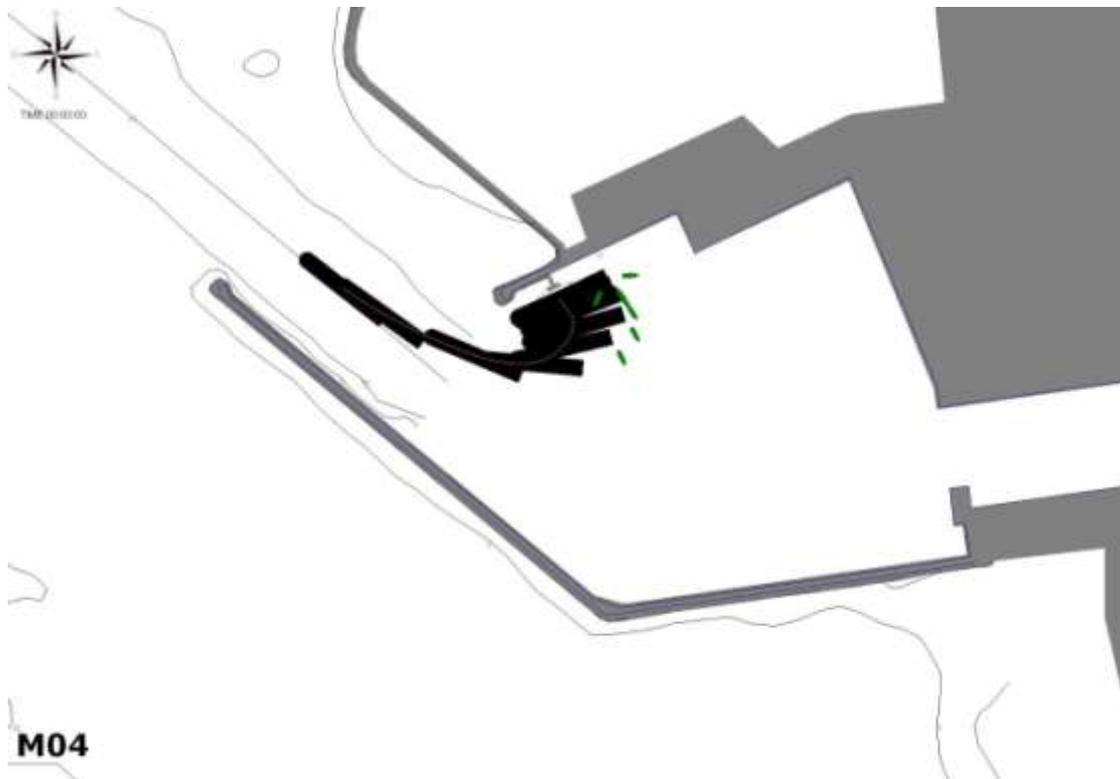


Fig. 4 - M04, LNG 190 m in uscita, bonaccia (EMERGENZA)

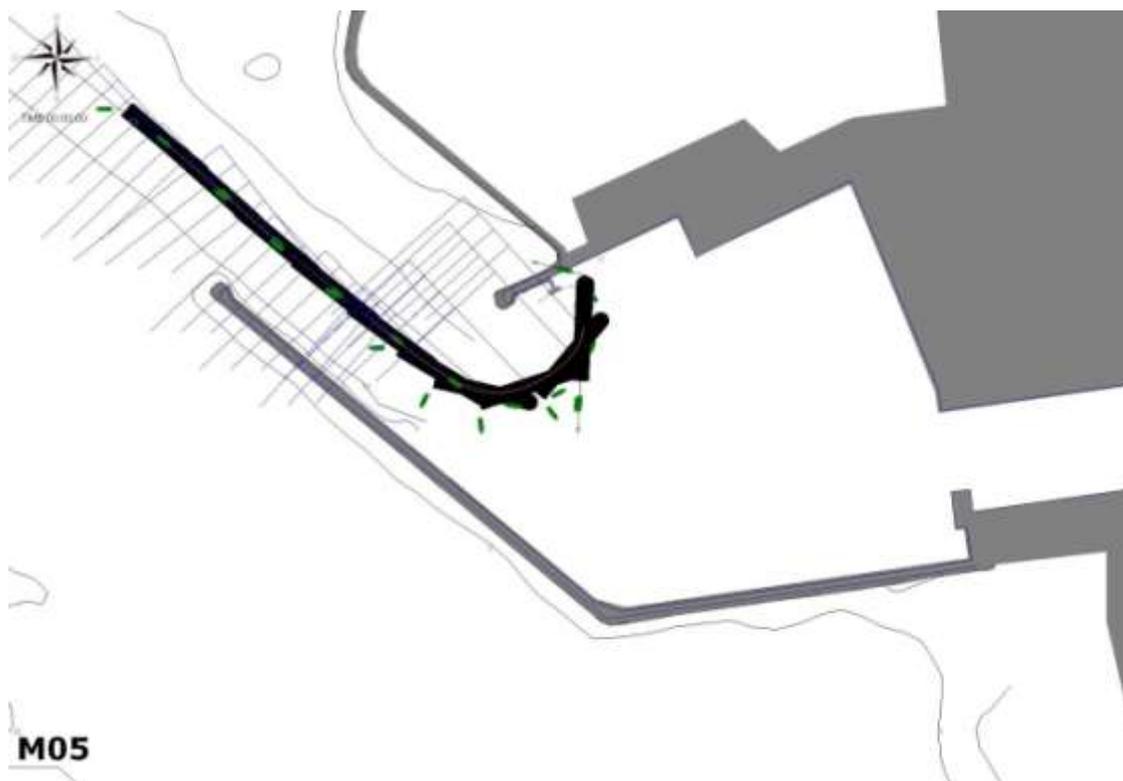


Fig. 5 - M05, LNG 190 m in ingresso, NW 30 kn

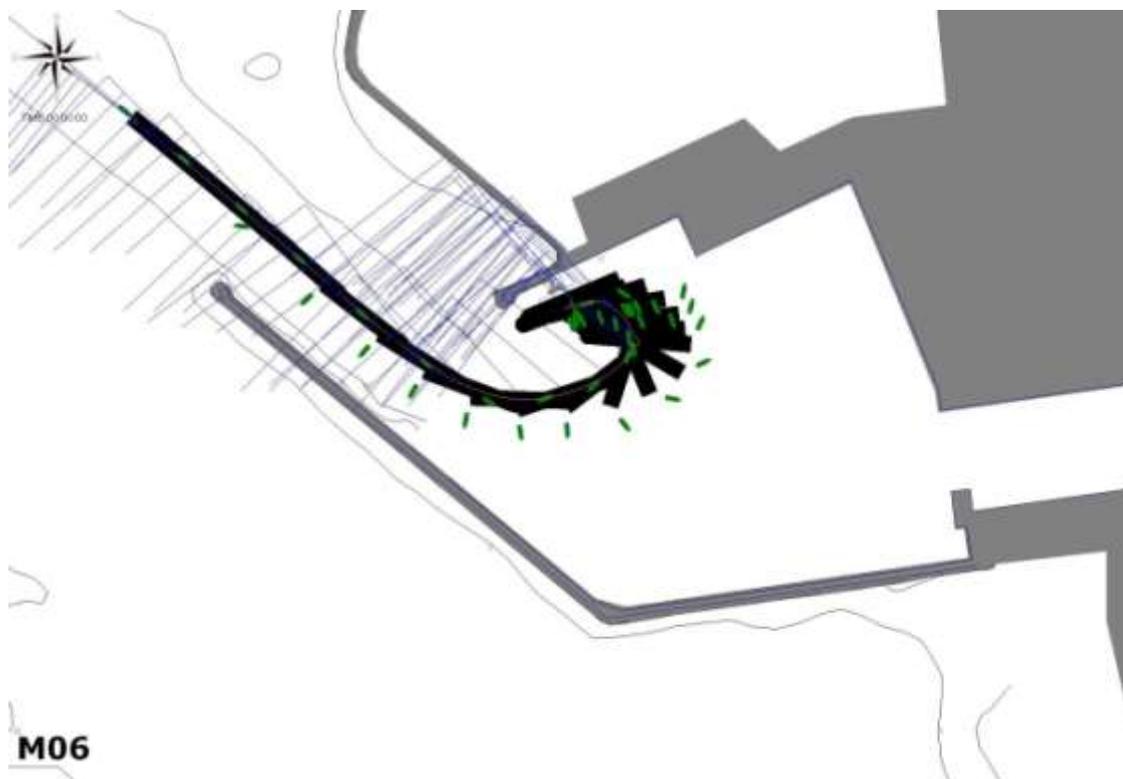


Fig. 6 - M06, LNG 190 m in ingresso, NW 30 kn

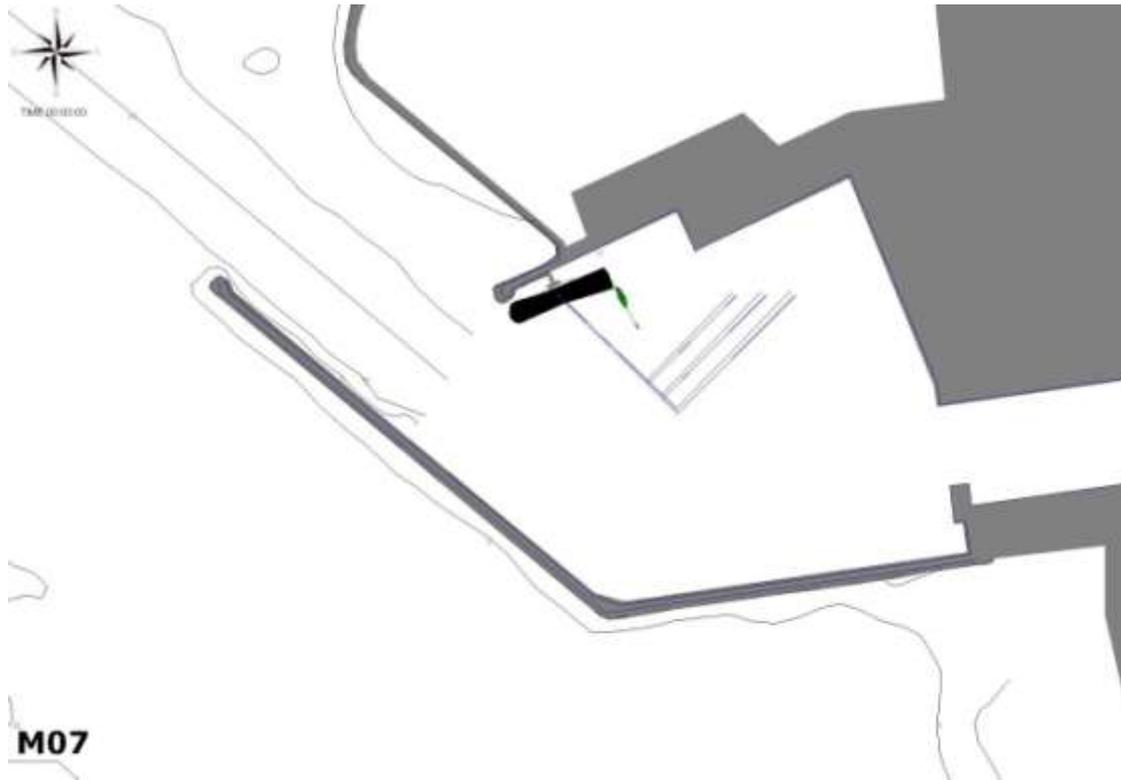


Fig. 7 - M07, LNG 190 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)

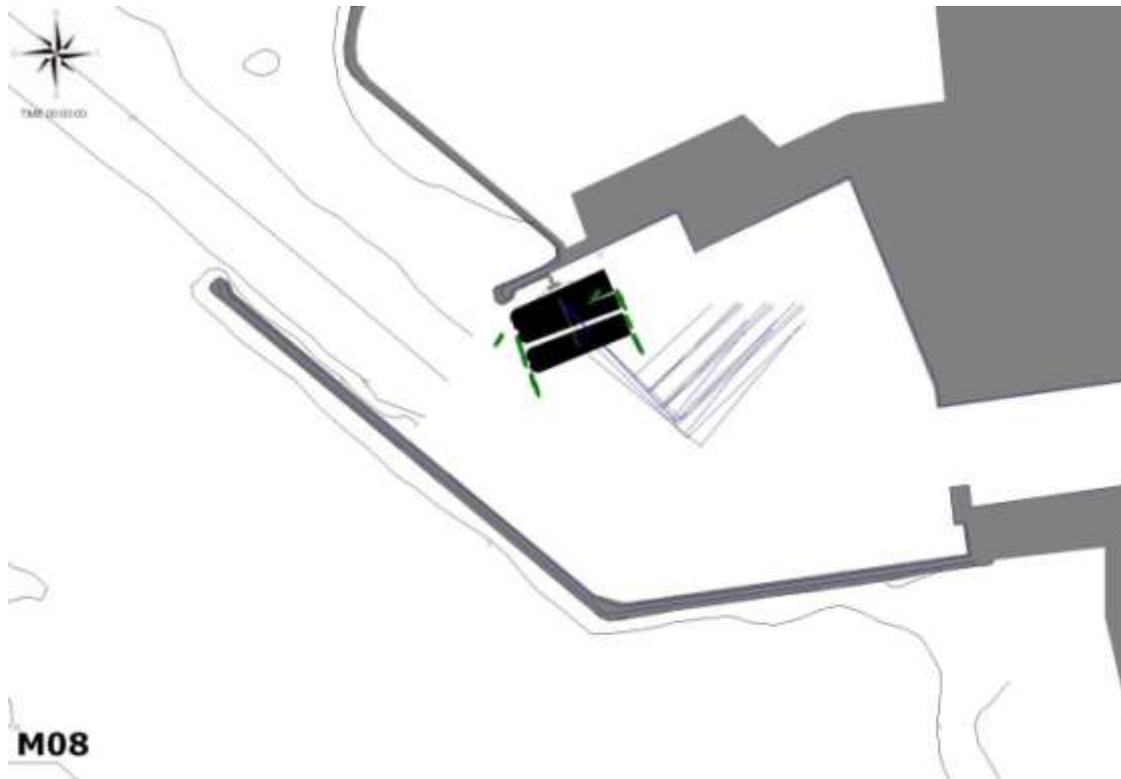


Fig. 8 - M08, LNG 190 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)

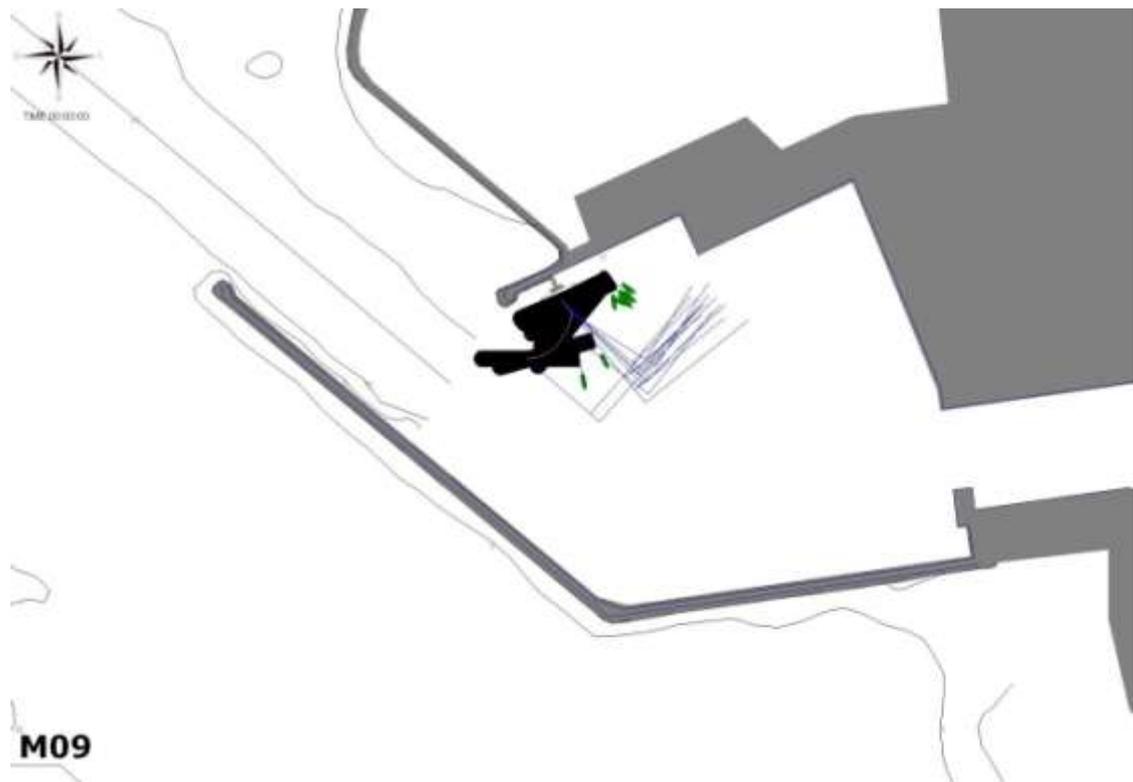


Fig. 9 - M09, LNG 190 m in uscita, SE 20 kn (EMERGENZA)

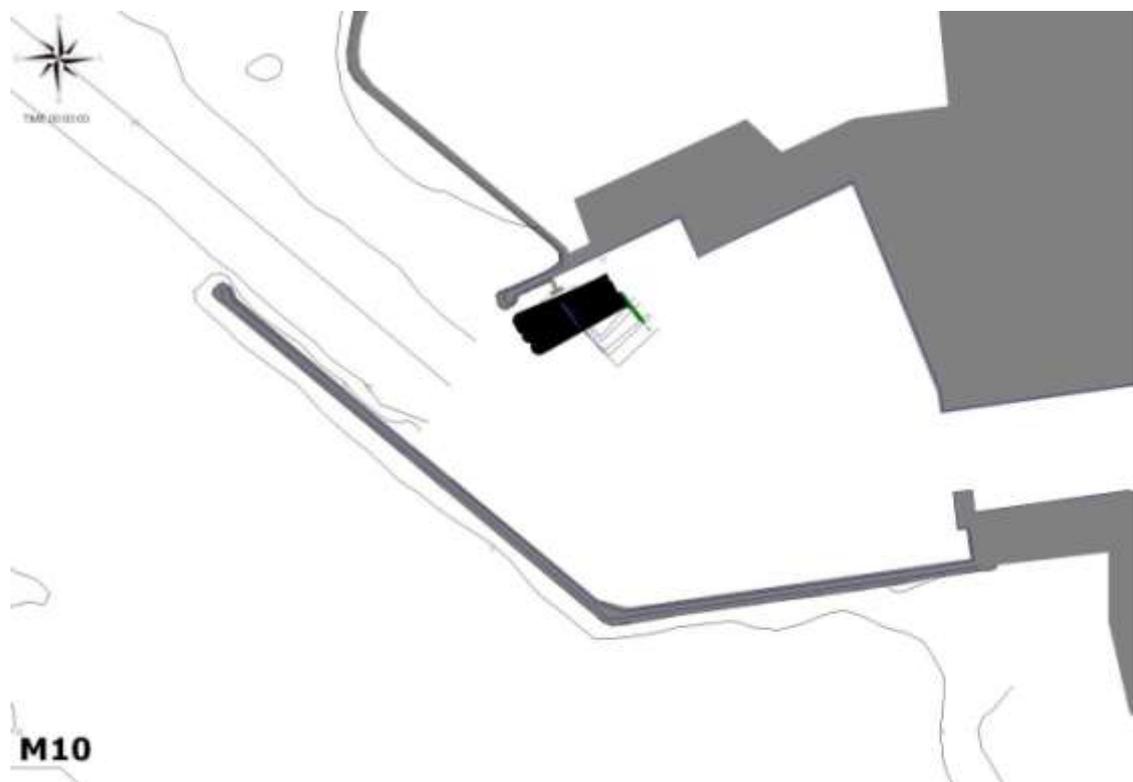


Fig. 10 - M10, LNG 190 m in uscita, SE 10 kn (EMERGENZA)

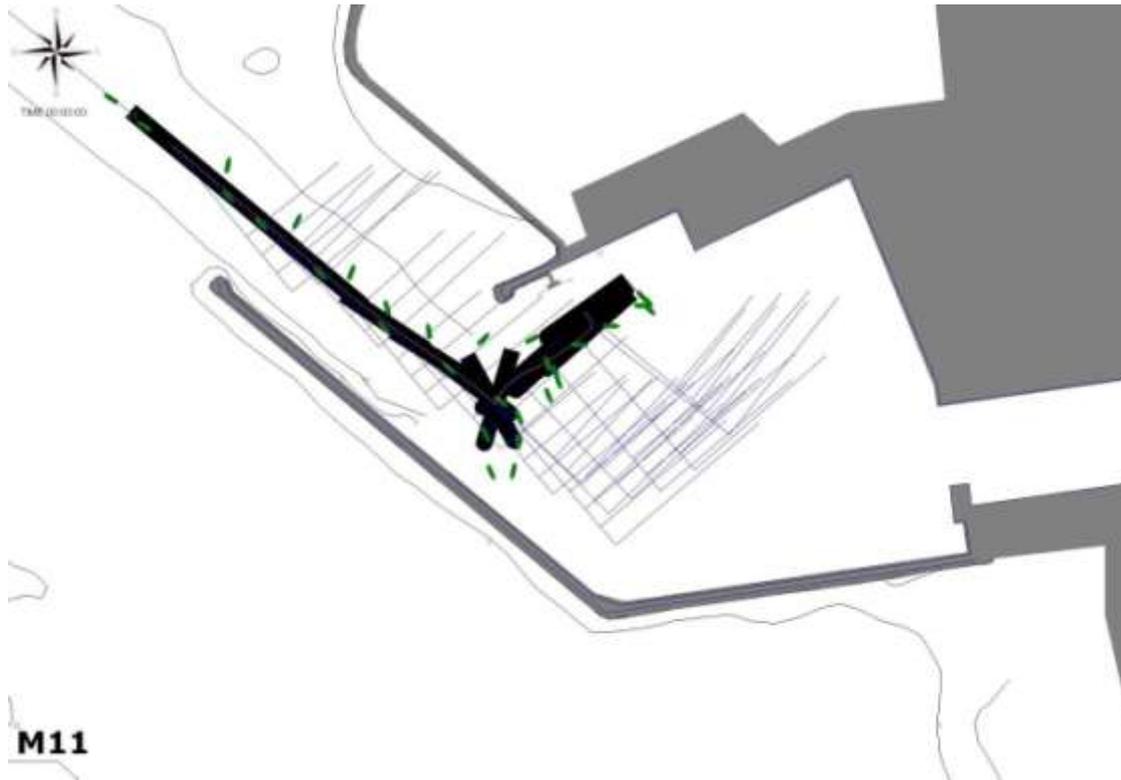


Fig. 11 – M11, LNG 190 m in ingresso, SE 30 kn

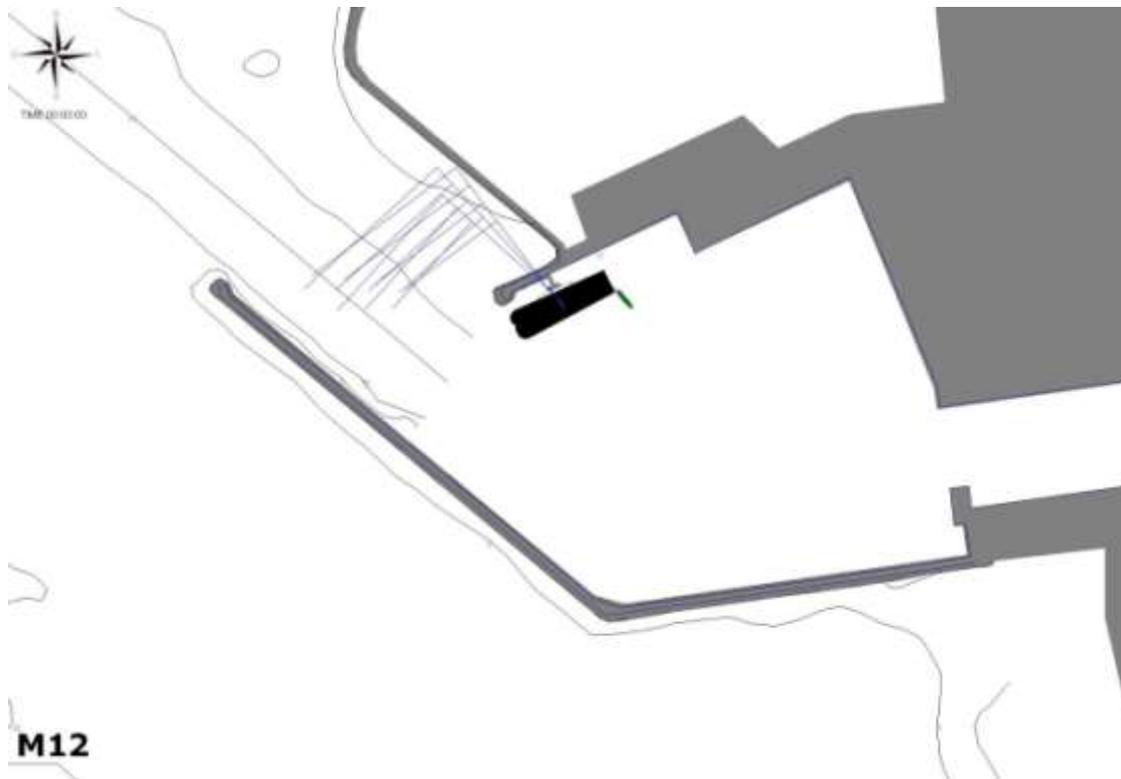


Fig. 12 – M12, LNG 190 m in uscita, NW 30 kn (EMERGENZA)

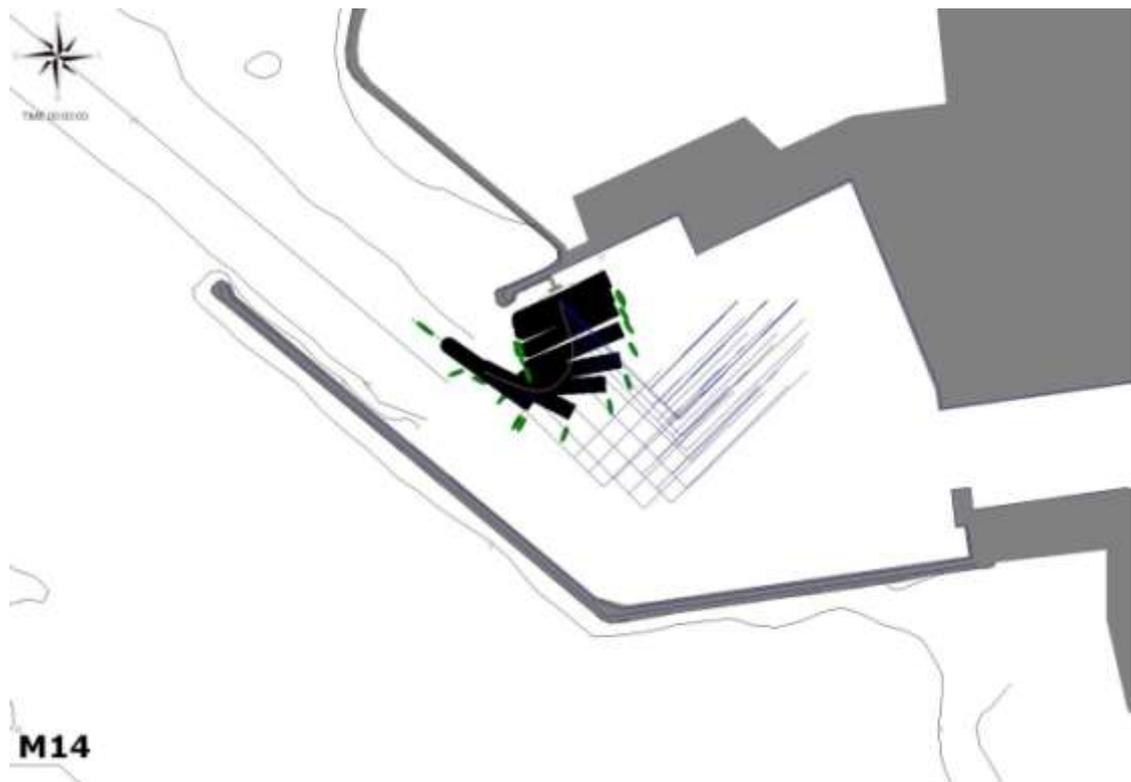


Fig. 13 – M14, LNG 190 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)

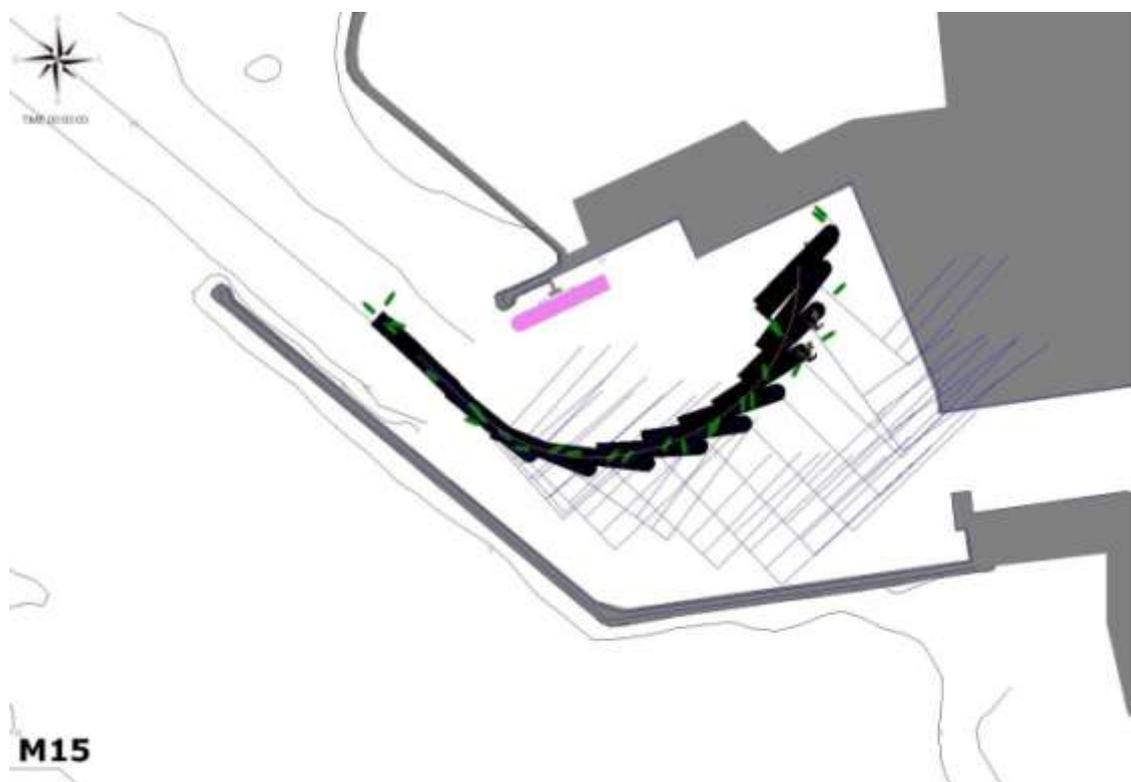


Fig. 14 – M15, Bulk 200 m in ingresso, SE 30 kn (EMERGENZA)

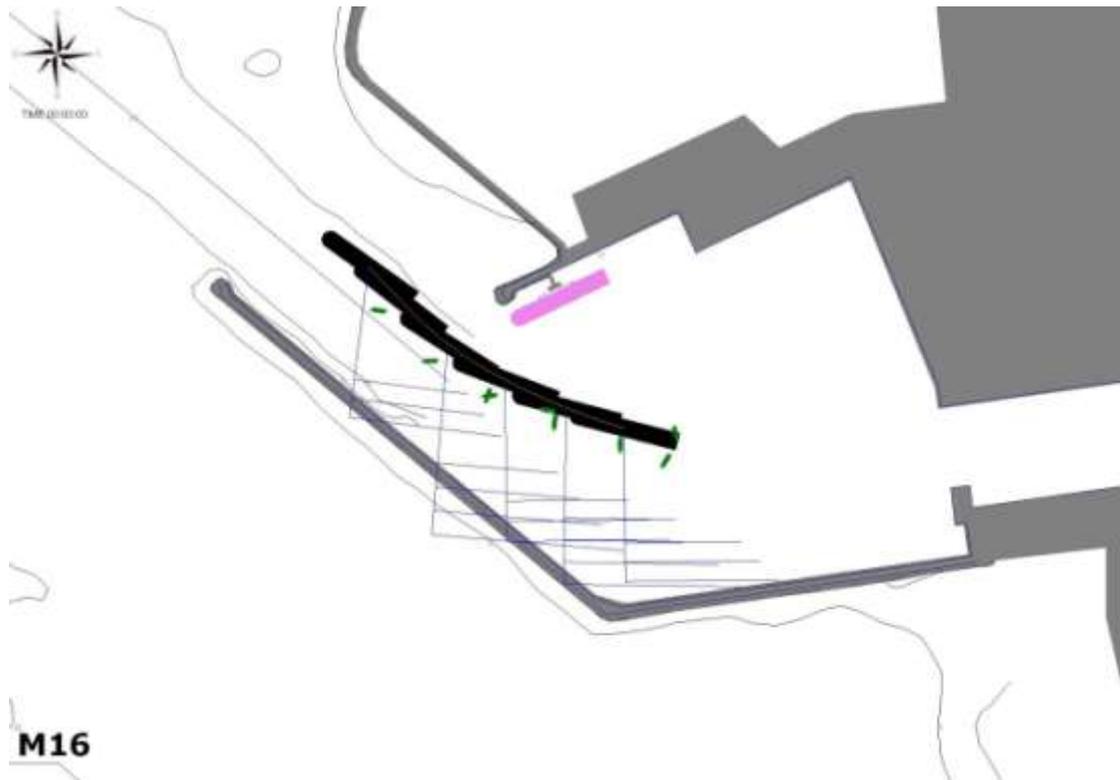


Fig. 15 – M16, Bulk 200 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)

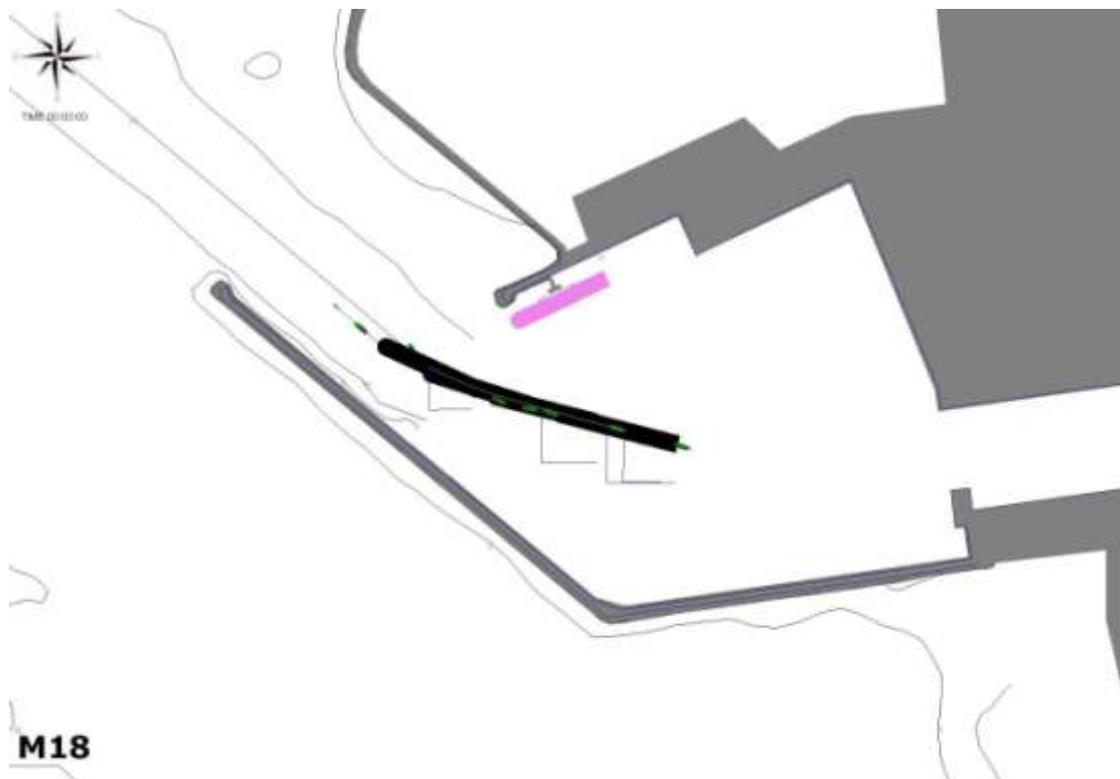


Fig. 16 – M18, Bulk 200 m in ingresso, SE 10 kn (EMERGENZA)

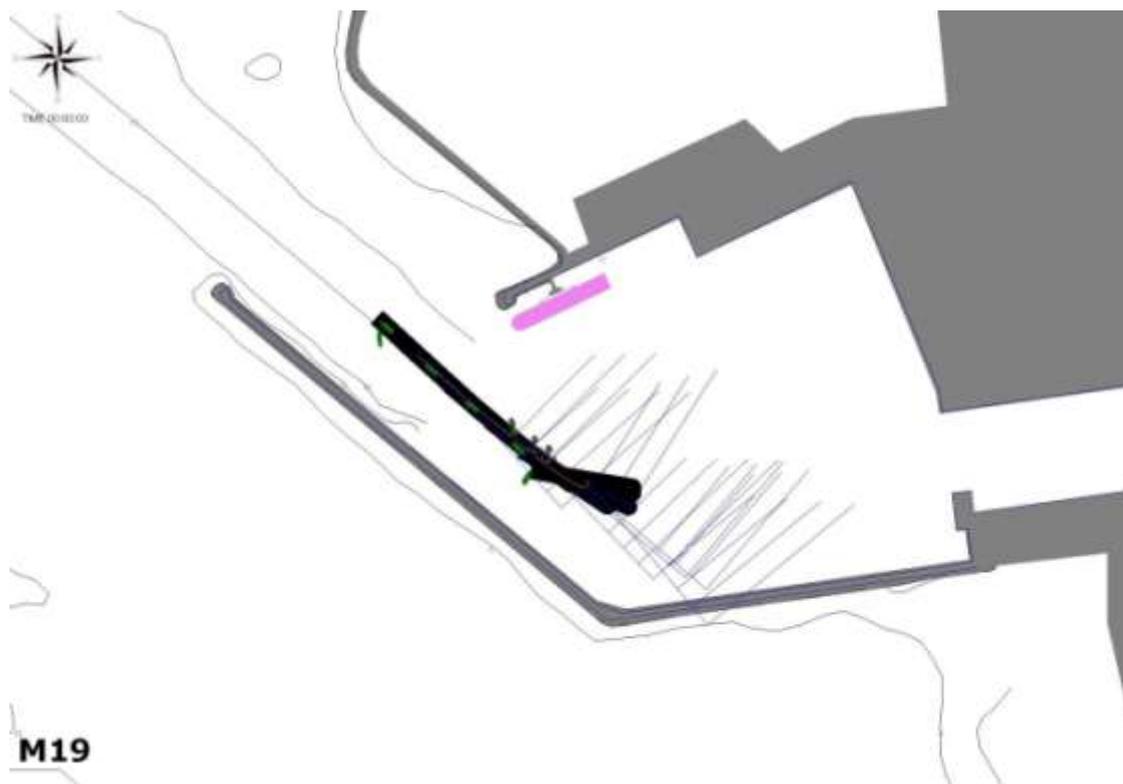


Fig. 17 – M19, Bulk 200 m in ingresso, SE 30 kn (EMERGENZA)

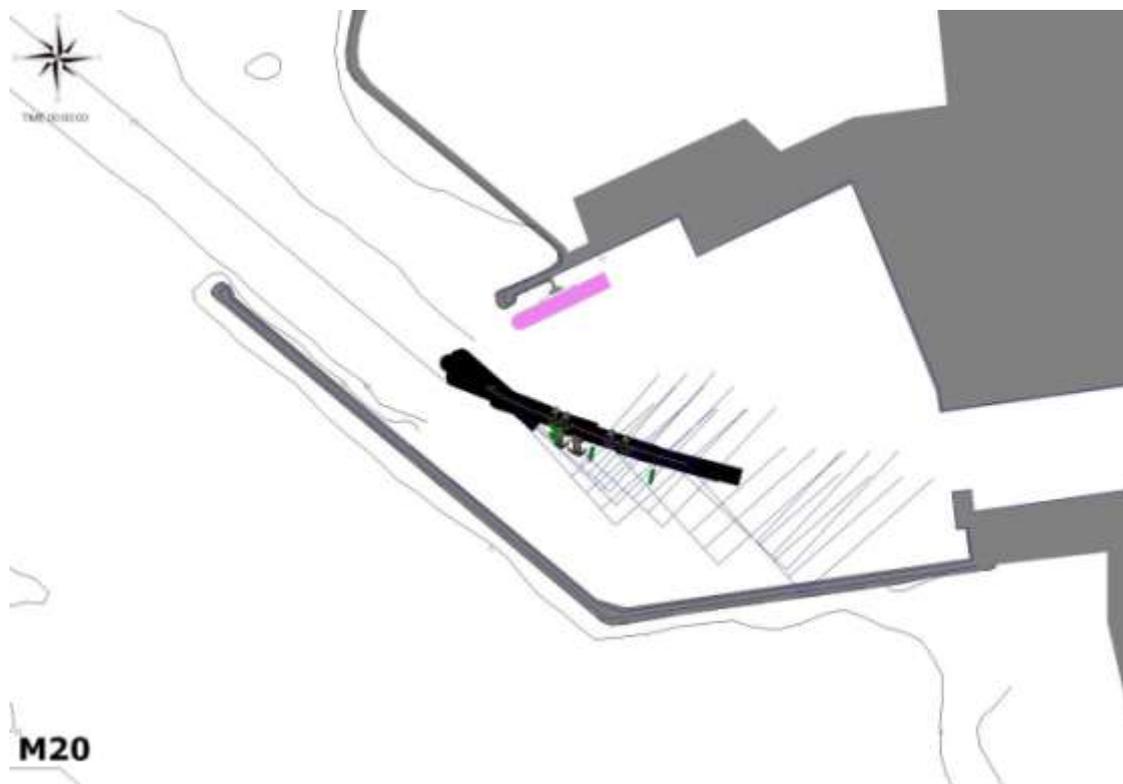


Fig. 18 – M20, Bulk 200 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)

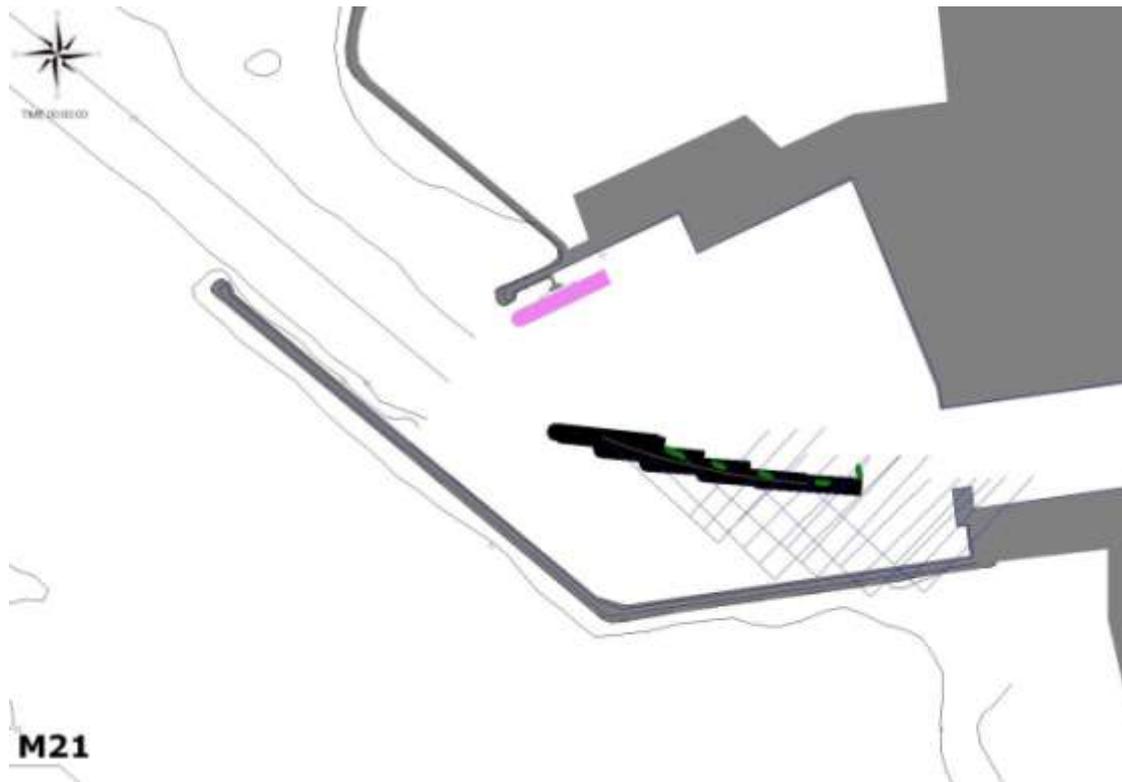


Fig. 19 – M21, Bulk 200 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)

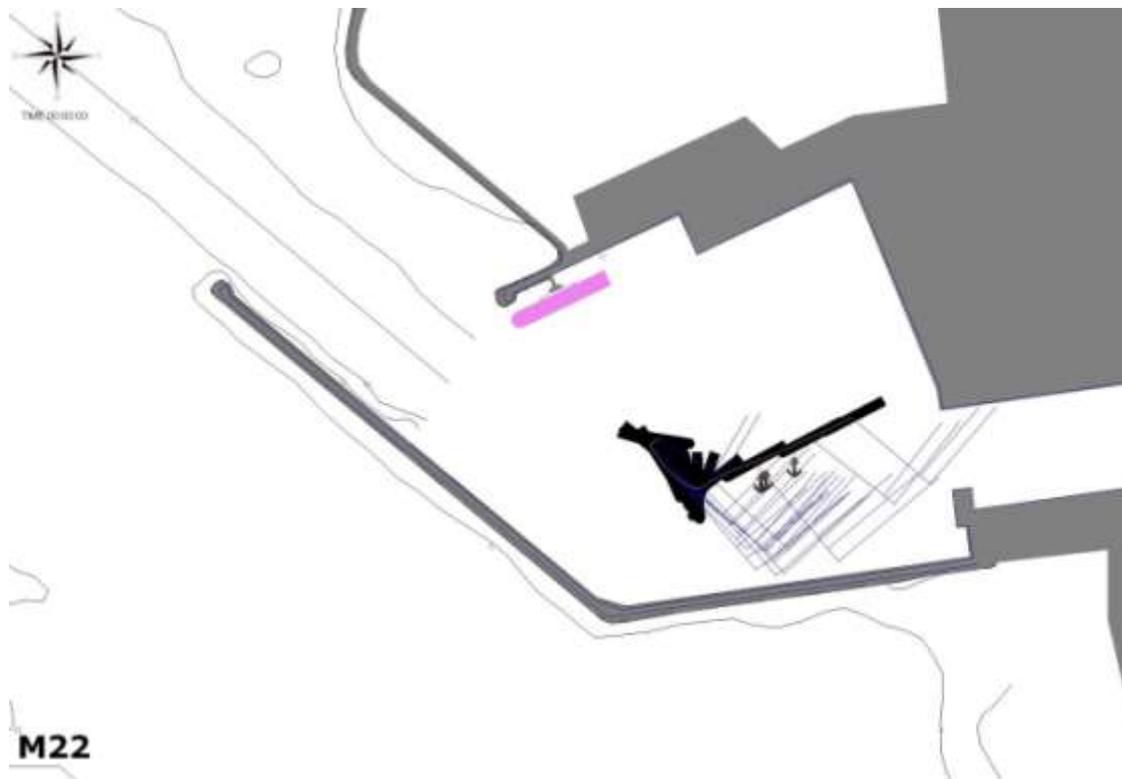


Fig. 20 – M22, Bulk 130 m in uscita, SE 20 kn (EMERGENZA)

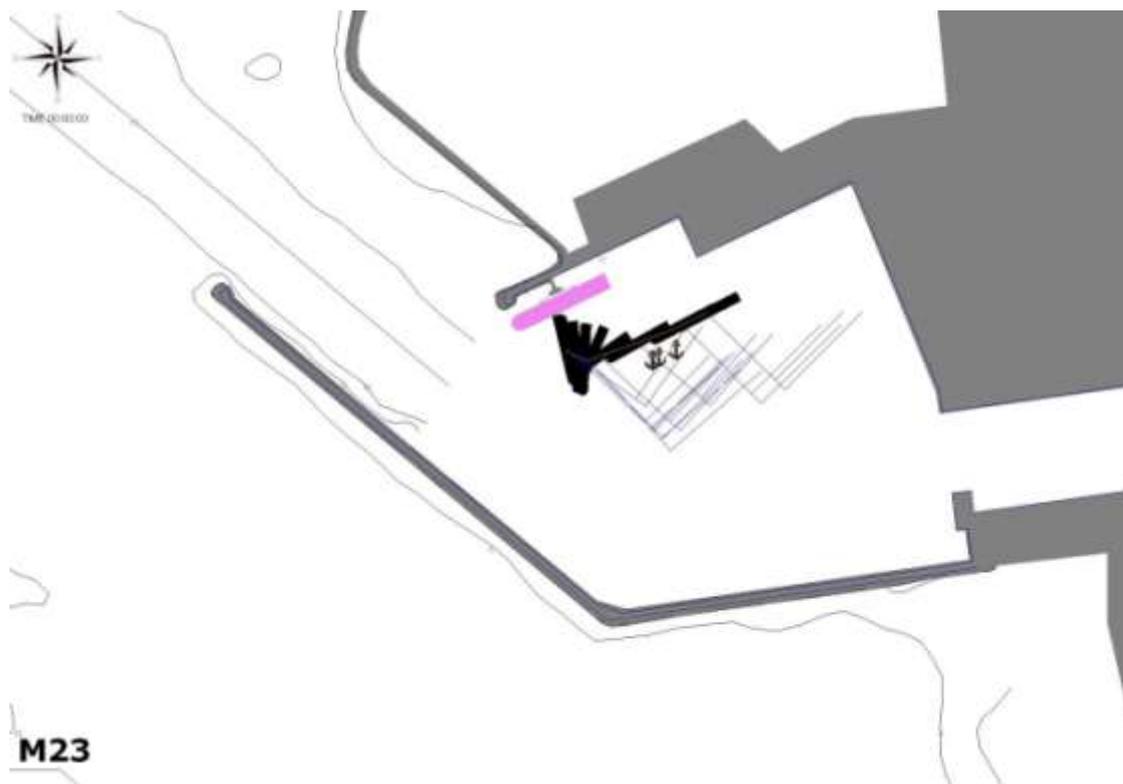


Fig. 21 – M23, Bulk 130 m in uscita, SE 20 kn (EMERGENZA)

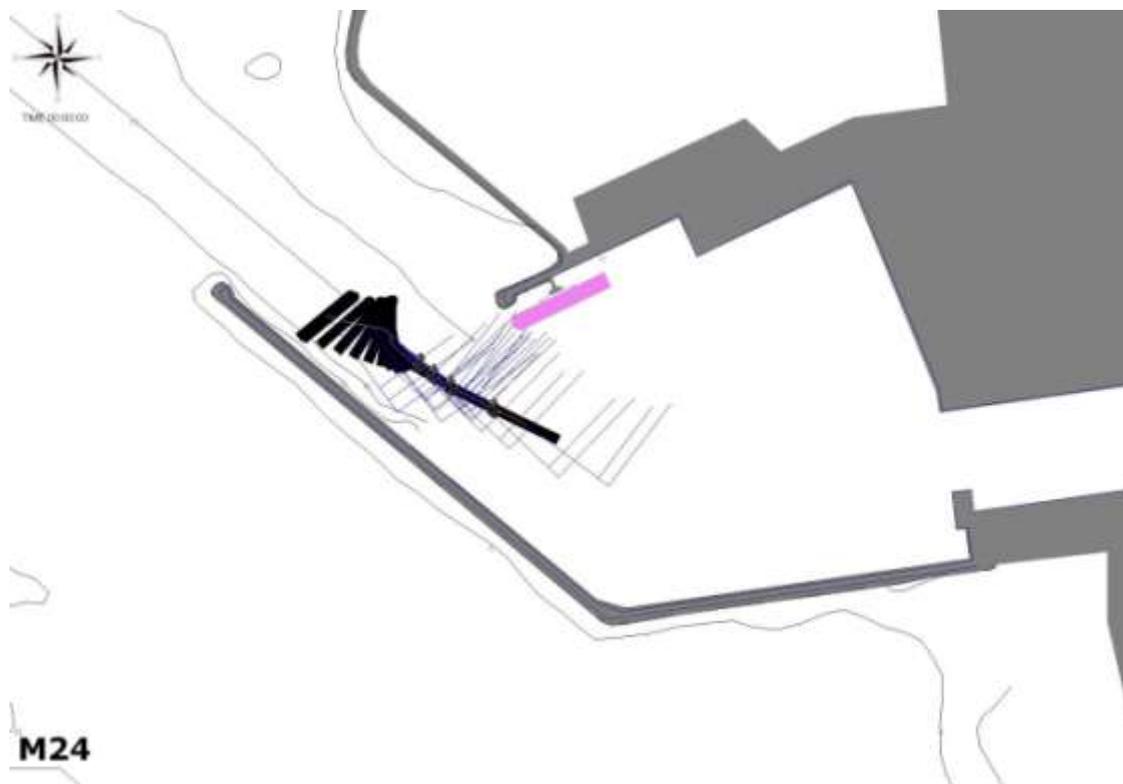


Fig. 22 – M24, Bulk 130 m in uscita, SE 20 kn (EMERGENZA)

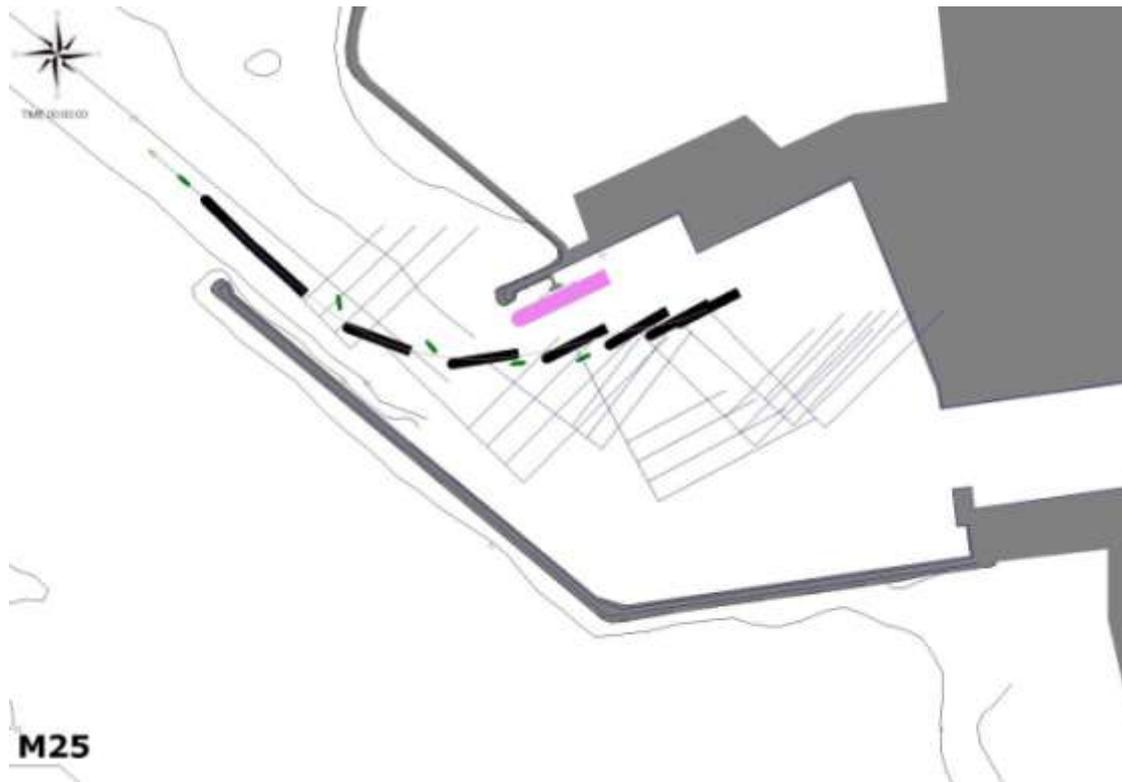


Fig. 23 – M25, Bulk 130 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)

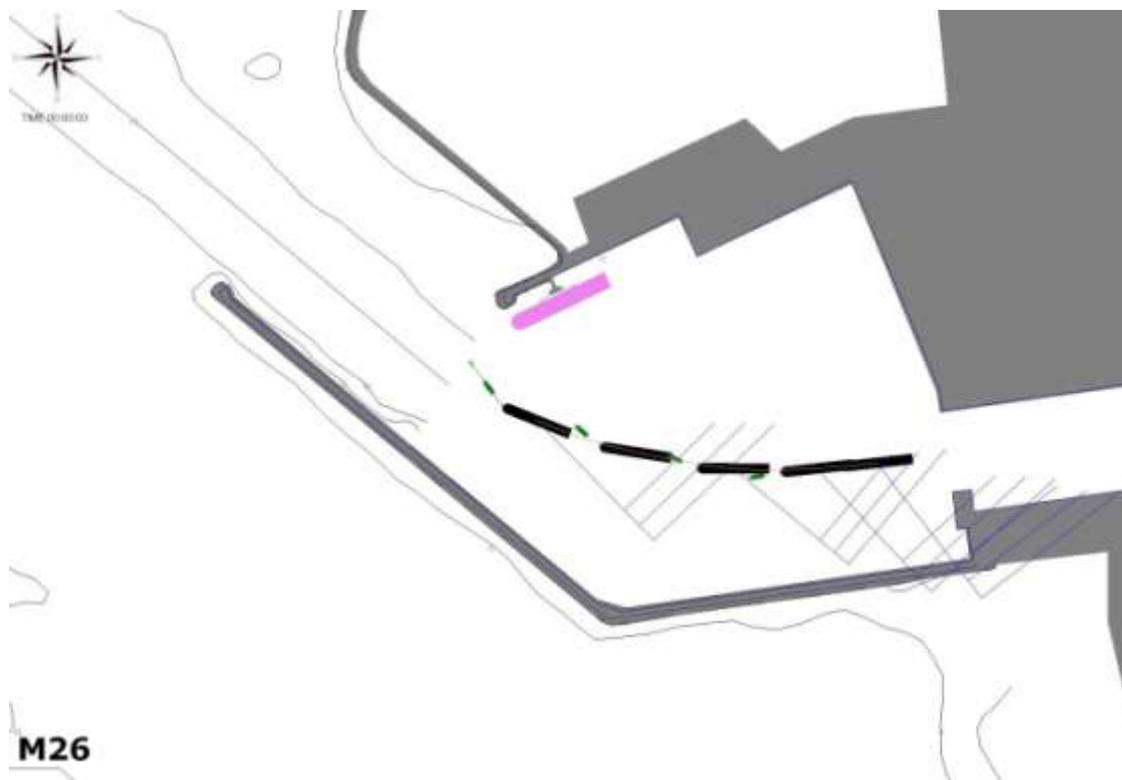


Fig. 24 – M26, Bulk 130 m in uscita, SE 30 kn (EMERGENZA)

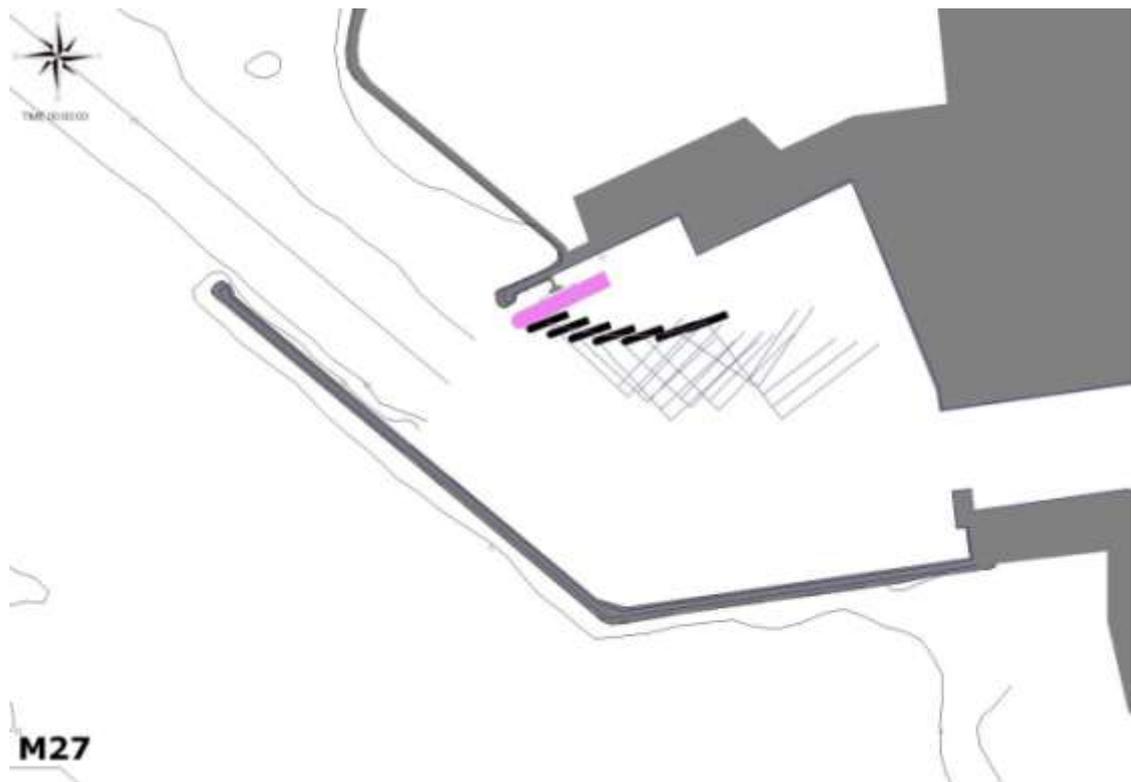


Fig. 25 – M27, Bulk 80 m in uscita, SE 20 kn (EMERGENZA)

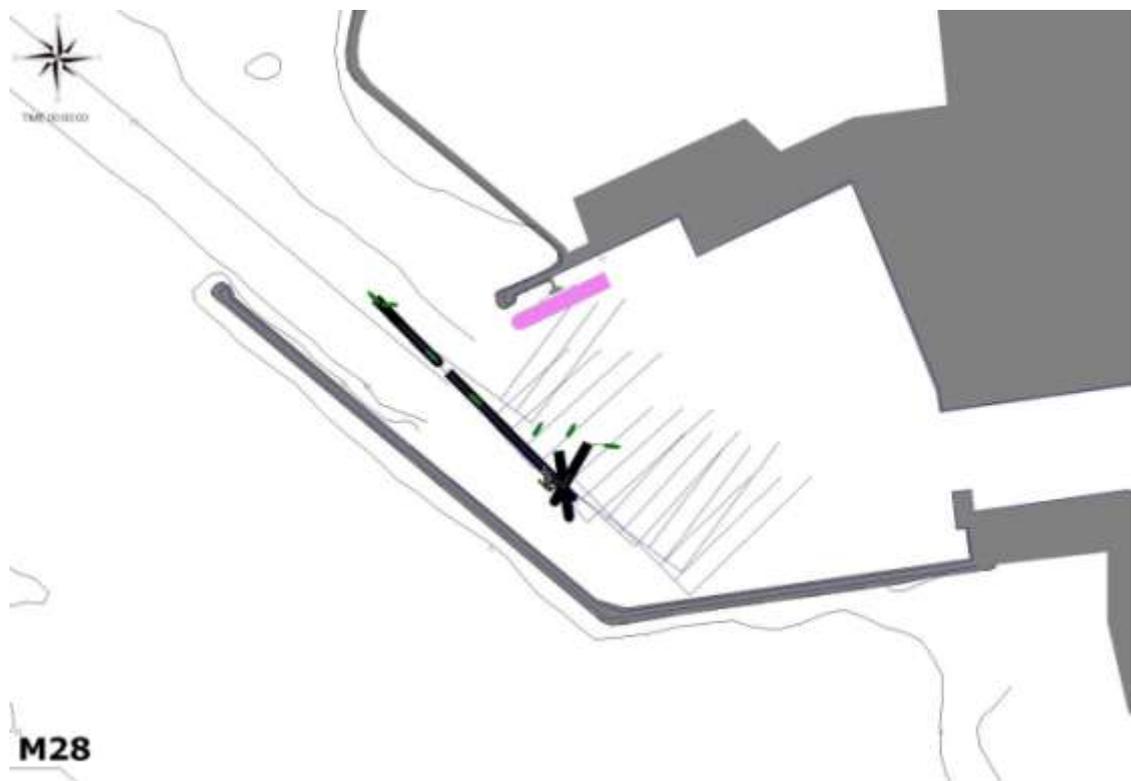


Fig. 26 – M28, Bulk 130 m in ingresso, SE 30 kn (EMERGENZA)

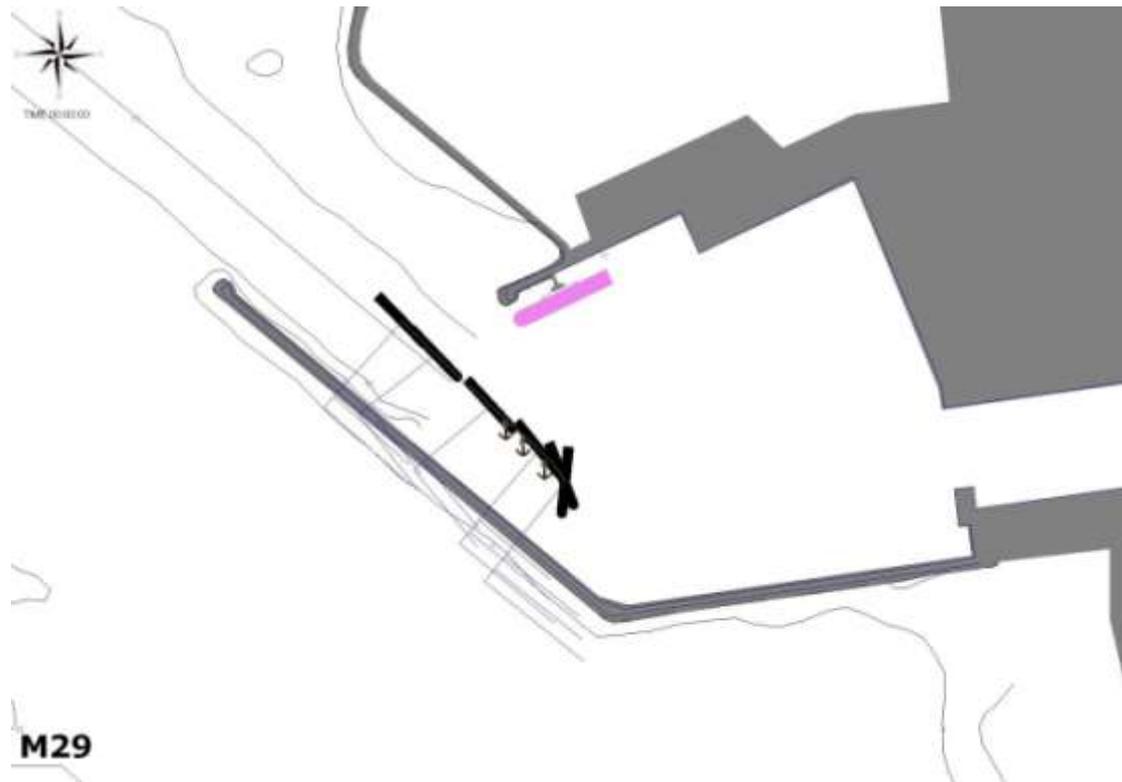


Fig. 27 – M29, Bulk 130 m in ingresso, SE 20 kn (EMERGENZA)

APPENDICE B

FOTO SCATTATE DURANTE LE SIMULAZIONI



Fig. B 1 – Simulatore SAND, scenario 3D



Fig. B 2 – Simulazioni di manovra



Fig. B 3 - Simulazioni di manovra



Fig. B 4 - Simulazioni di manovra



Fig. B 5– Simulatore SAND, scenario 3D



Fig. B 6 – Simulatore SAND, scenario 3D



Fig. B 7 – Simulatore SAND, scenario 3D



Fig. B 8- Simulazioni di manovra



Fig. B 9 - Simulazioni di manovra



Fig. B 10 – Simulatore SAND, scenario 3D



Fig. B 11 - Simulazioni di manovra

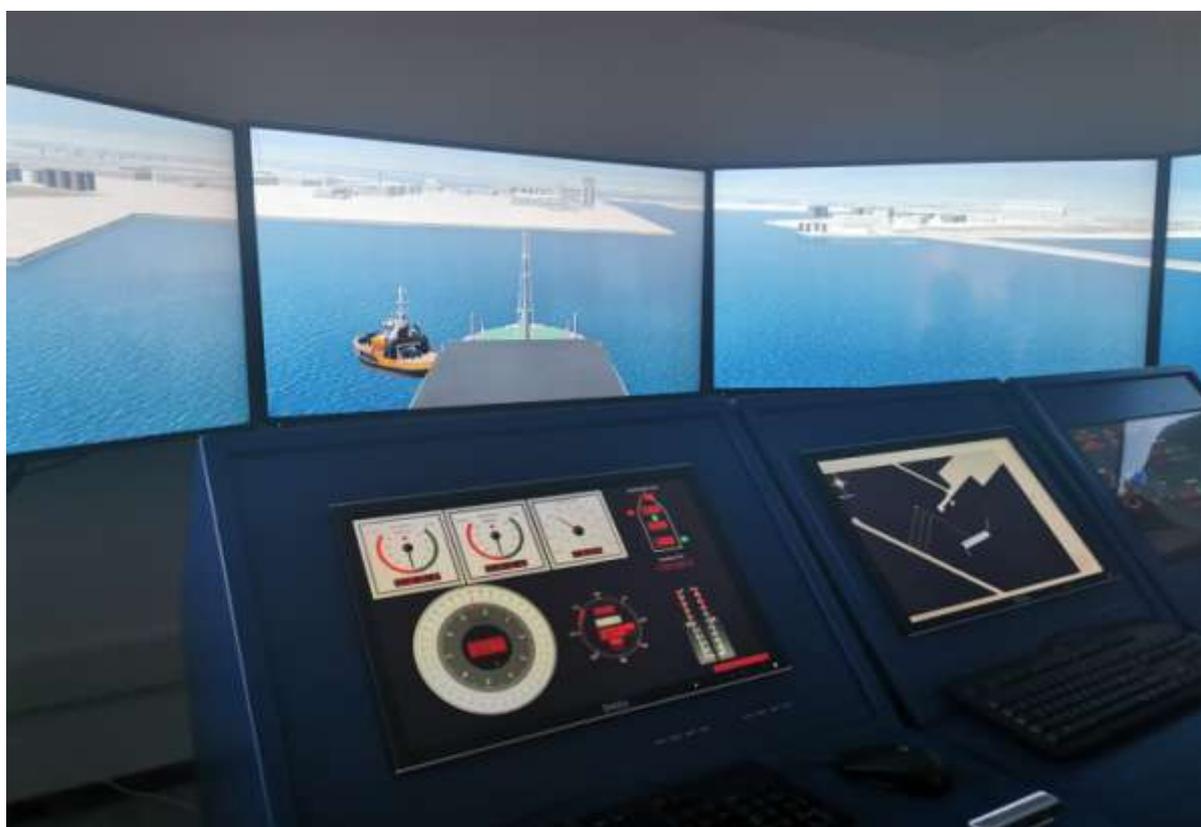


Fig. B 12 – Simulatore SAND, scenario 3D



Fig. B 13 - Simulazioni di manovra



Fig. B 14 - I Piloti



Fig. B 15 – Il Team di lavoro al simulatore

ALLEGATI

I risultati completi delle simulazioni eseguite che costituiscono gli **ALLEGATI** al presente rapporto tecnico sono stati resi disponibili al Cliente in formato elettronico via collegamento web dedicato, accessibile solo tramite password:



Una volta eseguito il login, si arriva alla pagina sulla quale sono pubblicate le cartelle che raccolgono i file contenenti tutti i dati elaborati nel corso dello studio di manovrabilità.

In sintesi sono disponibili:

- le **Pilot Card** delle unità simulate;
- le **tabelle** con la lista dei test eseguiti al simulatore;
- le **immagini** delle traiettorie involuppate della singola manovra, suddivisi per data di svolgimento ed indicati come da Tabella 6-1, Tabella 6-2, Tabella 6-3 e Tabella 6-4 di questo documento
- i **filmati 2D** riproducibili in playback di tutti i test, così come visualizzati sulla plancia 2D del SAND;
- le **fotografie** scattate durante le giornate di lavoro;

e infine

- le storie temporali di tutte le **grandezze** simulate durante ciascun test.