

Report n. 14708

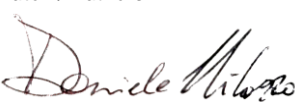


Rev. 00

Simulazioni di manovra FSRU Ravenna

Autori / Authors: Daniele MILAZZO

Data emissione / Issue date: 22/09/2022

Pagina intenzionalmente bianca / *This page intentionally left blank*

Report n. 14708	Rev. 00	Data emissione / Issue date 22/09/2022
Titolo / Title Simulazioni di manovra FSRU Ravenna		
Autori / Authors Daniele MILAZZO		
Sommario / Abstract <p>Il presente rapporto è finalizzato alla presentazione dei risultati delle simulazioni di manovra Real Time svolte al largo di Ravenna da parte di CETENA S.p.A. per conto di Techfem S.p.A., relativamente al progetto SNAM di riconversione della piattaforma PETRA in Terminal LNG. In particolare, è stata verificata la fattibilità delle manovre di ingresso, uscita e transito nel canale di approccio, al variare delle condizioni meteo marine tipiche del paraggio, da parte di un'unità FSRU e una nave LNG Carrier, le cui caratteristiche sono descritte nel corso di questo documento.</p> <p>Per quanto riguarda le condizioni meteomarine, nello studio è stato considerato vento proveniente da tutti e quattro i quadranti con direzioni da 45°N (Grecale), 135°N (Scirocco), 225°N (Libeccio), 270°N (Ponente) e 315° (Maestrale), di intensità variabile tra i 15 e i 30 nodi di velocità. L'agitazione ondosa è stata considerata compresa tra 1 m e 1.5 m con direzione di provenienza coerente alla direzione del vento considerato.</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 Snam Rete Gas Techfem S.p.A.	
Pagine / Sheets 73	Commessa / Job 69160422143	Note / Notes

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

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

Contenuto della revisione corrente / Current revision content

INDICE

INTRODUZIONE.....	9
1 SCOPO DEL LAVORO	10
1.1 Definizione degli obiettivi	11
2 DESCRIZIONE DEL SIMULATORE DI MANOVRA MANTA	13
3 Configurazione e condizioni generali delle simulazioni di manovra	17
3.1 Descrizione del layout considerato.....	17
3.2 Definizione dell'area schematizzata per le simulazioni di manovra.....	20
4 DATI GEOMETRICI DI INPUT DELLE SIMULAZIONI	22
4.1 Caratteristiche principali della FSRU (LOA = 292.6 m)	23
4.2 Caratteristiche principali della LNG Carrier (LOA = 292.6 m)	24
4.3 Caratteristiche principali dei rimorchiatori	25
5 CONDIZIONI METEOMARINE.....	27
6 CONDIZIONI FINALI DI SIMULAZIONE E LORO ESECUZIONE.....	28
6.1 Manovre eseguite al simulatore	29
6.1.1 FSRU – LOA = 292.6 m	30
6.1.1 LNG Carrier – LOA = 292.6 m	31
6.2 Elenco e risultati delle manovre eseguite al simulatore	32
6.3 Presentazione dei file dei risultati delle simulazioni	40
7 CONCLUSIONI	41
7.1 Riassunto delle manovre eseguite	43
7.2 Riassunto del lavoro – Rimorchiatori	46
7.3 In sintesi.....	48
8 RIFERIMENTI.....	49
APPENDICI	50
APPENDICE A	51
APPENDICE B	69
FOTO DELLE SIMULAZIONI	69
ALLEGATI.....	72

Indice delle Tabelle

Tab. 4-1 Caratteristiche principali della FSRU.	23
Tab. 4-2 Caratteristiche principali della LNG Carrier.	24
Tab. 5-1 Condizioni meteomarine considerate per le simulazioni.	27
Tab. 6-1 - Sintesi delle manovre effettuate.	39

Indice delle Figure

Fig. 1-1 Direzione ed intensità dei venti considerati durante le manovre.	12
Fig. 1-2 Numero di manovre eseguite al simulatore, associate alla direzione e intensità del vento	12
Fig. 2-1 Principali blocchi del modello matematico del simulatore	13
Fig. 2-2 Simulatore di manovra – Allestimento attuale del laboratorio di simulazione	14
Fig. 2-3 Simulatore di manovra – Postazione con visore HMD 3D dedicato alla visuale dalle alette	15
Fig. 2-4 Simulatore di manovra.....	16
Fig. 2-5 Simulatore di manovra – Scenario 3D della piattaforma offshore.....	16
Fig. 3-1 Vista attuale della piattaforma PETRA.....	17
Fig. 3-2 Layout di progetto Alternativa A [Rif. 1]	18
Fig. 3-3 Layout di progetto Alternativa B [Rif. 2]	18
Fig. 3-4 - Rappresentazione delle batimetriche utilizzate durante le simulazioni – Canale 250 m [Rif. 3].....	19
Fig. 3-5 - Rappresentazione delle batimetriche utilizzate durante le simulazioni – Canale 500 m [Rif. 4].....	19
Fig. 3-6 – Layout 2D dell’alternativa B con canale di larghezza pari a 500m rappresentato nel simulatore MANTA, con andamento dei fondali e FSRU ormeggiata presso la piattaforma.....	20
Fig. 4-1 Simulatore MANTA – Durante le prove i rimorchiatori sono stati comandati tramite un touch screen dedicato.	25
Fig. 4-2 Simulatore MANTA - Visualizzazione in tempo reale dei rimorchiatori impiegati durante il test.	26
Fig. 6-1 Gruppo di lavoro al simulatore.....	28
Fig. 6-2 Numero manovre eseguite.	29
Fig. 6-3 Manovre effettuate con la FSRU.....	30
Fig. 6-4 Esito delle manovre effettuate con la FSRU suddivise tra ingressi e uscite.	30
Fig. 6-5 Manovre effettuate con la LNG Carrier.	31
Fig. 6-6 Esito delle manovre effettuate con la LNG Carrier suddivise tra ingressi e uscite.....	31
Fig. 7-1 - Venti ed intensità considerati durante le manovre	43
Fig. 7-2 - Numero di manovre associate a direzione e intensità di vento	44
Fig. 7-3 – Manovre FSRU.....	45
Fig. 7-4 – Manovre LNG Carrier.	45
Fig. 7-5 – Confronto delle condizioni meteo con la taglia dei rimorchiatori impiegati – FSRU.	46
Fig. 7-6 – Confronto delle condizioni meteo con la taglia dei rimorchiatori impiegati – LNG Carrier.	47

Indice delle Figure – Appendice A

Fig. A - 1 – Manovra F010 – FSRU - Ingresso - MANOVRA RIUSCITA Calma.....	52
Fig. A - 2 – Manovra F020 – FSRU - Uscita - MANOVRA RIUSCITA Ponente 20 nodi.....	52
Fig. A - 3 – Manovra M010 – LNG Carrier - Ingresso - TEST Calma.	53
Fig. A - 4 – Manovra M020 – LNG Carrier - Ingresso - TEST Calma.	53
Fig. A - 5 – Manovra M030 – LNG Carrier - Ingresso - TEST Grecale 15 nodi.....	54
Fig. A - 6 – Manovra M040 – LNG Carrier - Ingresso - TEST Calma.	54
Fig. A - 7 – Manovra M050 – LNG Carrier - Uscita - TEST Calma.	55
Fig. A - 8 – Manovra M060 – LNG Carrier - Uscita - AVARIA Calma.....	55
Fig. A - 9 – Manovra M070 – LNG Carrier - Uscita - AVARIA Calma.....	56
Fig. A - 10 – Manovra M080 – LNG Carrier - Ingresso - TEST Grecale 20 nodi.....	56
Fig. A - 11 – Manovra M090 – LNG Carrier - Ingresso - AVARIA Grecale 25 nodi.	57
Fig. A - 12 – Manovra M100 – LNG Carrier - Uscita - AVARIA Grecale 25 nodi.....	57
Fig. A - 13 – Manovra M110 – LNG Carrier - Ingresso - AVARIA Scirocco 30 nodi.	58
Fig. A - 14 – Manovra M120 – LNG Carrier - Ingresso - AVARIA Scirocco 30 nodi.	58
Fig. A - 15 – Manovra M130 – LNG Carrier - Ingresso - TEST Libeccio 30 nodi.	59
Fig. A - 16 – Manovra M140 – LNG Carrier - Ingresso - MANOVRA RIUSCITA Calma.....	59
Fig. A - 17 – Manovra M150 – LNG Carrier - Ingresso - MANOVRA RIUSCITA Grecale 10 nodi.	60
Fig. A - 18 – Manovra M160 – LNG Carrier - Uscita - MANOVRA RIUSCITA Grecale 10 nodi.....	60
Fig. A - 19 – Manovra M170 – LNG Carrier - Ingresso - MANOVRA RIUSCITA Grecale 25 nodi.	61
Fig. A - 20 – Manovra M180 – LNG Carrier - Uscita - MANOVRA RIUSCITA Grecale 25 nodi.....	61
Fig. A - 21 – Manovra M190 – LNG Carrier - Ingresso - MANOVRA RIUSCITA Grecale 30 nodi.	62
Fig. A - 22 – Manovra M200 – LNG Carrier - Uscita - MANOVRA RIUSCITA Grecale 30 nodi.....	62
Fig. A - 23 – Manovra M210 – LNG Carrier - Ingresso - MANOVRA RIUSCITA Scirocco 25 nodi.	63
Fig. A - 24 – Manovra M220 – LNG Carrier - Uscita - MANOVRA RIUSCITA Scirocco 25 nodi.	63
Fig. A - 25 – Manovra M230 – LNG Carrier - Ingresso - MANOVRA RIUSCITA Libeccio 30 nodi.	64
Fig. A - 26 – Manovra M240 – LNG Carrier - Uscita - MANOVRA RIUSCITA Libeccio 30 nodi.	64
Fig. A - 27 – Manovra M250 – LNG Carrier - Ingresso - MANOVRA RIUSCITA AL LIMITE Maestrale 30 nodi.	65
Fig. A - 28 – Manovra M260 – LNG Carrier - Uscita - MANOVRA RIUSCITA AL LIMITE Maestrale 30 nodi.	65
Fig. A - 29 – Manovra M270 – LNG Carrier - Ingresso - MANOVRA RIUSCITA Maestrale 25 nodi.	66
Fig. A - 30 – Manovra M280 – LNG Carrier - Ingresso - EMERGENZA Maestrale 15 nodi.	66
Fig. A - 31 – Manovra M290 – LNG Carrier - Uscita - AVARIA Libeccio 35 nodi.	67

Fig. A - 32 – Manovra M300 – LNG Carrier - Ingresso - AVARIA Scirocco 15 nodi.....	67
Fig. A - 33 – Manovra M310 – LNG Carrier - Ingresso - AVARIA Scirocco 15 nodi.....	68

Indice delle Figure – Appendice B

Fig. B - 1 – Foto scattate durante le sessioni di simulazioni.....	70
Fig. B - 2 – Foto scattate durante le sessioni di simulazioni.....	70
Fig. B - 3 – Foto scattate durante le sessioni di simulazioni.....	71
Fig. B - 4 – Foto scattate durante le sessioni di simulazioni.....	71

INTRODUZIONE

Il presente rapporto è finalizzato alla presentazione dei risultati delle simulazioni di manovra Real Time svolte al largo di Ravenna da parte di CETENA S.p.A. per conto di Techfem S.p.A., relativamente al progetto SNAM di riconversione della piattaforma PETRA in Terminal LNG. In particolare, è stata verificata la fattibilità delle manovre di ingresso, uscita e transito nel canale di approccio, al variare delle condizioni meteo marine tipiche del paraggio, da parte di un'unità FSRU e una nave LNG Carrier, le cui caratteristiche sono descritte nel corso di questo documento.

I test al simulatore di manovra Real Time sono stati svolti nel corso di 4 giornate di simulazione, suddivise in due sessioni separate (prima sessione: dal **3 al 4 Agosto 2022**, seconda sessione: dal **31 Agosto al 1 Settembre 2022**), in presenza dell'intero gruppo di lavoro. In particolare, le manovre sono state eseguite dai Piloti del Porto di Ravenna coadiuvati da un esperto esecutore messo a disposizione da CETENA, ex-Capo dei Piloti del Porto di Genova (Com. G. Lettich), dai comandanti dei rimorchiatori Sers e Rimorchiatori Riuniti di Genova e dal personale CETENA.

Durante la giornata di lavoro al simulatore sono intervenuti gli operatori interessati allo svolgimento dello studio, appartenenti ai seguenti Enti: Capitaneria di Porto di Ravenna, Sers Srl, Rimorchiatori Riuniti S.p.A. Autorità di Sistema Portuale Mar Adriatico Centro Settentrionale, P.I.R. e Snam Rete Gas.

Si riporta qui di seguito la lista dei presenti:

Partecipanti	Ente / Società di appartenenza	Note
Com. G. Lettich	Ex Capo del Corpo Piloti di Genova	Esperto messo a disposizione da CETENA
Cap. R. Bunicci	Corpo Piloti di Ravenna	Esecuzione delle manovre al simulatore
Cap. F. Omiccioli		
Cap. M. Carretta		
Cap. N. Scarpa		
C.F. M. Pennisi	Capitaneria di Porto	Supervisione alle manovre (da remoto)
Lgt Np. G. De Sarlo		Supervisione alle manovre
Ing. G. Lanza	Snam Rete Gas	Supervisione alle manovre
Ing. A. Cabra		
Ing. M. Lombardi		
Ing. G. Vareschi		

Com. M. Del Grosso	Sers Srl	Esecuzione delle manovre dei rimorchiatori al simulatore
Dott. F. Occhinegro		Supervisione alle manovre (da remoto)
Com. S. Bignone	Rimorchiatori Riuniti S.p.A.	Esecuzione delle manovre dei rimorchiatori al simulatore
Com. S. De Stefano		
Ing. A. Gigliotti	Techfem S.p.A.	Supervisione alle manovre
Ing. F. Maletti	Autorità di Sistema Portuale Mar Adriatico Centro Settentrionale	Supervisione alle manovre (da remoto)
S. Borghesi	P.I.R.	Supervisione alle manovre (da remoto)
Ing. D. Milazzo	CETENA S.p.A.	Preparazione degli scenari e setup delle funzionalità del simulatore. Post-processing dei risultati. Redazione del rapporto tecnico finale
L. Berardi		Supporto alla gestione e coordinamento durante le giornate al simulatore.

1 SCOPO DEL LAVORO

Il presente rapporto tecnico illustra i risultati delle simulazioni di manovra Real Time svolte da parte di CETENA S.p.A. per conto di Techfem S.p.A. (Cliente).

In particolare, è stata verificata la fattibilità delle manovre di ingresso, uscita e transito nel canale di approccio, al variare delle condizioni meteo marine tipiche del paraggio, da parte di una unità FSRU e una LNG Carrier rifornitrice presso la piattaforma PETRA, relativamente al progetto SNAM di riconversione del sito in Terminal LNG.

Il presente studio è stato effettuato considerando due diverse tipologie navali. In particolare, è stata considerata un'unità di tipo FSRU (di dimensioni pari a 292.6 m x 43.4 m x 9.5 m) e una di tipo LNG Carrier (di dimensioni pari a 292.6 m x 43.4 m, considerando due diverse immersioni, rispettivamente 12.5 m (arrivo) e 9.5 m (partenza)).

Per quanto riguarda le condizioni meteomarine, nello studio è stato considerato vento proveniente da tutti e quattro i quadranti con direzioni da 45°N (Grecale), 135°N (Scirocco), 225°N (Libeccio), 270°N (Ponente) e 315° (Maestrale), di intensità variabile tra i 15 e i 30 nodi di velocità. L'agitazione ondosa è stata considerata compresa tra 1 m e 1.5 m con direzione di provenienza coerente alla direzione del vento considerato. In ogni scenario meteo marino considerato è stata considerata la presenza di corrente associata di intensità e direzione coerente con l'esperienza dei Piloti del Porto di Ravenna. Le caratteristiche di dettaglio del layout della piattaforma, delle navi simulate e delle condizioni meteomarine utilizzate negli scenari del simulatore sono descritte nel seguito del presente documento.

1.1 Definizione degli obiettivi

Il principale obiettivo di questo studio al simulatore eseguito da CETENA è la valutazione della manovrabilità da parte di una unità FSRU e una LNG Carrier rifornitrice in relazione al progetto SNAM di riconversione della piattaforma PETRA al largo di Ravenna in terminal LNG, studiando sia l'adeguatezza delle dimensioni del canale di approccio e delle aree dragate (a cui è stata dedicata la prima sessione), sia l'evoluzione nelle fasi finali di accosto delle manovre di arrivo e il distacco della nave in partenza (a cui è stata dedicata la seconda sessione).

Gli obiettivi delle simulazioni possono essere sintetizzati come segue, nei vari scenari meteomarinari presi in considerazione:

- la verifica dell'*adeguatezza dello specchio acqueo* a disposizione di diverse tipologie navali per poter compiere le manovre di ormeggio, disormeggio e transito lungo il canale di approccio in funzione delle condizioni meteomarine;
- la verifica del *numero e della taglia dei rimorchiatori* che si rendono necessari per eseguire la manovra in sicurezza da parte della nave;
- lo studio della *fattibilità dell'arrivo/partenza in condizioni meteomarine variabili*, in relazione alla *geometria dello specchio acqueo* interessato dalla manovra e all'effettiva *possibilità di operare con i rimorchiatori*;
- la *verifica delle condizioni di esercizio* (es. velocità massime nave) e lo *studio delle tecniche di manovra ottimali* per le unità in arrivo e partenza dall'accosto.

Di seguito sono stati riportati due grafici che riassumono il lavoro svolto. Ogni grafico, paragonabile ad una "rosa dei venti", distingue con cerchi concentrici l'intensità del vento applicato: allontanandosi dal centro del grafico (zona di calma e indicata con colore grigio chiaro), l'intensità del vento aumenta. In Fig. 1-1 si possono osservare le condizioni meteo considerate durante le sessioni di simulazione, mentre in Fig. 1-2 state riportante le manovre eseguite per ogni condizione meteo considerata.

Meteo considerato

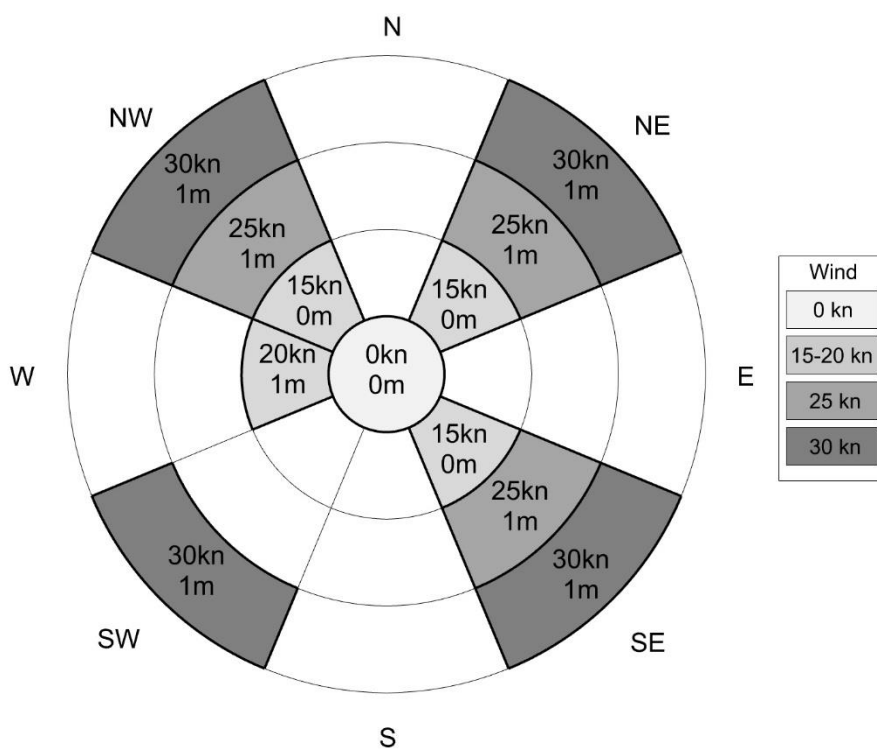


Fig. 1-1 Direzione ed intensità dei venti considerati durante le manovre.

Manovre vs meteo

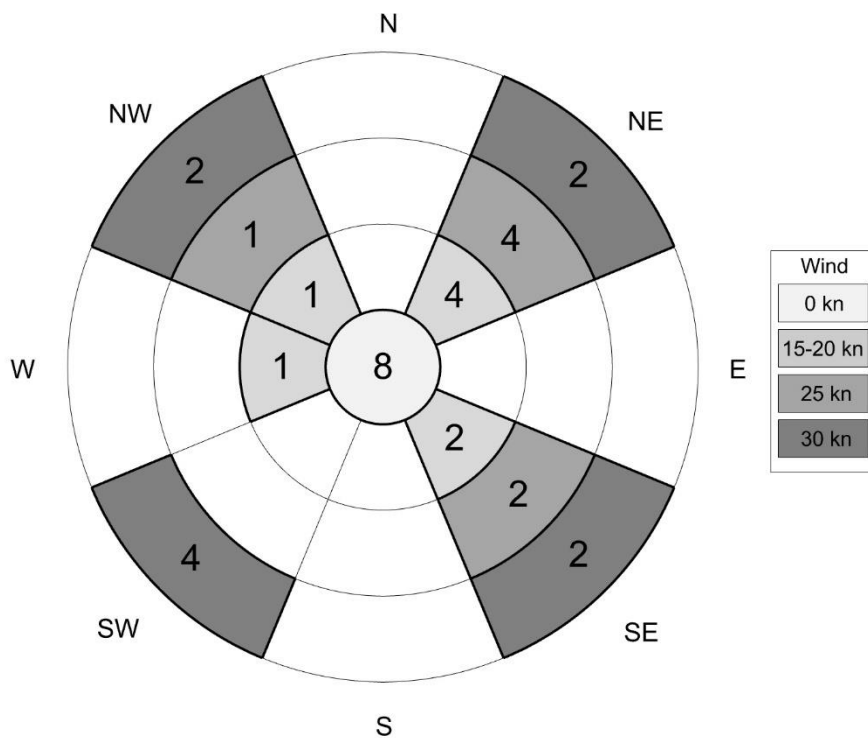


Fig. 1-2 Numero di manovre eseguite al simulatore, associate alla direzione e intensità del vento

2 DESCRIZIONE DEL SIMULATORE DI MANOVRA MANTA

Il simulatore di manovra real-time full mission MANTA (Multipurpose Advanced Naval Training Architecture) implementa un modello matematico della manovrabilità della nave, interamente sviluppato da CETENA S.p.A., di cui verranno qui di seguito richiamate le caratteristiche generali.

La nave in esame viene configurata in maniera dettagliata, inserendo nel sistema numerosi parametri, raggruppati secondo la struttura del modello stesso:

- ❖ Dati dello scafo
- ❖ Propulsione principale
- ❖ Apparato motore
- ❖ Appendici di carena
- ❖ Eliche di manovra
- ❖ Timone
- ❖ Aree esposte al vento

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

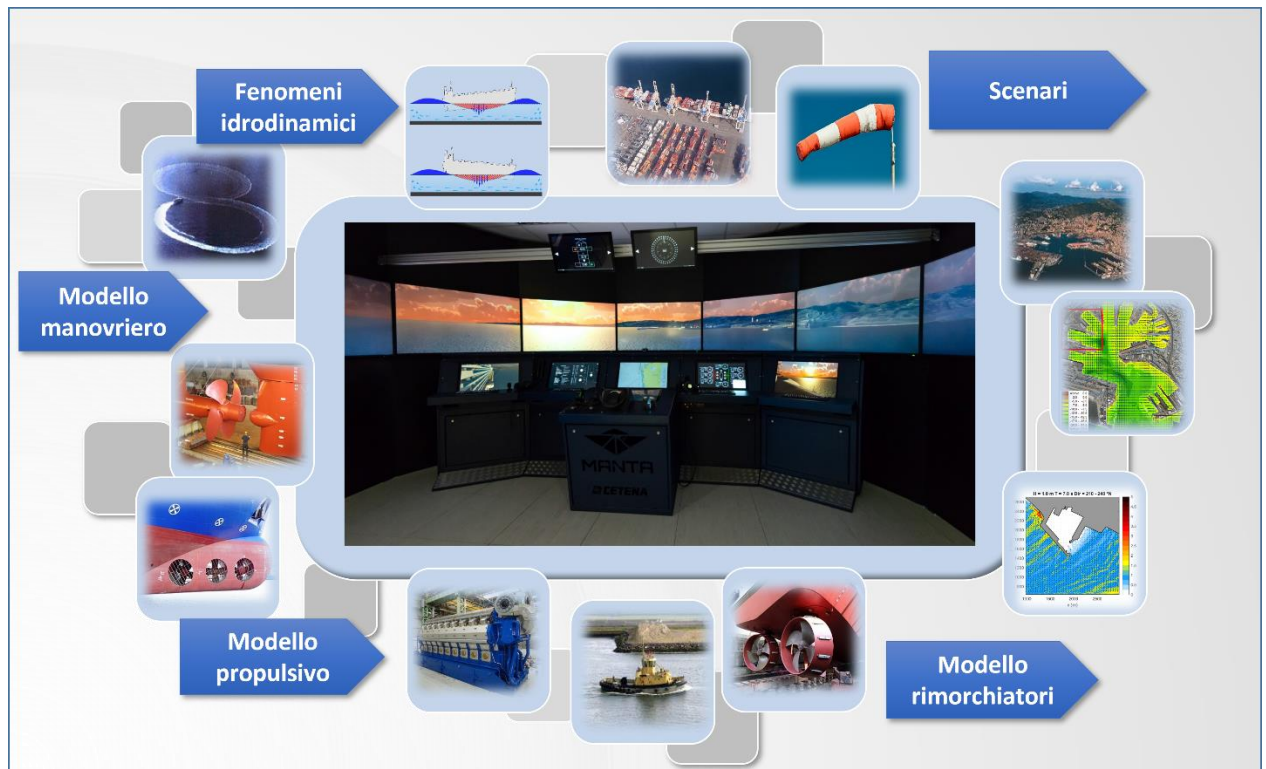


Fig. 2-1 Principali blocchi del modello matematico del simulatore

Il simulatore integra al suo interno, oltre agli aspetti propri della nave (geometria dello scafo, apparati di propulsione, appendici) anche il contesto in cui la simulazione ha luogo, costituito 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
- modelli di calcolo per 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*.

È inoltre possibile simulare in tempo reale 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 a seguito dell'utilizzo, ad esempio, di ancore e catene.



Fig. 2-2 Simulatore di manovra – Allestimento attuale del laboratorio di simulazione

Per quanto riguarda la parte grafica, 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 (v. Fig. 2-2).

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 Fig. 2-3.



Fig. 2-3 Simulatore di manovra – Postazione con visore HMD 3D dedicato alla visuale dalle alette

La Fig. 2-4 mostra una vista della sala di simulazione. In particolare, in Fig. 2-5, vi è una delle fotografie scattate durante le simulazioni, in cui è possibile apprezzare le viste esterne in 3D realizzate per questo studio di manovrabilità.



Fig. 2-4 Simulatore di manovra

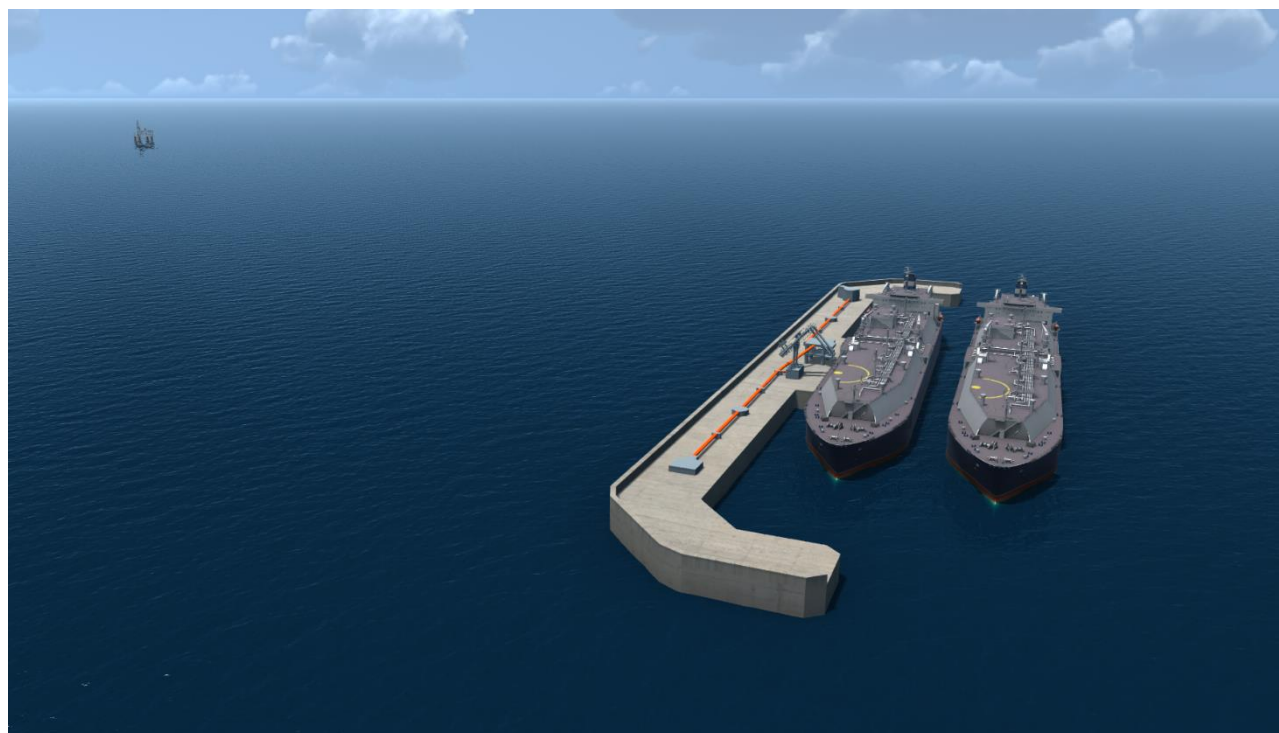


Fig. 2-5 Simulatore di manovra – Scenario 3D della piattaforma offshore.

3 Configurazione e condizioni generali delle simulazioni di manovra

3.1 Descrizione del layout considerato

La piattaforma PETRA è una piattaforma offshore del Gruppo PIR (Petroliera italo rumena), realizzata alla fine degli anni '80 e destinata alle navi petroliere, situata circa 8.5 km al largo di Punta Marina, nelle acque antistanti il Porto di Ravenna. La piattaforma offshore Petra ha una lunghezza di circa 350m, è alta circa 11.5m e consentiva l'attracco di petroliere con stazza (DWT) da 18.000 a 80.000 tons con lunghezze comprese tra 160 e 270m ed un pescaggio massimo di 11.5m.

Una vista dall'alto della piattaforma attuale è riportata in Fig. 3-1.



Fig. 3-1 Vista attuale della piattaforma PETRA.

Il progetto prevede la riconversione della piattaforma esistente in terminal LNG, prevedendo l'ormeggio di un'unità di stoccaggio e rigassificazione galleggiante (FSRU, Floating Storage Regasification Unit, in grado di stoccare e vaporizzare gas naturale liquefatto (LNG)) e realizzando un'opera a protezione del terminal dagli stati di mare più severi provenienti dal primo e secondo quadrante.

Al momento dello svolgimento delle simulazioni, il progetto dell'opera di protezione presenta due diverse ipotesi di layout: **Alternativa A** (Fig. 3-2) e **Alternativa B** (Fig. 3-3). Allo scopo di effettuare lo studio in condizioni conservative e cautelative, durante le simulazioni è stato testato il layout Alternativa B, in quanto le due estremità dell'opera di protezione terminano all'interno dell'area di manovra, evidenziando una riduzione dello spazio utile all'evoluzione rispetto all'alternativa A. Il cerchio di evoluzione, considerando l'alternativa B, è largo circa 700 m.

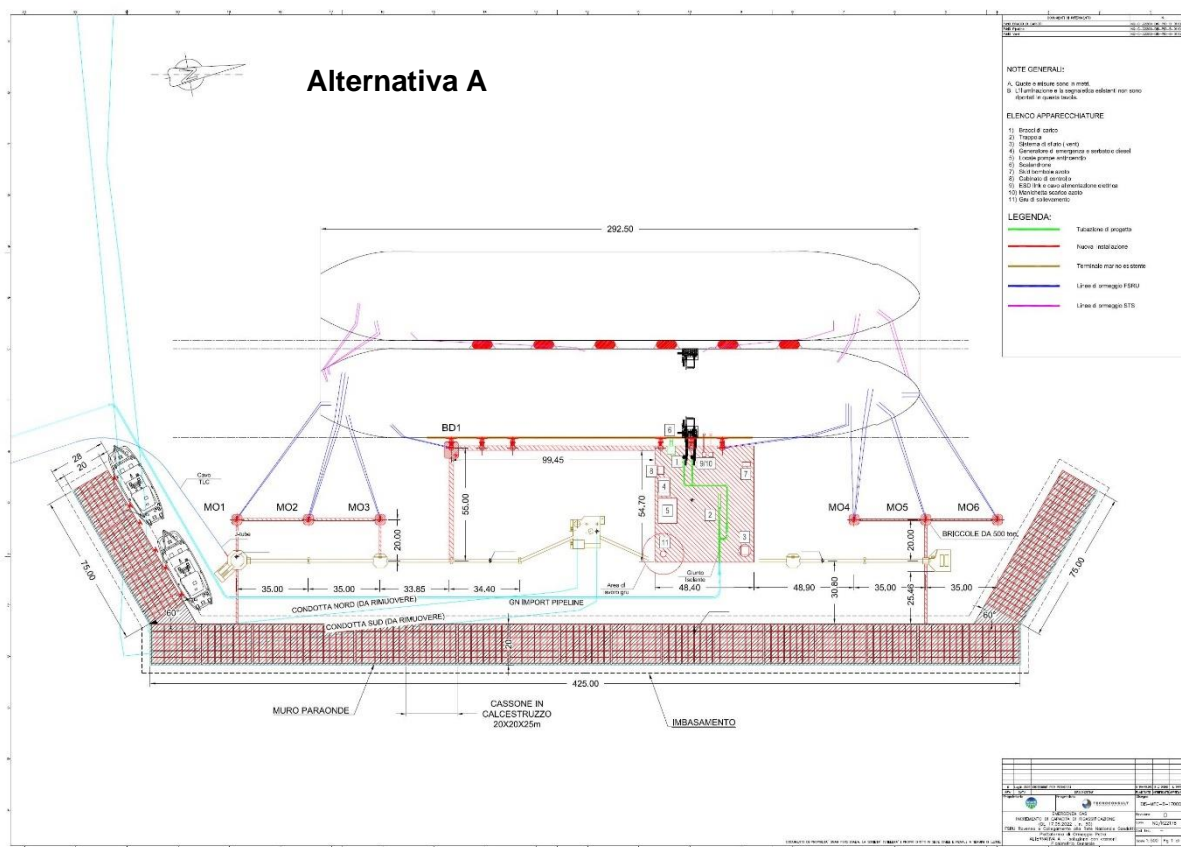


Fig. 3-2 Layout di progetto Alternativa A [Rif. 1]

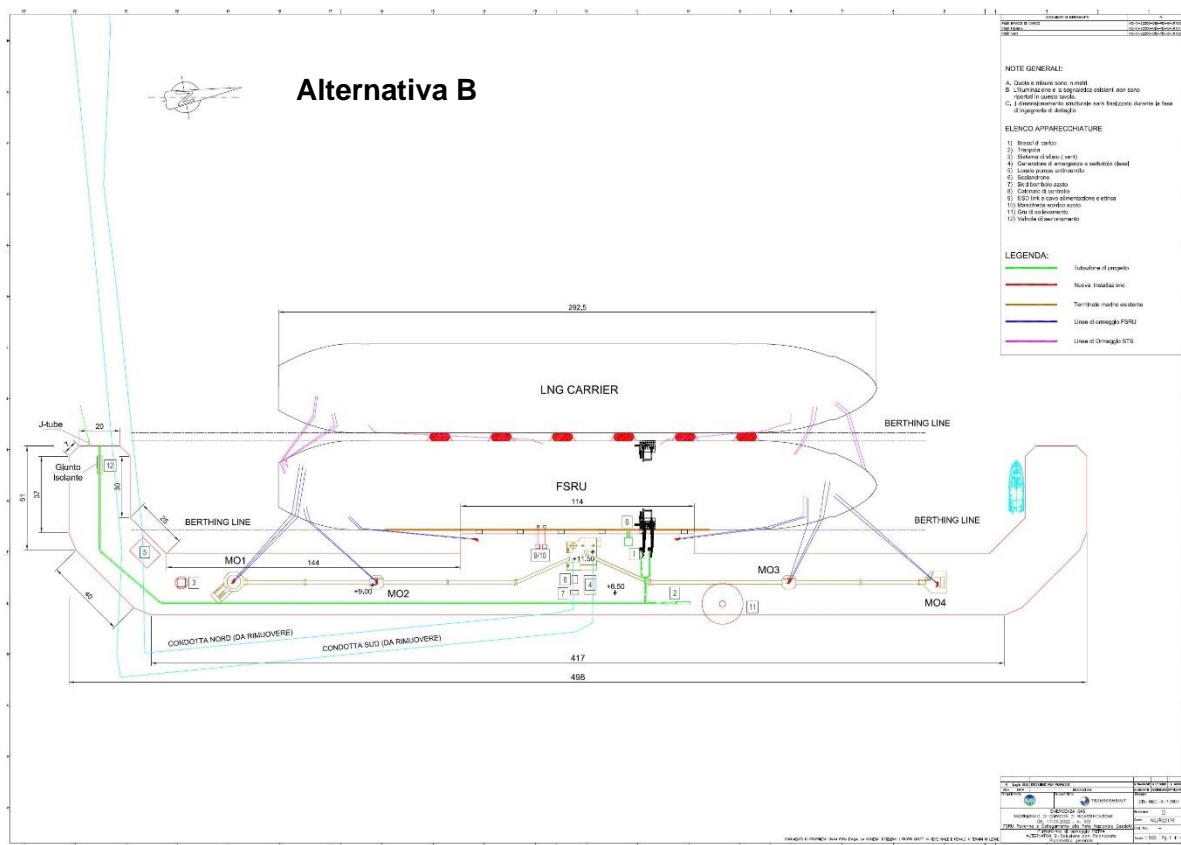


Fig. 3-3 Layout di progetto Alternativa B [Rif. 2]

La *batimetria* dell'area di manovra è stata oggetto dello studio. Sono state valutate due diverse opzioni, nelle quali è stata variata la larghezza del canale di approccio alla piattaforma. In particolare, è stato considerato un canale di larghezza pari a 250m (Fig. 3-4) e uno di larghezza pari a 500m (Fig. 3-5), valutando vantaggi e svantaggi di entrambe le ipotesi.

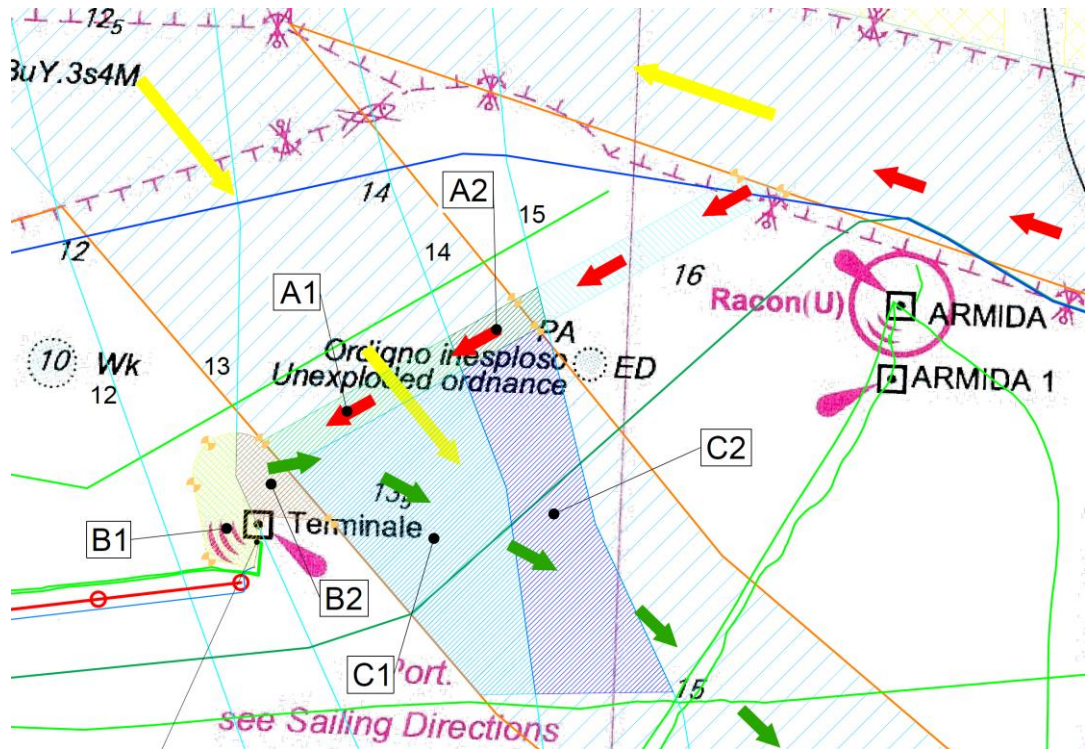


Fig. 3-4 - Rappresentazione delle batimetriche utilizzate durante le simulazioni – Canale 250 m [Rif. 3]

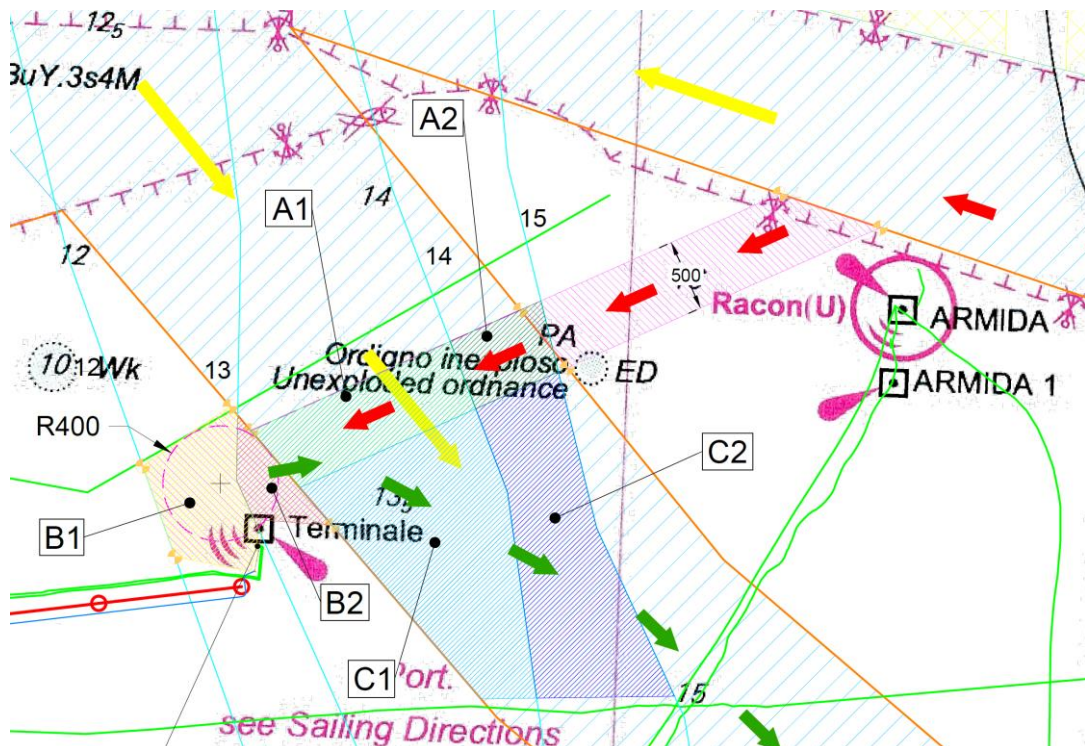


Fig. 3-5 - Rappresentazione delle batimetriche utilizzate durante le simulazioni – Canale 500 m [Rif. 4]

3.2 Definizione dell'area schematizzata per le simulazioni di manovra

Il *layout* riportato nel simulatore MANTA, e visualizzato nel display 2D della plancia, si presenta come nella Fig. 3-6.

La mappa 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. In Fig. 3-6 sono riportati inoltre il contorno dello schema di separazione e il canale di approccio alla piattaforma (avente larghezza pari a 500m, linee rosa) e la FSRU in ingombro all'ormeggio presso la piattaforma in studio (*silhouette* in rosa).

Come verrà illustrato nel corso di questo rapporto tecnico, per ogni configurazione meteomarina sono state prese in considerazione le distribuzioni tipiche di vento, moto ondoso e corrente all'interno del paraggio in studio, impostando i relativi parametri numerici di cui tener conto di volta in volta nell'impostazione della tecnica di manovra al simulatore.

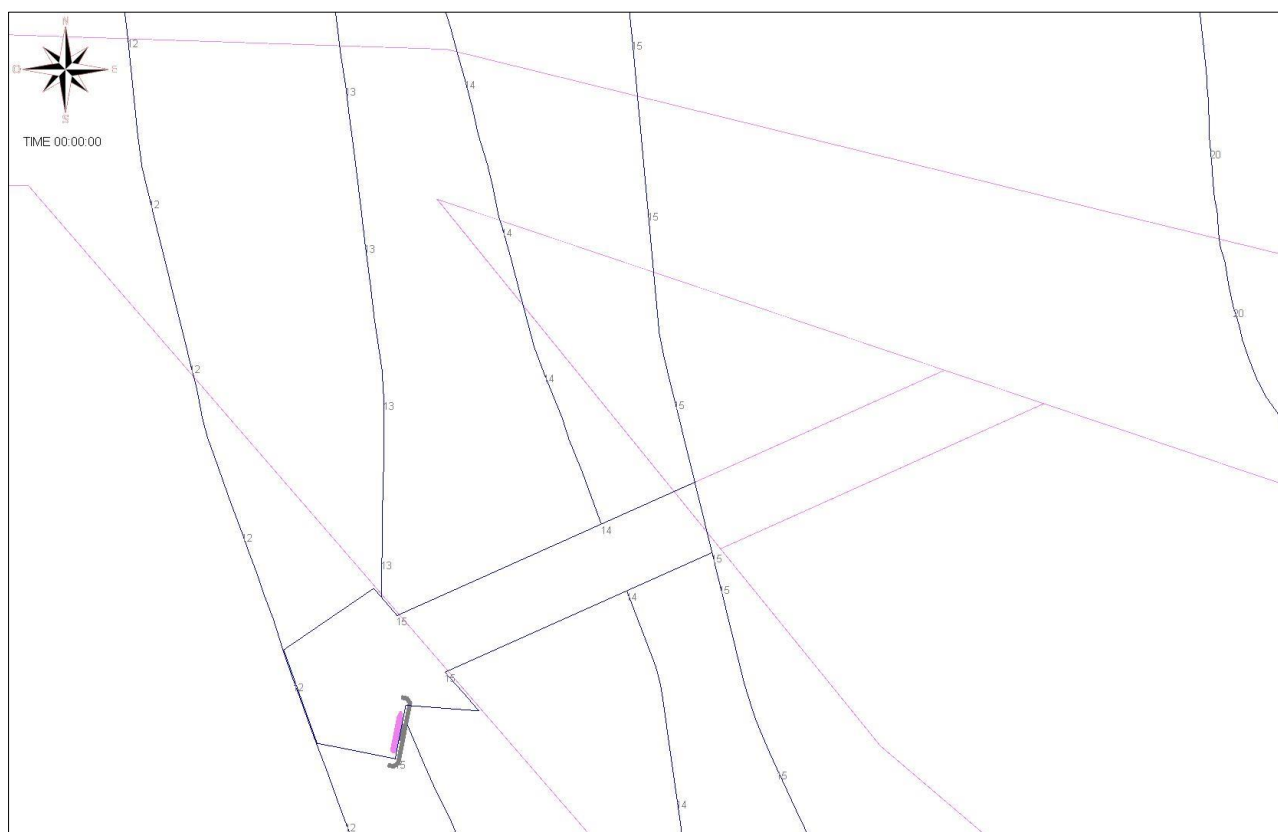


Fig. 3-6 – Layout 2D dell'alternativa B con canale di larghezza pari a 500m rappresentato nel simulatore MANTA, con andamento dei fondali e FSRU ormeggiata presso la piattaforma

La *posizione iniziale delle navi in arrivo* durante i test è stata impostata diversamente a seconda dell'obiettivo della simulazione in corso.

Durante le simulazioni in cui è stata valutata la larghezza del canale di approccio, la posizione iniziale è stata generalmente posta all'interno del corridoio di ingresso dello schema di separazione, all'altezza della piattaforma Armida, a circa 1 miglio di distanza dall'imboccatura del canale di approccio (Pilota già imbarcato), con prua orientata per circa 280°N e velocità iniziale 6 kn.

Durante le simulazioni in cui è stata valutata l'adeguatezza delle aree di manovra e la fattibilità delle manovre di arrivo e partenza dalla piattaforma, la posizione iniziale è stata generalmente posta all'interno del corridoio di uscita dello schema di separazione, a circa mezzo miglio di distanza dall'area di manovra, con prua orientata per circa 245°N e velocità iniziale 4.5 kn.

La posizione iniziale della nave, per le simulazioni in *partenza* dalla piattaforma, è parallela alla FSRU/ banchina di accosto, con prua rivolta verso nord.

4 DATI GEOMETRICI DI INPUT DELLE SIMULAZIONI

Nel seguito vengono illustrate le caratteristiche principali delle unità navali prese in considerazione per questo studio di manovrabilità, nello specifico un'unità tipo FSRU e un'unità tipo LNG Carrier, considerando due diverse immersioni per le manovre di arrivo e partenza.

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.

Le *caratteristiche dei rimorchiatori*, ovvero la taglia e le tempistiche di intervento, sono state concordate con i Piloti, considerando rimorchiatori di taglia appropriata alle caratteristiche delle navi simulate.

4.1 Caratteristiche principali della FSRU (LOA = 292.6 m)

Le caratteristiche principali della FSRU sono state riassunte nella tabella seguente.

La nave è monoelica a pale fisse, è propulsa da un apparato motore che sviluppa 27 MW complessivi ed ha una velocità massima di 19.5 nodi. La nave non è dotata di bow thruster.



Dati Principali

Lunghezza Fuori Tutto	292.6	m
Lunghezza fra le perpendicolari	290	m
Larghezza	43.4	m
Potenza installata A.M.	1 x 26785	kW
Velocità massima	19.5	knots
Immersione	12.5	m
Dislocamento	112237	t
Area laterale esposta	7038	m ²
Area frontale esposta	1070	m ²

Dati Eliche di propulsione

Numero di Eliche	1	FPP
Numero Pale	4	
Diametro	8.65	m
Velocità di rotazione	100	RPM

Dati eliche di manovra

Bow thrusters	-	kW
---------------	---	----

Tab. 4-1 Caratteristiche principali della FSRU.

4.2 Caratteristiche principali della LNG Carrier (LOA = 292.6 m)

Le caratteristiche principali della LNG Carrier sono state riassunte nella tabella seguente.

La nave è monoelica a pale fisse, è propulsa da un apparato motore che sviluppa 27 MW complessivi ed ha una velocità massima di 19.5 nodi. È dotata di 1 bow thruster da 2100 kW.



Dati Principali		
Lunghezza Fuori Tutto	292.6	m
Lunghezza fra le perpendicolari	290	m
Larghezza	43.4	m
Potenza installata A.M.	1 x 26785	kW
Velocità massima	19.5	knots
Immersione 1		
Immersione	9.5	m
Dislocamento	85075	t
Area laterale esposta	7916	m ²
Area frontale esposta	1200	m ²
Immersione 2		
Immersione	12.5	m
Dislocamento	112237	t
Area laterale esposta	7038	m ²
Area frontale esposta	1070	m ²
Dati Eliche di propulsione		
Numero di Eliche	1	FPP
Numero Pale	4	
Diametro	8.65	m
Velocità di rotazione	100	RPM
Dati eliche di manovra		
Bow thrusters	1 x 2100	kW

Tab. 4-2 Caratteristiche principali della LNG Carrier.

4.3 Caratteristiche principali dei rimorchiatori

In generale, per l'esecuzione dello studio, è stato scelto di adoperare il numero e la potenza dei rimorchiatori (e di conseguenza il loro posizionamento) che, a giudizio dei Piloti presenti alle prove, fosse di volta in volta necessario al fine di poter manovrare in sicurezza nelle diverse condizioni meteomarine considerate. In particolare, sono state effettuate simulazioni considerando due flotte di rimorchiatori composte da unità di diversa potenza:

- n°4 rimorchiatori da 70t di Bollard Pull
- n°2 rimorchiatori da 70t di Bollard Pull e n°2 rimorchiatori da 80t di Bollard Pull.

Il numero necessario allo svolgimento delle manovre e l'adeguatezza di tali rimorchiatori sono stati riassunti nei paragrafi successivi di questo rapporto tecnico.

Per la rappresentazione al simulatore dei rimorchiatori, azionati tramite un touch-screen dedicato (cfr. Fig. 4-1), si tenga presente che è possibile gestirne sia la posizione attorno alla nave sia la percentuale di potenza erogata in tiro o in spinta, variata in tempo reale dall'operatore in base alle indicazioni del Pilota al comando dell'unità navale simulata.



Fig. 4-1 Simulatore MANTA – Durante le prove i rimorchiatori sono stati comandati tramite un touch screen dedicato.

Un esempio della visualizzazione in tempo reale dei rimorchiatori impiegati durante il test al simulatore, all'interno dello scenario 3D, è riportato in Fig. 4-2.



Fig. 4-2 Simulatore MANTA - Visualizzazione in tempo reale dei rimorchiatori impiegati durante il test.

5 CONDIZIONI METEOMARINE

Durante le sessioni di lavoro sono state individuate le condizioni di riferimento per la navigazione simulata, caratterizzandole tramite intensità e direzione di *vento*, *moto ondoso* e *corrente*.

Con riferimento agli obiettivi di questo studio di manovrabilità, per lo svolgimento delle simulazioni sono state scelte le condizioni meteomarine più severe per il paraggio di Ravenna, ovvero vento proveniente da tutti e quattro i quadranti con direzioni da 45°N (Grecale), 135°N (Scirocco), 225°N (Libeccio), 270°N (Ponente) e 315° (Maestrale), di intensità variabile tra i 15 e i 30 nodi di velocità. L'agitazione ondosa è stata considerata compresa tra 1 m e 1.5 m con direzione di provenienza coerente alla direzione del vento considerato. In ogni scenario meteo marino considerato è stata considerata la presenza di corrente associata di intensità e direzione coerente con l'esperienza dei Piloti del Porto di Ravenna.

Inoltre, non è stato considerato l'effetto di protezione e smorzamento del moto ondoso da parte delle strutture fisse, svolgendo le simulazioni di manovra senza considerare l'effetto dovuto alla presenza delle strutture stesse.

Le condizioni meteomarine adottate per lo studio sono sintetizzate nella seguente Tab. 5-1:

CONDIZIONI METEOMARINE					
Simulazioni di Manovrabilità – FSRU Ravenna					
DIR. / INTENSITA' VENTO	CARATTERISTICHE MARE ASSOCIATO			CARATTERISTICHE CORRENTE ASSOCIATA	
	Hs [m]	Tp [s]	Dir. [°N]	Int. [kn]	Dir. Verso [°N]
Calma	0	-	-°	1/1.5	225°
NE (45°N) – Grecale, 15 kn	0	-	-°	1	225°
NE (45°N) – Grecale, 20 kn	1.5	6	90°	1.5	225°
NE (45°N) – Grecale, 25 kn	1	5.5	45°/90°	1/2	180°/225°
NE (45°N) – Grecale, 30 kn	1	5.5	45°	1.3	180°
SE (135°N) – Scirocco, 15 kn	0	-	-°	-	-°
SE (135°N) – Scirocco, 25 kn	1	5.5	135°	1	350°
SE (135°N) – Scirocco, 30 kn	1	5.5	135°	2	315°
SW (225°N) – Libeccio, 30 kn	0.5	5.5	225°	1.5	0°
W (270°N) – Ponente, 20 kn	1	5.5	270°	1.5	180°
NW (315°N) – Maestrale, 15 kn	0	-	-°	1	180°
NW (315°N) – Maestrale, 25 kn	1	5.5	315°	1.5	170°
NW (315°N) – Maestrale, 30 kn	1	5.5	315°	1	170°

Tab. 5-1 Condizioni meteomarine considerate per le simulazioni.

6 CONDIZIONI FINALI DI SIMULAZIONE E LORO ESECUZIONE

Definiti i singoli aspetti delle simulazioni (schematizzazione dei layout portuali, fondale, caratteristiche principali delle unità navali, condizioni meteomarine), CETENA ha messo il simulatore a disposizione del Cliente e di tutti gli operatori invitati per lo svolgimento delle simulazioni di manovra, svoltesi durante due sessioni separate (dal 3 al 4 agosto e dal 31 agosto al 1 settembre).



Fig. 6-1 Gruppo di lavoro al simulatore

I principali aspetti e le criticità emerse durante le simulazioni eseguite sono state discusse fra tutti i presenti in corso d'opera, e condivisi al termine della giornata durante una riunione collegiale conclusiva, in cui è stato possibile raccogliere anche le osservazioni dei Piloti e della Capitaneria di Porto.

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

6.1 Manovre eseguite al simulatore

In totale sono state eseguite n. 33 manovre. In Fig. 6-2 è riportata una schematizzazione del numero di manovre eseguite al simulatore:

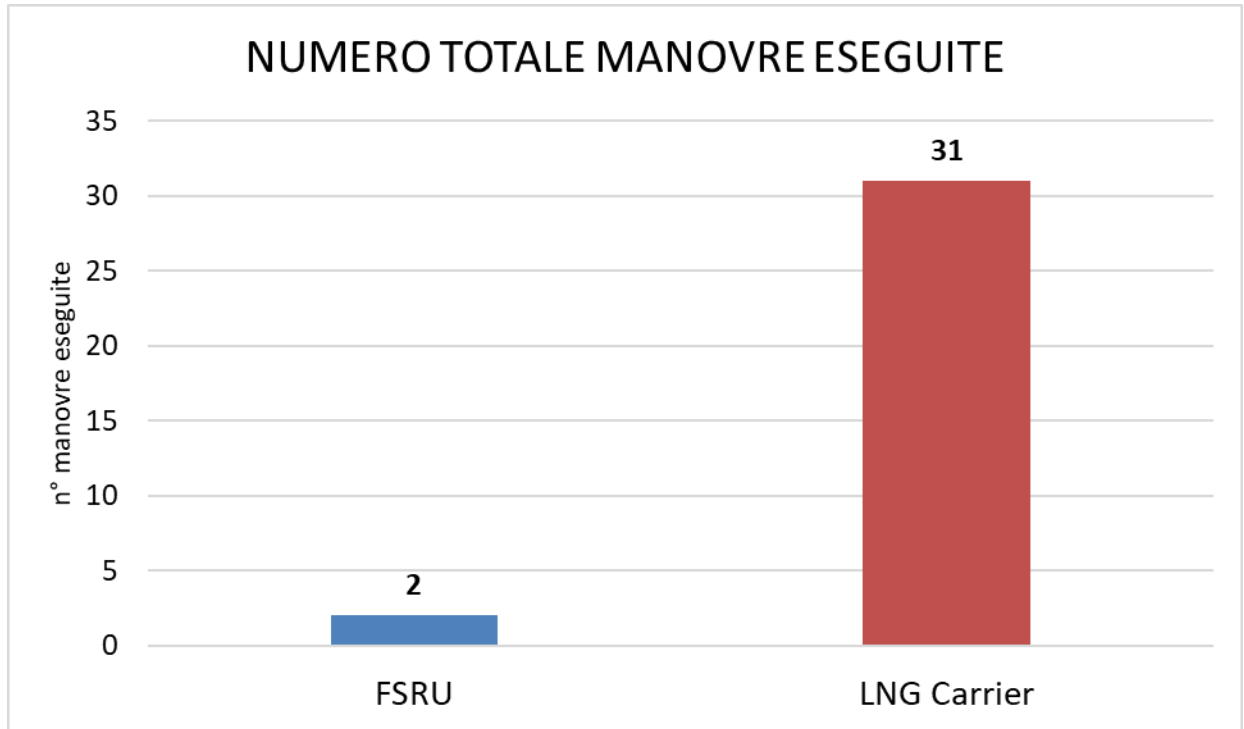


Fig. 6-2 Numero manovre eseguite.

Di seguito, per ogni nave considerata, è stato riassunto il numero di manovre di ingresso e uscita effettuate durante le diverse giornate a cui è stato assegnato un esito. Inoltre, è stato riassunto, separatamente per ingressi e uscite, il loro esito.

6.1.1 FSRU – LOA = 292.6 m

Di seguito sono riassunte le manovre effettuate con la nave FSRU avente LOA pari a 292.6 m e il loro esito. Il colore verde identifica le manovre giudicate riuscite, il colore giallo le manovre riuscite ma al limite della sicurezza, mentre il colore rosso rappresenta le manovre giudicate fallite.

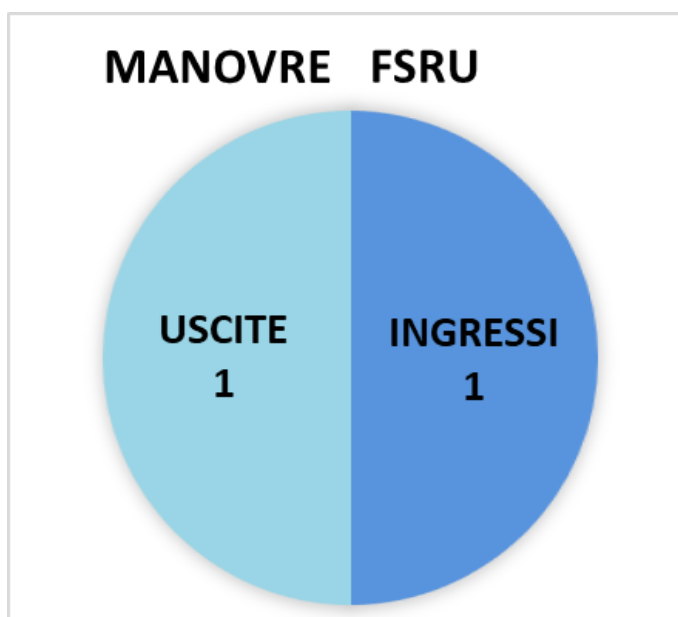


Fig. 6-3 Manovre effettuate con la FSRU.

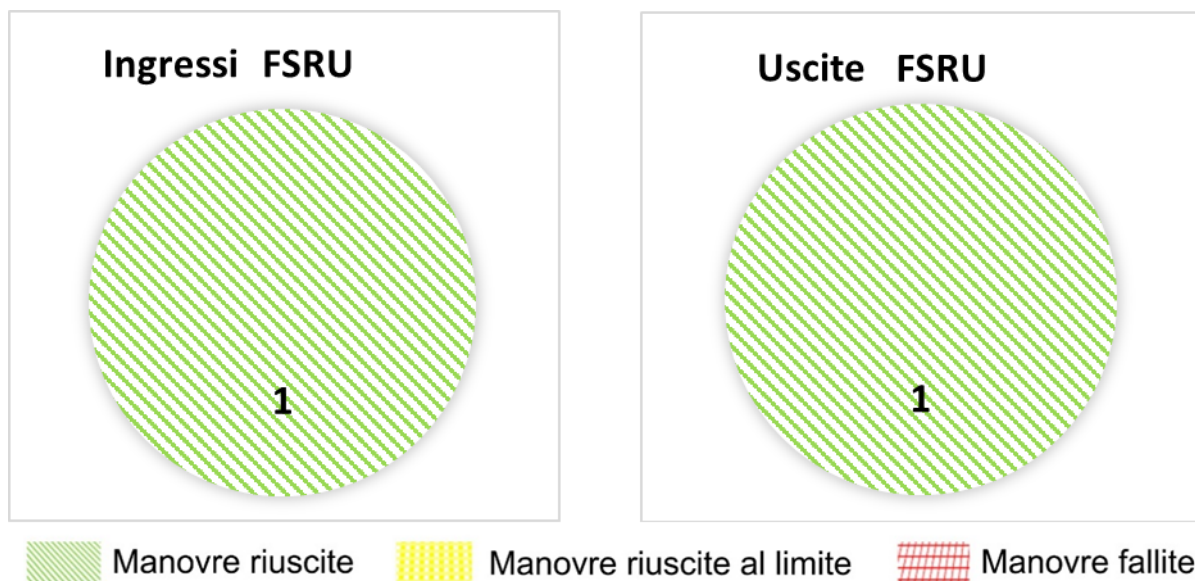


Fig. 6-4 Esito delle manovre effettuate con la FSRU suddivise tra ingressi e uscite.

6.1.1 LNG Carrier – LOA = 292.6 m

Di seguito sono riassunte le manovre effettuate con la nave LNG Carrier avente LOA pari a 292.6 m e il loro esito. Il colore verde identifica le manovre giudicate riuscite, il colore giallo le manovre riuscite ma al limite della sicurezza, mentre il colore rosso rappresenta le manovre giudicate fallite.

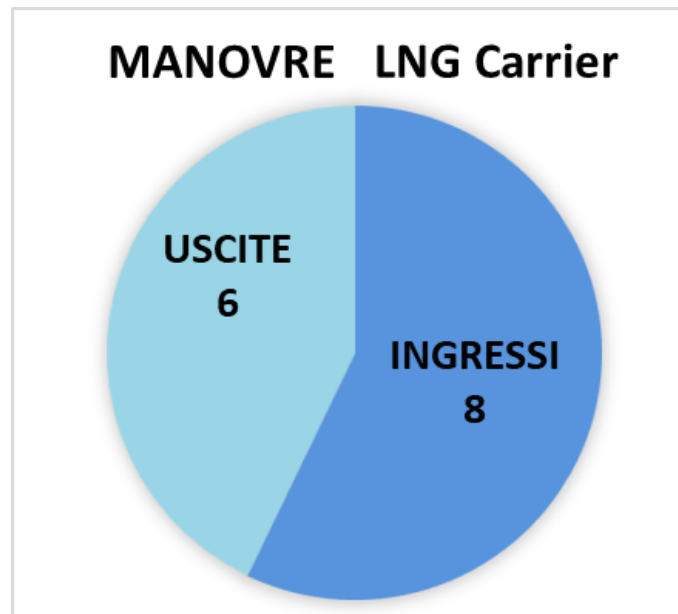


Fig. 6-5 Manovre effettuate con la LNG Carrier.

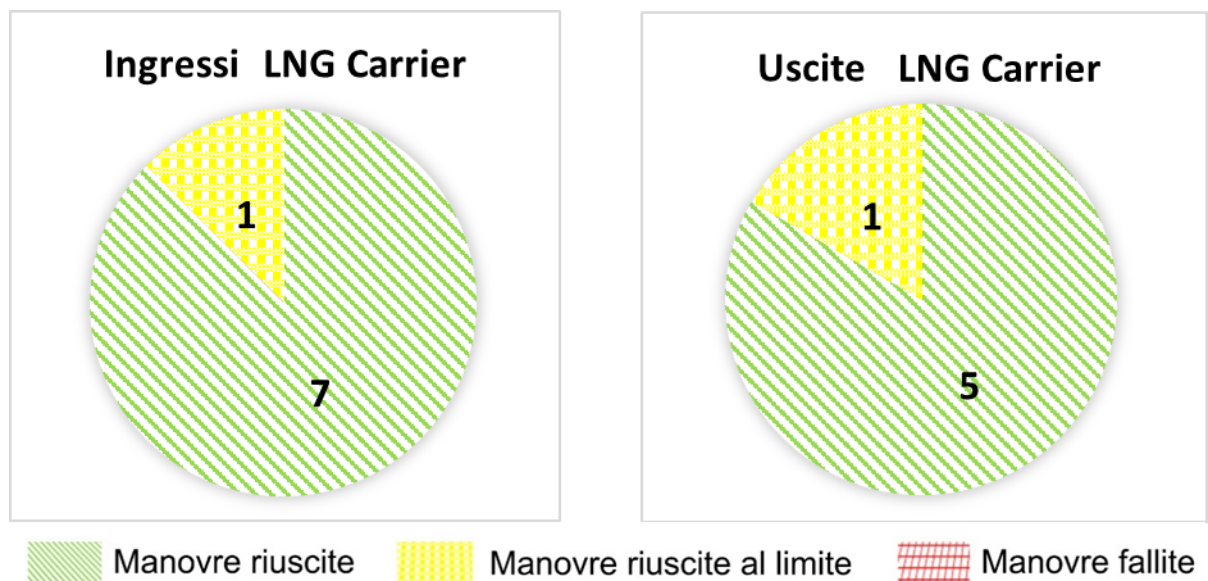


Fig. 6-6 Esito delle manovre effettuate con la LNG Carrier suddivise tra ingressi e uscite.

6.2 Elenco e risultati delle manovre eseguite al simulatore

Per quanto riguarda la tecnica delle manovre di *ingresso*, a partire dal punto iniziale di start delle simulazioni, l'esecutore della manovra regola l'andatura della nave in funzione della strategia impiegata. L'eventuale ausilio da parte di rimorchiatori è stato valutato di volta in volta dal Pilota esecutore delle manovre in funzione delle condizioni meteomarine.

Tutte le manovre di *arrivo* si sono concluse nei pressi dell'accosto, con nave pronta per essere assicurata agli ormeggi, e analogamente tutte le manovre di *partenza* sono iniziate da questa posizione e sono terminate con la nave al di fuori dell'area di manovra.

Per quanto riguarda l'esito sulla fattibilità delle manovre eseguite al simulatore, le manovre di *arrivo* sono state ritenute positivamente concluse ("**manovra riuscita**") nel momento in cui, a giudizio del Pilota, la posizione della nave di fronte alla banchina, risulta in sicurezza e con dinamica sotto controllo. Allo stesso modo, per quanto riguarda le manovre di *uscita*, esse sono state ritenute concluse positivamente dal momento in cui la nave è libera di navigare fuori dall'area di manovra.

Nella tabella seguente è stato riassunto il lavoro svolto. In particolare, vengono presentati:

- **ID MANOVRA:** il codice alfanumerico di identificazione di ciascuna manovra, nel quale la prima lettera indica l'unità simulata (**F** = FSRU, **M** = LNG Carrier), mentre il numero indica la numerazione progressiva delle manovre svolte con tale unità;
- **NAVE:** l'unità navale impiegata;
- **LAYOUT:** layout considerato (larghezza del canale di approccio: **250m** o **500m**);
- **CONDIZIONI METEOMARINE:** il dettaglio delle condizioni meteomarine (direzione e intensità in nodi del vento, direzione, altezza d'onda significativa e periodo dell'agitazione ondosa presente, direzione e intensità in nodi della corrente);
- **TIPO (I/U):** il tipo di manovra (**I** = ingresso, **U** = uscita);
- **INGOMBRO:** gli ingombri presenti (FSRU ormeggiata presso la Piattaforma PETRA);
- **TUGS:** il numero e le caratteristiche dei rimorchiatori eventualmente utilizzati;
- **ESITO AL SIMULATORE:** l'esito commentato, in estrema sintesi, di queste prove. In verde sono evidenziate le "manovre riuscite", in giallo le "manovre riuscite al limite" e in rosso le "manovre non riuscite", mentre non sono state evidenziate le manovre di emergenza e di test, alle quali non è stato assegnato un esito.

SIMULAZIONI DI MANOVRA - FSRU RAVENNA

SIMULAZIONI DI MANOVRA - FSRU RAVENNA														
ID MANOVRA DURATA	NAVE	LAYOUT	CONDIZIONI METEOMARINE							TIPO MANOVRA	INGOMBRO	TUGS e POTENZA		ESITO AL SIMULATORE
			VENTO		MARE			CORRENTE				n° [-]	Taglia [t]	
			Dir.	Vel.	Dir.	Alt.	Per.	Dir.	Vel.					
			[°N]	[kn]	[°N]	[m]	[s]	[°N]	[kn]					
M010 [17 min]	LNG carrier	CANALE 250m	0	0	0	0	0	0	0	I	-	4	4x70t	TEST Rimorchiatori da 70 t uno a prua e uno poppa, entrambi a tirare, i restanti due uno a sinistra l'altro a dritta a spingere, in assistenza. La manovra avviene senza l'ausilio dei rimorchiatori che rimangono in assistenza, simulazione interrotta una volta imboccato il canale.
M020 [5 min]	LNG carrier	CANALE 250m	0	0	0	0	0	225	1	I	-	2	2x70t	TEST Due rimorchiatori da 70 t posizionati a sinistra, uno a prua e uno poppa, entrambi a spingere. Manovra utile a valutare il margine di potenza residuo per contrastare l'effetto della corrente con la nave in canale. La simulazione viene interrotta una volta stabilizzata la nave.
M030 [3 min]	LNG carrier	CANALE 250m	45	15	0	0	0	225	1	I	-	2	2x70t	TEST Due rimorchiatori da 70 t posizionati a sinistra, uno a prua e uno poppa, entrambi a spingere. Manovra utile a valutare il margine di potenza residuo per contrastare l'effetto della corrente e del vento con la nave in canale. La simulazione viene interrotta una volta stabilizzata la nave.
M040 [33 min]	LNG carrier	CANALE 250m	0	0	0	0	0	225	1.5	I	-	4	4x70t	TEST Rimorchiatori da 70 t uno a prua e uno poppa, entrambi a tirare, i restanti due uno a sinistra l'altro a dritta a spingere, in assistenza. I rimorchiatori di prua e poppa lavorano in tiro con inclinazione prua 45° sinistra, poppa 45° dritta per contrastare l'azione della corrente durante l'ingresso al canale. I due rimorchiatori sul fianco si mantengono in assistenza. La manovra si conclude una volta stabilizzata la navigazione all'interno del canale.
M050 [9 min]	LNG carrier	CANALE 250m	0	0	0	0	0	0	0	U	-	4	4x70t	TEST Rimorchiatori da 70 t uno a prua e uno poppa, entrambi a tirare, i restanti due uno a sinistra l'altro a dritta a spingere, in assistenza. Simulazione di manovra di uscita dal canale con traino di poppa, navigando in marcia addietro. La nave viene posizionata a metà del canale, partendo da ferma. I rimorchiatori di prua e poppa vengono impiegati in tiro per movimentare la nave e trainarla fuori dal canale, i laterali sono invece presenti per assistenza.

SIMULAZIONI DI MANOVRA - FSRU RAVENNA

SIMULAZIONI DI MANOVRA - FSRU RAVENNA														
ID MANOVRA DURATA	NAVE	LAYOUT	CONDIZIONI METEOMARINE							TIPO MANOVRA	INGOMBRO	TUGS e POTENZA		ESITO AL SIMULATORE
			VENTO		MARE			CORRENTE				n°	Taglia	
			Dir.	Vel.	Dir.	Alt.	Per.	Dir.	Vel.					
			[°N]	[kn]	[°N]	[m]	[s]	[°N]	[kn]					
M060 [14 min]	LNG carrier	CANALE 250m	0	0	0	0	0	225	1.5	U	-	4	4x70t	AVARIA - BLACKOUT Al min 3 si manifesta un blackout a bordo. La nave naviga all'interno del canale con velocità iniziale 3.8 nodi in avanti. Rimorchiatori da 70 t uno a prua e uno poppa, entrambi a tirare, i restanti due a sinistra a spingere, in assistenza. Il rimorchiatore di poppa lavora per fermare la nave, rimorchiatori posizionati sul lato operano per contrastare lo scarroccio. La nave viene arrestata in circa 8 minuti, dopo aver percorso una distanza di circa 800m. Avaria gestita correttamente rimanendo all'interno del canale.
M070 [42 min]	LNG carrier	CANALE 250m	0	0	0	0	0	225	1.5	U	-	4	4x70t	AVARIA - BLACKOUT Continuazione della simulazione precedente, cambiando la configurazione dei rimorchiatori. La nave è in condizione di blackout, velocità di partenza 1.16 nodi circa marcia addietro. Rimorchiatori da 70 t uno a prua e due a poppa, a tirare, uno a sinistra a spingere, in assistenza. I rimorchiatori di poppa sono in massimo tiro per movimentare la nave, rimorchiatore di prua e fianco in assistenza per contrastare la corrente. Avaria gestita correttamente rimanendo all'interno del canale, trainando la nave al di fuori del canale stesso.
M080 [27 min]	LNG carrier	CANALE 250m	45	20	90	1.5	6	225	1.5	I	-	4	4x70t	TEST Rimorchiatori da 70 t uno a prua e uno poppa, entrambi a tirare, i restanti due uno a sinistra l'altro a dritta a spingere, in assistenza. Per mantenere la nave al centro del canale le potenze richieste ai rimorchiatori, considerando la velocità di avanzo della nave elevata (circa 5kn) e le condizioni meteo marine considerate, sono maggiori rispetto a quelle che possono fornire per un intervallo di tempo prolungato.
M090 [44 min]	LNG carrier	CANALE 500m	45	25	90	1	5.5	225	2	I	-	4	4x70t	AVARIA - BLACKOUT Rimorchiatori da 70 t uno a prua e uno poppa, entrambi a tirare, i restanti due uno a sinistra l'altro a dritta a spingere, in assistenza. Al min. 24 si manifesta un blackout a bordo. Il rimorchiatore di poppa interviene in tiro a tutta potenza e gli altri presenti si mettono in azione per controllare la nave. La nave viene arrestata dopo circa 13 minuti. Vengono riposizionati i rimorchiatori per eseguire una manovra di evoluzione e girare la nave. Avaria gestita correttamente rimanendo all'interno del canale.

SIMULAZIONI DI MANOVRA - FSRU RAVENNA

SIMULAZIONI DI MANOVRA - FSRU RAVENNA														
ID MANOVRA DURATA	NAVE	LAYOUT	CONDIZIONI METEOMARINE							TIPO MANOVRA	INGOMBRO	TUGS e POTENZA		ESITO AL SIMULATORE
			VENTO		MARE			CORRENTE				n°	Taglia	
			Dir.	Vel.	Dir.	Alt.	Per.	Dir.	Vel.					
			[°N]	[kn]	[°N]	[m]	[s]	[°N]	[kn]					
M100 [16 min]	LNG carrier	CANALE 500m	45	25	90	1	5.5	225	2	U	-	4	4x70t	AVARIA - BLACKOUT E RIMORCHIATORE Continuazione della simulazione precedente, cambiando la configurazione dei rimorchiatori. Rimorchiatori da 70 t due a prua e uno a poppa, a tirare, uno a dritta a spingere, in assistenza. I rimorchiatori di prua tirano al massimo per movimentare la nave, al min. 7 si simula rottura cavo del rimorchiatore di poppa. Viene dato fondo a sinistra (circa 8 lunghezze), i rimorchiatori si riposizionano e operano per mantenere la nave in sicurezza. Avaria gestita correttamente rimanendo all'interno del canale.
M110 [32 min]	LNG carrier	CANALE 500m	135	30	135	1	5.5	315	2	I	-	4	4x70t	AVARIA - TIMONE Rimorchiatori da 70 t uno a prua e uno poppa, entrambi a tirare, i restanti due uno a sinistra l'altro a dritta a spingere, in assistenza. Dal min. 11 il timone resta bloccato a 35° a dritta, l'avaria si verifica all'imboccatura del canale. I rimorchiatori operano a tutta potenza per contrastare lo scarroccio, viene calata l'ancora di sinistra (circa 8 lunghezze). La spinta del vento (100/140 t) fa scarrocciare la nave verso il margine del canale.
M120 [28 min]	LNG carrier	CANALE 500m	135	30	135	1	5.5	315	2	I	-	4	2x70t 2x80t	AVARIA - TIMONE Ripetizione della manovra M110 considerando due rimorchiatori da 70 t e due da 80 t. I rimorchiatori da 80t vengono posizionati in prua e poppa, quelli da 70t sul fianco in assistenza. Viene simulata la manovra di ingresso al canale. Dal min. 10 il timone resta bloccato a 35° a dritta; i rimorchiatori vengono messi in lavoro a piena potenza per gestire la nave, a 19 minuti si dà fondo all'ancora di sinistra (circa 7 lunghezze). L'ausilio dei rimorchiatori da 80t ha un impatto positivo sulla gestione della dinamica della nave.
M130 [17 min]	LNG carrier	CANALE 500m	225	30	225	0.5	5.5	0	1.5	I	-	4	2x70t 2x80t	TEST Simulazione di ingresso al canale. Vengono adoperati 4 rimorchiatori, due da 70 t posizionati uno a prua e uno a poppa, due da 80 t uno fianco dritta e uno fianco sinistra. La manovra avviene senza l'ausilio di rimorchiatori. L'ingresso nel canale si svolge correttamente.

SIMULAZIONI DI MANOVRA - FSRU RAVENNA

ID MANOVRA DURATA	NAVE	LAYOUT	CONDIZIONI METEOMARINE							TIPO MANOVRA	INGOMBRO	TUGS e POTENZA		ESITO AL SIMULATORE
			VENTO		MARE			CORRENTE				n°	Taglia	
			Dir.	Vel.	Dir.	Alt.	Per.	Dir.	Vel.					
			[°N]	[kn]	[°N]	[m]	[s]	[°N]	[kn]					
M140 [39 min]	LNG carrier	CANALE 500m	0	0	0	0	0	0	1	I	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t uno a sinistra l'altro a dritta a spingere. La nave entra nella zona di manovra, evoluisce grazie all'azione dei rimorchiatori, esegue l'avvicinamento alla banchina in marcia addietro e si affianca alla FSRU grazie alla spinta dei due rimorchiatori a spingere.
M150 [37 min]	LNG carrier	CANALE 500m	45	10	0	0	0	180	1	I	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t uno a sinistra l'altro a dritta a spingere. La nave entra nella zona di manovra, evoluisce grazie all'azione dei rimorchiatori, esegue l'avvicinamento alla banchina in marcia addietro e si affianca alla FSRU grazie alla spinta dei due rimorchiatori a spingere.
M160 [17 min]	LNG carrier	CANALE 500m	45	10	0	0	0	180	1	U	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t entrambi a sinistra a spingere. La nave si scosta dalla FSRU grazie all'azione dei rimorchiatori a prua e poppa, evoluisce uscendo dall'area di manovra ed entra nel corridoio di uscita dello schema di separazione.
M170 [30 min]	LNG carrier	CANALE 500m	45	25	45	1	5.5	180	1	I	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t uno a sinistra l'altro a dritta a spingere. Il vento al traverso spinge 80t. La nave entra nella zona di manovra, evoluisce grazie all'azione dei rimorchiatori, esegue l'avvicinamento alla banchina in marcia addietro e si affianca alla FSRU grazie alla spinta dei due rimorchiatori a spingere.
M180 [16 min]	LNG carrier	CANALE 500m	45	25	45	1	5.5	180	1	U	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t entrambi a sinistra a spingere. La nave si scosta dalla FSRU grazie all'azione dei rimorchiatori a prua e poppa, evoluisce uscendo dall'area di manovra ed entra nel corridoio di uscita dello schema di separazione.
M190 [28 min]	LNG carrier	CANALE 500m	45	30	45	1	5.5	180	1.3	I	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t uno a sinistra l'altro a dritta a spingere. I rimorchiatori devono lavorare molto per far risalire il vento alla nave. La nave entra nella zona di manovra, evoluisce grazie all'azione dei rimorchiatori, esegue l'avvicinamento alla banchina in marcia addietro e si affianca alla FSRU grazie alla spinta dei due rimorchiatori a spingere.

SIMULAZIONI DI MANOVRA - FSRU RAVENNA

SIMULAZIONI DI MANOVRA - FSRU RAVENNA														
ID MANOVRA DURATA	NAVE	LAYOUT	CONDIZIONI METEOMARINE							TIPO MANOVRA	INGOMBRO	TUGS e POTENZA		ESITO AL SIMULATORE
			VENTO		MARE			CORRENTE				n°	Taglia	
			Dir.	Vel.	Dir.	Alt.	Per.	Dir.	Vel.					
			[°N]	[kn]	[°N]	[m]	[s]	[°N]	[kn]					
M200 [16 min]	LNG carrier	CANALE 500m	45	30	45	1	5.5	180	1.3	U	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t entrambi a sinistra a spingere. La nave si scosta dalla FSRU grazie all'azione dei rimorchiatori a prua e poppa, evolve uscendo dall'area di manovra ed entra nel corridoio di uscita dello schema di separazione.
M210 [30 min]	LNG carrier	CANALE 500m	135	25	135	1	5.5	350	1	I	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t uno a sinistra l'altro a dritta a spingere. I rimorchiatori devono lavorare molto per far risalire il vento alla nave. La nave entra nella zona di manovra, evolve grazie all'azione dei rimorchiatori, esegue l'avvicinamento alla banchina in marcia addietro e si affianca alla FSRU grazie alla spinta dei due rimorchiatori a spingere.
M220 [10 min]	LNG carrier	CANALE 500m	135	25	135	1	5.5	350	1	U	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t entrambi a sinistra a spingere. La nave si scosta dalla FSRU grazie all'azione dei del vento, evolve uscendo dall'area di manovra ed entra nel corridoio di uscita dello schema di separazione.
M230 [30 min]	LNG carrier	CANALE 500m	225	30	225	1	5.5	350	0.5	I	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t uno a sinistra l'altro a dritta a spingere. La nave entra nella zona di manovra, evolve grazie all'azione dei rimorchiatori, esegue l'avvicinamento alla banchina in marcia addietro e si affianca alla FSRU grazie alla spinta dei due rimorchiatori a spingere e dell'azione del vento. I rimorchiatori a tirare sono necessari a rallentare lo scarroccio della nave.
M240 [16 min]	LNG carrier	CANALE 500m	225	30	225	1	5.5	350	0.5	U	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t entrambi a sinistra a spingere. La nave si scosta dalla FSRU grazie all'azione dei rimorchiatori a tirare, che lavorano al 100% per un periodo prolungato, evolve uscendo dall'area di manovra ed entra nel corridoio di uscita dello schema di separazione. La nave passa a meno di 20 m dalla boa di delimitazione del canale.

SIMULAZIONI DI MANOVRA - FSRU RAVENNA

SIMULAZIONI DI MANOVRA - FSRU RAVENNA																
ID MANOVRA DURATA	NAVE	LAYOUT	CONDIZIONI METEOMARINE								TIPO MANOVRA	INGOMBRO	TUGS e POTENZA		ESITO AL SIMULATORE	
			VENTO		MARE			CORRENTE					n°	Taglia		
			Dir.	Vel.	Dir.	Alt.	Per.	Dir.	Vel.	[-]						[t]
			[°N]	[kn]	[°N]	[m]	[s]	[°N]	[kn]							
M250 [28 min]	LNG carrier	CANALE 500m	315	30	315	1	5.5	170	1	I	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita al limite Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t uno a sinistra l'altro a dritta a spingere. La nave entra nella zona di manovra, evolve grazie all'azione dei rimorchiatori, esegue l'avvicinamento alla banchina in marcia addietro e si affianca alla FSRU grazie all'azione del vento. I rimorchiatori a tirare sono necessari a rallentare lo scarroccio della nave verso la FSRU, lavorando fino all'80% della loro potenza.		
M260 [18 min]	LNG carrier	CANALE 500m	315	30	315	1	5.5	170	1	U	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita al limite Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, 70t fianco sinistro, tutti voltati a tirare. I rimorchiatori lavorano per scostare la nave dalla FSRU al 100% della loro potenza. Lo scostamento risulta difficoltoso, il vento al traverso spinge fino a circa 150t. L'evoluzione avviene grazie all'ausilio dei rimorchiatori di prua e poppa. La nave evolve uscendo dall'area di manovra ed entra nel corridoio di uscita dello schema di separazione.		
M270 [29 min]	LNG carrier	CANALE 500m	315	25	315	1	5.5	170	1.5	I	FSRU	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t uno a sinistra l'altro a dritta a spingere. La nave entra nella zona di manovra, evolve grazie all'azione dei rimorchiatori, esegue l'avvicinamento alla banchina in marcia addietro e si affianca alla FSRU grazie all'azione del vento. I rimorchiatori vengono voltati tutti a tirare, rallentando lo scarroccio della nave.		
M280 [24 min]	LNG carrier	CANALE 500m	315	15	0	0	0	180	1	I	FSRU	4	2x70t 2x80t	EMERGENZA Al min. 8 il vento aumenta da 15kn a 40kn. Si decide di non procedere con l'ormeggio ma di evolvere e riportarsi in acque sicure. La nave viene portata all'interno dell'area di manovra, evolve grazie ai rimorchiatori (utilizzati al 100% della loro potenza, il vento spinge al traverso fino a circa 300t). L'evoluzione avviene con successo e la nave riesce a raggiungere il canale uscita dello schema di separazione. Emergenza gestita correttamente senza interazioni con il terminal LNG.		
M290 [16 min]	LNG carrier	CANALE 500m	225	35	225	1.5	5.5	0	0	U	FSRU	4	2x70t 2x80t	AVARIA - RIMORCHIATORE Manovra di partenza considerando condizioni meteo estreme. Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, 70t fianco sinistro, tutti voltati a tirare. Al min 7 il rimorchiatore di poppa rompe il cavo. Dopo 4 min (tempistica basata su esperienza sul campo) il rimorchiatore è nuovamente operativo e aiuta la nave a evolvere ed uscire dall'area di manovra insieme a quello di prua. Avaria gestita correttamente senza interazioni con il terminal LNG.		

SIMULAZIONI DI MANOVRA - FSRU RAVENNA

SIMULAZIONI DI MANOVRA - FSRU RAVENNA															
ID MANOVRA DURATA	NAVE	LAYOUT	CONDIZIONI METEOMARINE							TIPO MANOVRA	INGOMBRO	TUGS e POTENZA		ESITO AL SIMULATORE	
			VENTO		MARE			CORRENTE				n°	Taglia		
			Dir.	Vel.	Dir.	Alt.	Per.	Dir.	Vel.						
			[°N]	[kn]	[°N]	[m]	[s]	[°N]	[kn]						
M300 [18 min]	LNG carrier	CANALE 500m	135	15	0	0	0	0	0	I	FSRU	4	2x70t 2x80t	AVARIA - BLACKOUT Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t uno a sinistra l'altro a dritta a spingere. Al min 10 si manifesta un blackout a bordo. Il rimorchiatore di poppa arresta la nave. Avaria gestita senza dare fondo alle ancore, evidenziando margini di sicurezza e di potenza dei rimorchiatori adeguati. La nave si arresta a 150 m dalla fine dell'area dragata a -15m. Avaria gestita correttamente senza interazioni con il terminal LNG.	
M310 [16 min]	LNG carrier	CANALE 500m	135	15	0	0	0	0	0	I	FSRU	4	2x70t 2x80t	AVARIA - TIMONE Dal min 8 il timone resta bloccato a -35°, nei pressi dell'imboccatura dell'area di manovra. Viene utilizzata la macchina e il rimorchiatore per arrestare e ruotare la nave. La nave viene arrestata al centro dell'area di manovra con il vento in poppa. Avaria gestita correttamente senza interazioni con il terminal LNG.	
F010 [52 min]	FSRU	CANALE 500m	0	0	0	0	0	180	1	I	-	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, entrambi a tirare, i due da 70t un a sinistra l'altro a dritta a spingere. La nave entra nella zona di manovra, evolve grazie all'azione dei rimorchiatori, esegue l'avvicinamento alla banchina in marcia addietro e si affianca alla banchina grazie alla spinta dei due rimorchiatori a spingere.	
F020 [15 min]	FSRU	CANALE 500m	270	20	270	1	5.5	180	1.5	U	-	4	2x70t 2x80t	Manovra riuscita Rimorchiatore da 80t a prua e poppa, 70t fianco sinistro, tutti voltati a tirare. I rimorchiatori lavorano per scostare la FSRU. La nave si scosta grazie all'azione dei rimorchiatori a prua e poppa, evolve uscendo dall'area di manovra ed entra nel corridoio di uscita dello schema di separazione.	

Tab. 6-1 - Sintesi delle manovre effettuate.

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 MANTA; storie temporali di tutte le grandezze registrate.

Tutte le traiettorie delle manovre eseguite al simulatore vengono presentate in **APPENDICE A**, nelle varie condizioni meteomarine considerate.

Su ogni immagine viene rappresentata la traiettoria seguita dalla nave durante la simulazione tramite la stampa ad intervalli di tempo regolari della silhouette della nave, consentendo così di ricavare immediate informazioni circa la rotta seguita dalla stessa.

Oltre alla traiettoria, su tali immagini sono indicati:

- il Nord geografico, con sotto l'indicazione relativa alla nave utilizzata per la simulazione;
- il layout portuale (in **grigio**);
- la rappresentazione dello schema di separazione (in **rosa**);
- la silhouette degli ingombri eventualmente presenti nell'area di manovra (in **rosa**);
- l'indicazione della direzione di provenienza e intensità del vento (indicata in **blu**), del moto ondoso (indicata in **verde**) e della corrente (indicata in **rosso**);
- la silhouette della nave (in **nero**; eventualmente in **rosso** in caso di urto);
- l'icona "⚓" rappresentativa dell'utilizzo dell'ancora;
- il codice identificativo della manovra, insieme all'indicazione dell'esito della manovra stessa in forma visiva e scritta.

Per l'analisi particolareggiata di ciascuna traiettoria e della tecnica di manovra adottata, si rimanda agli **ALLEGATI** forniti assieme al presente rapporto tecnico (post-processing avanzato dei risultati, dove in particolare sono stati inclusi *i filmati delle manovre e le storie temporali di tutte le grandezze registrate*, es. utilizzo delle macchine, utilizzo dei thrusters, forza esercitata dal vento, velocità della nave, ecc.). L'**APPENDICE B** contiene infine una serie di fotografie che documentano alcuni momenti dello svolgimento delle simulazioni.

7 CONCLUSIONI

Il presente rapporto è finalizzato alla presentazione dei risultati delle simulazioni di manovra Real Time svolte al largo di Ravenna da parte di CETENA S.p.A. per conto di Techfem S.p.A., relativamente al progetto SNAM di riconversione della piattaforma PETRA in Terminal LNG.

I test al simulatore di manovra Real Time sono stati svolti nel corso di 4 giornate di simulazione, suddivise in due sessioni separate (prima sessione: dal **3 al 4 Agosto 2022**, seconda sessione: dal **31 Agosto al 1 Settembre 2022**), in presenza dell'intero gruppo di lavoro, avvalendosi del pilotaggio di piloti professionisti.

Il principale obiettivo di questo studio al simulatore eseguito da CETENA è la valutazione della manovrabilità da parte di una unità FSRU e una LNG Carrier rifornitrice in relazione al progetto SNAM di riconversione della piattaforma PETRA al largo di Ravenna in terminal LNG, studiando sia l'adeguatezza delle dimensioni del canale di approccio e delle aree dragate (a cui è stata dedicata la prima sessione), sia l'evoluzione nelle fasi finali di accosto delle manovre di arrivo e il distacco della nave in partenza (a cui è stata dedicata la seconda sessione).

Il presente studio è stato effettuato considerando due diverse tipologie navali. In particolare, è stata considerata un'unità di tipo FSRU (di dimensioni pari a 292.6 m x 43.4 m x 12.5 m) e una di tipo LNG Carrier (di dimensioni pari a 292.6 m x 43.4 m, considerando due diverse immersioni, rispettivamente 12.5 m (arrivo) e 9.5 m (partenza)).

Nello specifico, la verifica richiesta dal Cliente ha riguardato la fattibilità della manovra da parte delle unità descritte nelle condizioni meteo tradizionalmente occorrenti nello specchio acqueo antistante il Porto di Ravenna, valutando la strategia e l'impiego dei rimorchiatori ritenuti necessari allo svolgimento delle manovre in sicurezza.

Per quanto riguarda le condizioni meteomarine, nello studio è stato considerato vento proveniente da tutti e quattro i quadranti con direzioni da 45°N (Grecale), 135°N (Scirocco), 225°N (Libeccio), 270°N (Ponente) e 315° (Maestrale), di intensità variabile tra i 15 e i 30 nodi di velocità. L'agitazione ondosa è stata considerata compresa tra 1 m e 1.5 m con direzione di provenienza coerente alla direzione del vento considerato. In ogni scenario meteo marino considerato è stata considerata la presenza di corrente associata di intensità e direzione coerente con l'esperienza dei Piloti del Porto di Ravenna.

Dall'esito delle simulazioni di manovre svolte analizzando il canale di approccio alla piattaforma si osserva che:

- *Il canale di larghezza pari a 250m* presenta una dimensione ridotta e non sufficiente a garantire il margine di sicurezza necessario allo svolgimento del transito. Le dimensioni ridotte non consentono la gestione della nave in sicurezza in condizioni di emergenza o avaria.
- *Il canale di larghezza pari a 500m* presenta una dimensione sufficiente a garantire il margine di sicurezza necessario allo svolgimento del transito, assicurando lo spazio necessario alla gestione in sicurezza di eventuali emergenze o avarie.
- La flotta di *rimorchiatori* inizialmente considerata (4 x 70t) non garantisce il margine di potenza necessario alla gestione delle emergenze o avarie. La seconda flotta considerata (2x70t e 2x80t) ha aumentato il margine di sicurezza delle manovre.
- È stata identificata come condizione limite sicura per lo svolgimento delle operazioni l'altezza d'onda significativa pari a 1m. Con altezze d'onda superiori i rimorchiatori non sono in grado di operare efficacemente garantendo il loro intervento.

Dall'esito delle simulazioni di manovra svolte con l'unità **FSRU** si osserva che:

- *la manovra di arrivo* nei pressi della piattaforma PETRA viene eseguita in sicurezza in condizioni di calma con l'ausilio di quattro rimorchiatori in assistenza (2 x 70t, 2 x 80t);
- *la manovra di partenza* dalla piattaforma PETRA, svolta con vento proveniente da Sud-Ovest (270°N) con intensità di 20kn viene eseguita in sicurezza con l'ausilio di quattro rimorchiatori in assistenza (2 x 70t, 2 x 80t).

Dall'esito delle simulazioni di manovra svolte con l'unità **LNG Carrier** si osserva che:

- *la manovra di arrivo* nei pressi della piattaforma PETRA viene eseguita in sicurezza anche in condizioni di vento severo (fino a 30kn) considerando l'ausilio di quattro rimorchiatori in assistenza (2 x 70t, 2 x 80t);
- *la manovra di partenza* dalla piattaforma PETRA viene eseguita in sicurezza anche in condizioni di vento severo (fino a 30kn) considerando l'ausilio di quattro rimorchiatori in assistenza (2 x 70t, 2 x 80t);
- La flotta dei *rimorchiatori* considerata (2 x 70t, 2 x 80t) ha evidenziato un margine di potenza residuo ridotto nelle condizioni più severe;

Dall'esito delle simulazioni di manovra svolte considerando **avarie** a bordo dei mezzi coinvolti, non sono state evidenziate situazioni di interferenza con il terminal LNG.

7.1 Riassunto delle manovre eseguite

Qui di seguito sono stati riportati i grafici che riassumono il lavoro svolto. Ogni grafico, paragonabile ad una “rosa dei venti”, distingue con cerchi concentrici l'intensità del vento applicato: allontanandosi dal centro del grafico (zona di calma e indicata con colore grigio chiaro), l'intensità del vento aumenta. Nel grafico seguente si può osservare che, durante le sessioni di simulazione, in aggiunta alla condizione di calma di vento, è stato considerato il vento di:

- Grecale per intensità di 15 kn, 25 kn e 30 kn;
- Scirocco per intensità di 15 kn, 25 kn e 30 kn;
- Libeccio per intensità di 30 kn;
- Ponente per intensità di 20 kn;
- Maestrale per intensità di 15 kn, 25 kn e 30 kn.

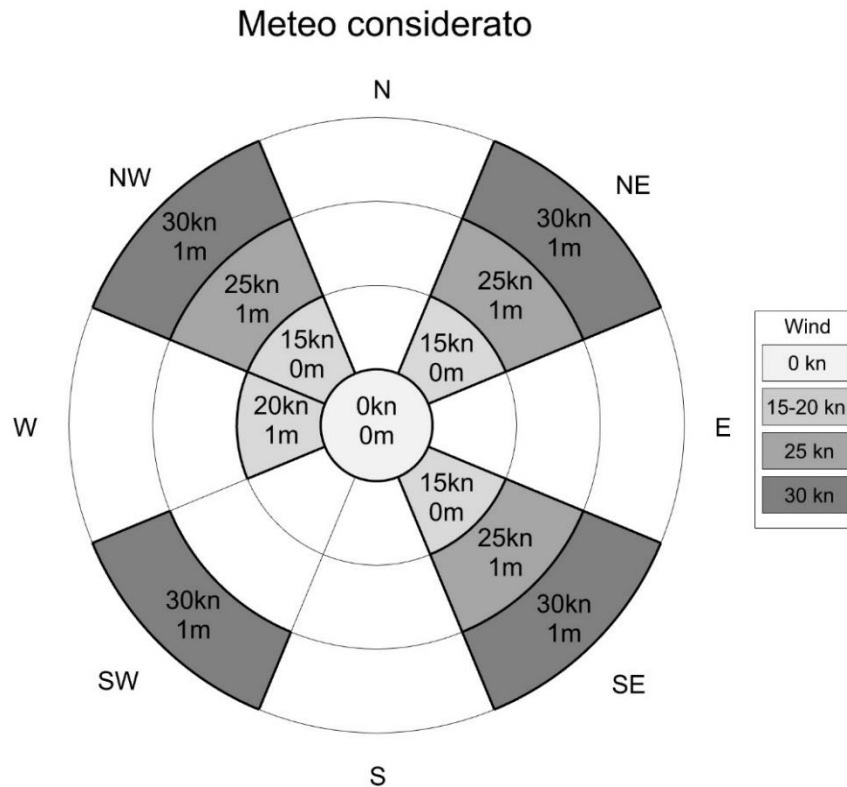


Fig. 7-1 - Venti ed intensità considerati durante le manovre

Raggruppando le manovre per caratteristiche del vento considerato nei test, si ottiene che sono state realizzate:

- N° 8 manovre con condizioni di calma;
- N° 10 manovre con vento di Grecale;
- N° 6 manovre con vento di Scirocco;
- N° 4 manovre con vento di Libeccio;

- N° 1 manovre con vento di Ponente;
- N° 4 manovre con vento di Maestrale.

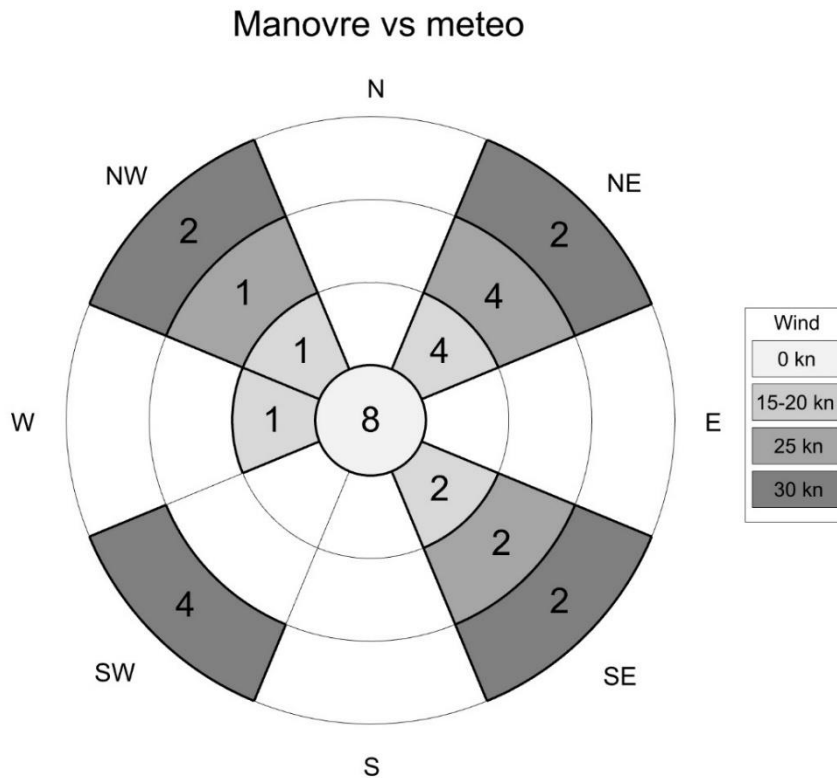


Fig. 7-2 - Numero di manovre associate a direzione e intensità di vento

Relativamente alle navi utilizzate per lo svolgimento delle simulazioni di manovra, si propongono i seguenti grafici dove:

- i colori verde, giallo e rosso indicano se la manovra è riuscita, riuscita al limite, non riuscita;
- con la lettera I ed U, si indica il tipo di manovra (I = Ingresso, U = Uscita);
- il numero indica il progressivo della manovra eseguita.

Ad esempio, in Fig. 7-4, l'indicazione **250-I** presente nel quadrante del Maestrale significa che la manovra di ingresso, avente numero 250 della serie M (**M250**), è stata eseguita con 30 kn di vento proveniente da NW (Maestrale) ed è *riuscita al limite degli standard minimi di sicurezza*.

Analogamente, in Fig. 7-4, l'indicazione **170-I** presente nel quadrante del Grecale significa che la manovra di ingresso, avente numero 170 della serie M (**M170**), è stata eseguita con 25 kn di vento proveniente da NE (Grecale) ed è risultata *riuscita*.

FSRU Manovre serie "F"

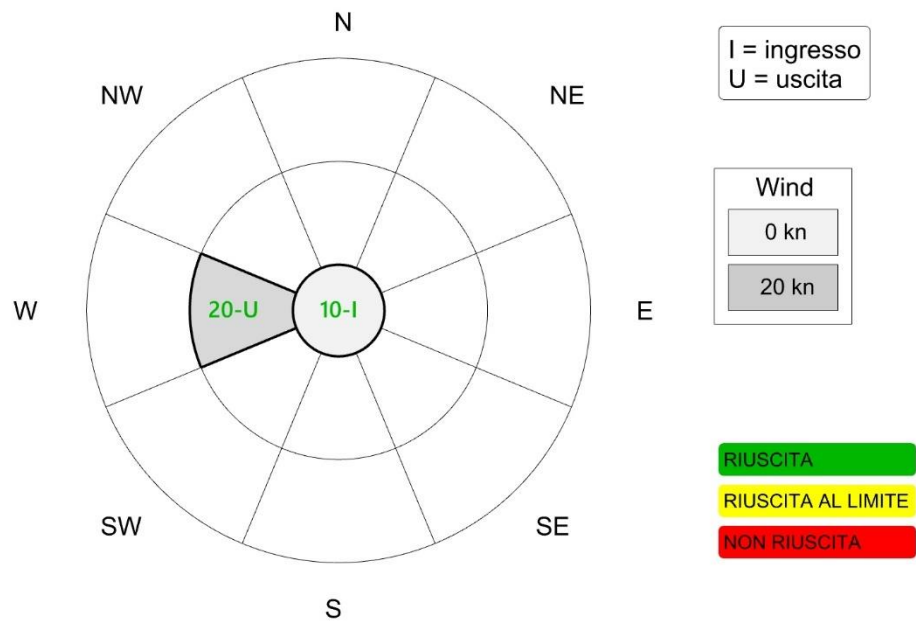


Fig. 7-3 – Manovre FSRU

LNG Carrier Manovre serie "M"

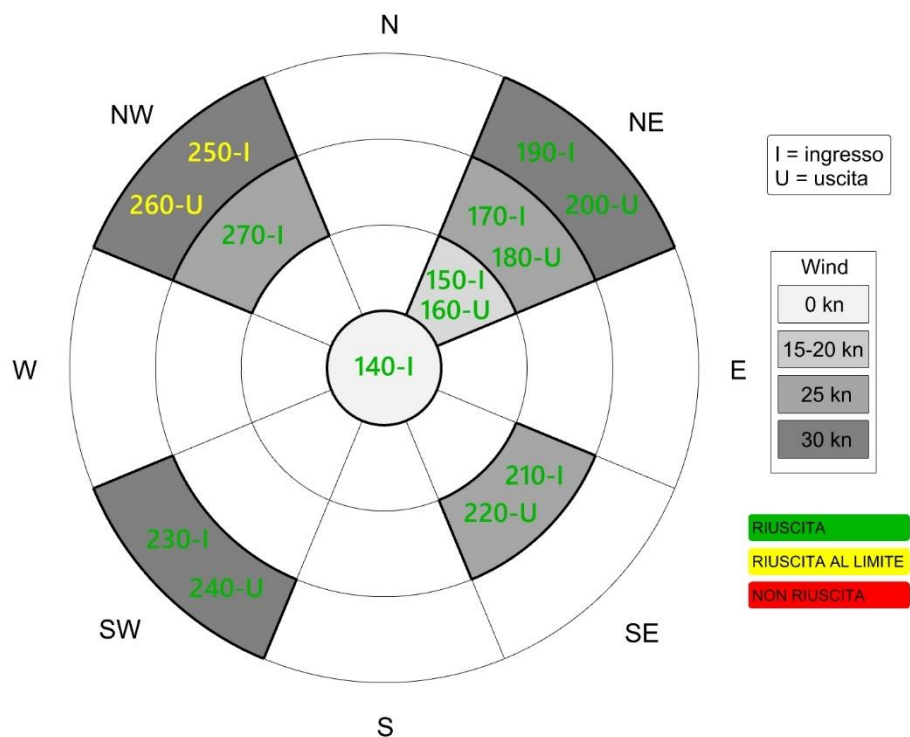


Fig. 7-4 – Manovre LNG Carrier.

7.2 Riassunto del lavoro – Rimorchiatori

I seguenti grafici mettono in relazione, per ogni nave, le condizioni meteo-marine con il numero e la taglia dei rimorchiatori giudicati necessari all'esecuzione della manovra in sicurezza. Tali grafici sono realizzati in base alle risultanze ottenute dalle diverse simulazioni di manovra, dalla valutazione e dall'esperienza maturata nel corso dell'intero studio al simulatore.

Le condizioni contornate in verde identificano gli scenari in cui la manovra viene svolta in sicurezza con l'ausilio dei rimorchiatori indicati, quelle contornate in giallo indentificano le condizioni in cui la manovra viene svolta al limite degli standard minimi di sicurezza, mentre le condizioni contornate in rosso non sono state ritenute adatte allo svolgimento della manovra in sicurezza.

In sintesi, a seguito delle prove al simulatore di manovra, si può concludere che per l'unità FSRU, le manovre sono state ritenute eseguibili in sicurezza in condizioni di calma con l'ausilio di quattro rimorchiatori, due da almeno 70t di Bollard Pull e due da almeno 80t di Bollard Pull.

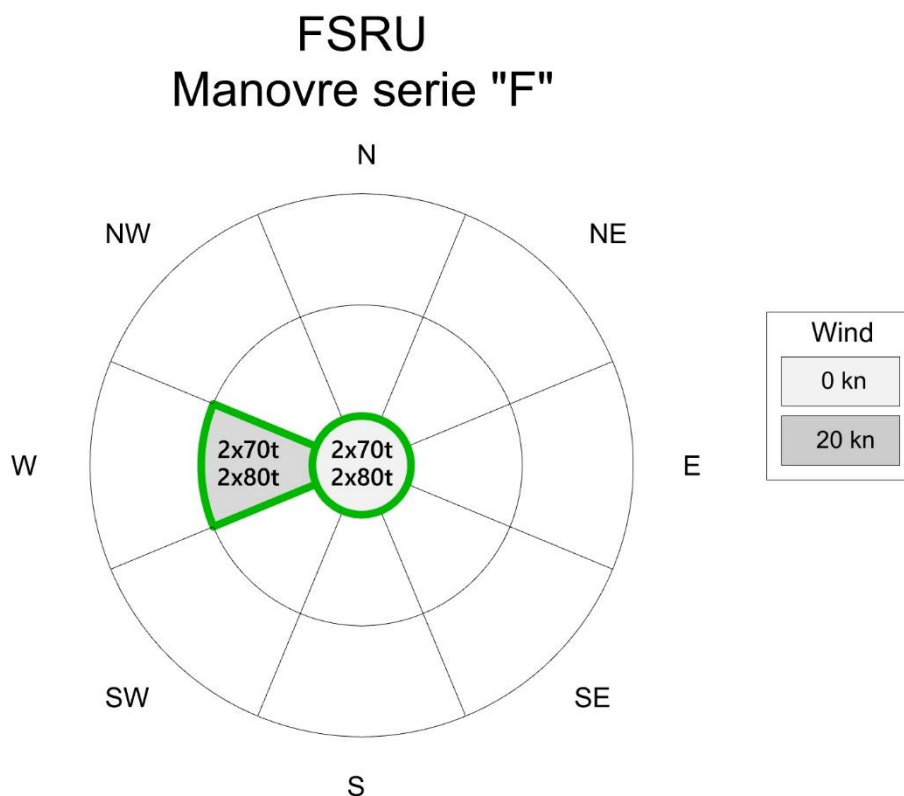


Fig. 7-5 – Confronto delle condizioni meteo con la taglia dei rimorchiatori impiegati – FSRU.

7.3 In sintesi

Lo studio di manovrabilità affrontato al simulatore ha preso in considerazione condizioni meteorologiche critiche per la fattibilità delle manovre nell'area della piattaforma PETRA, antistante il Porto di Ravenna. Le simulazioni svolte sull'unità **LNG Carrier** hanno dimostrato la fattibilità delle manovre anche in caso di condizioni meteo severe (ponendo il limite di altezza d'onda significativa pari a 1m), mentre le simulazioni svolte sull'unità **FSRU** hanno dimostrato la fattibilità delle manovre in condizioni ottimali di calma, evidenziando l'adeguatezza dello specchio acqueo per lo svolgimento delle manovre di queste due unità. Dall'esito delle simulazioni di manovra svolte in condizioni di **avaria** a bordo dei mezzi coinvolti, non sono state evidenziate situazioni di interferenza con il terminal LNG.

Canale di approccio e area di manovra

Dall'esito delle simulazioni emerge che la larghezza del canale di approccio necessaria per garantire lo svolgimento del transito in sicurezza risulta pari a 500m. Le aree dragate nei pressi della piattaforma sono risultate idonee allo svolgimento dell'evoluzione della nave in arrivo e partenza dalla piattaforma.

Rimorchiatori

Dall'esito delle simulazioni emerge che la flotta dei rimorchiatori in dotazione alla piattaforma, al fine di garantire livelli di sicurezza adeguati alle unità in manovra, risulta costituita da quattro rimorchiatori: due da almeno 70t di Bollard Pull e due da almeno 80t di Bollard Pull.

Obiettivi raggiunti

Riprendendo gli obiettivi indicati nel Capitolo 1, si riassumono qui di seguito i risultati raggiunti:

- Sono state valutate l'idoneità e dell'adeguatezza dello specchio acqueo a disposizione delle diverse unità navali in termini di sicurezza della navigazione e di manovrabilità nelle varie condizioni meteorologiche per poter compiere le manovre di ormeggio e disormeggio presso la piattaforma PETRA (v. Cap 6);
- Sono state individuate le condizioni operative limite per lo svolgimento in sicurezza delle manovre di ingresso e uscita grazie all'ausilio di rimorchiatori (Capitoli 6 e 7);
- Sono state fornite indicazioni sullo svolgimento delle manovre di arrivo/partenza delle navi e sulle strategie di manovra, tenendo in considerazione le differenti condizioni meteo marine (v. Cap. 6);
- È stata verificata l'adeguatezza dei rimorchiatori (per numero, tipologia e tiro massimo) necessari per la manovra in sicurezza delle varie navi (v. Cap 7).

8 RIFERIMENTI

Rif. 1. Layout piattaforma PETRA – Alternativa A

“DIS-MEC-B-17000_Planimetria generale, sezioni struttura, layout ormeggio_alt A_Rev.0.pdf”

Fonte: Cliente

Rif. 2. Layout piattaforma PETRA – Alternativa B

“DIS-MEC-B-17007_Planimetria generale e sezioni_alternativa B_Rev.0.pdf”

Fonte: Cliente

Rif. 3. Layout canale di approccio – Larghezza 250m

“Carta Nautica Drag.pdf”

Fonte: Cliente

Rif. 4. Layout canale di approccio – Larghezza 500m

“Canale 500m.pdf”

Fonte: Cliente

APPENDICI

APPENDICE A

TRACCIATI DELLE MANOVRE

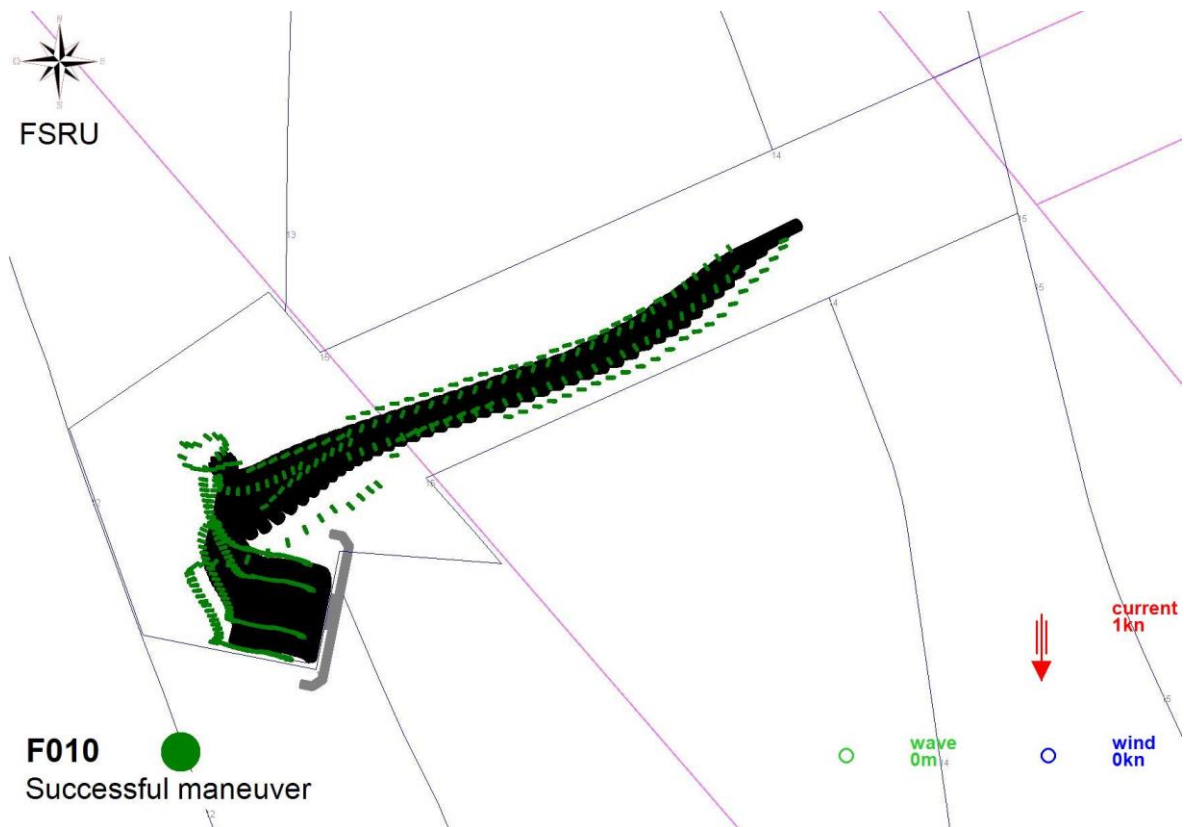


Fig. A - 1 – Manovra F010 – FSRU - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**
Calma.



Fig. A - 2 – Manovra F020 – FSRU - Uscita - **MANOVRA RIUSCITA**
Ponente 20 nodi.



Fig. A - 3 – Manovra M010 – LNG Carrier - Ingresso - **TEST**
Calma.

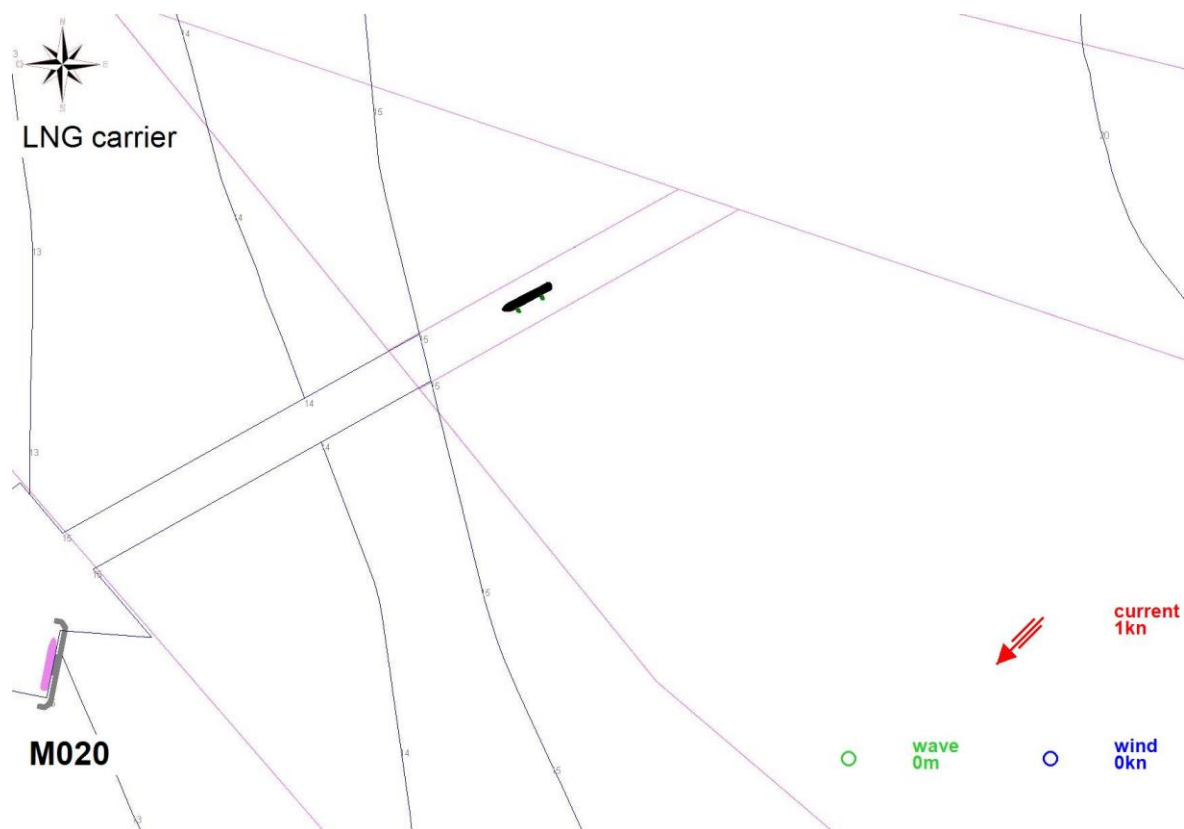


Fig. A - 4 – Manovra M020 – LNG Carrier - Ingresso - **TEST**
Calma.

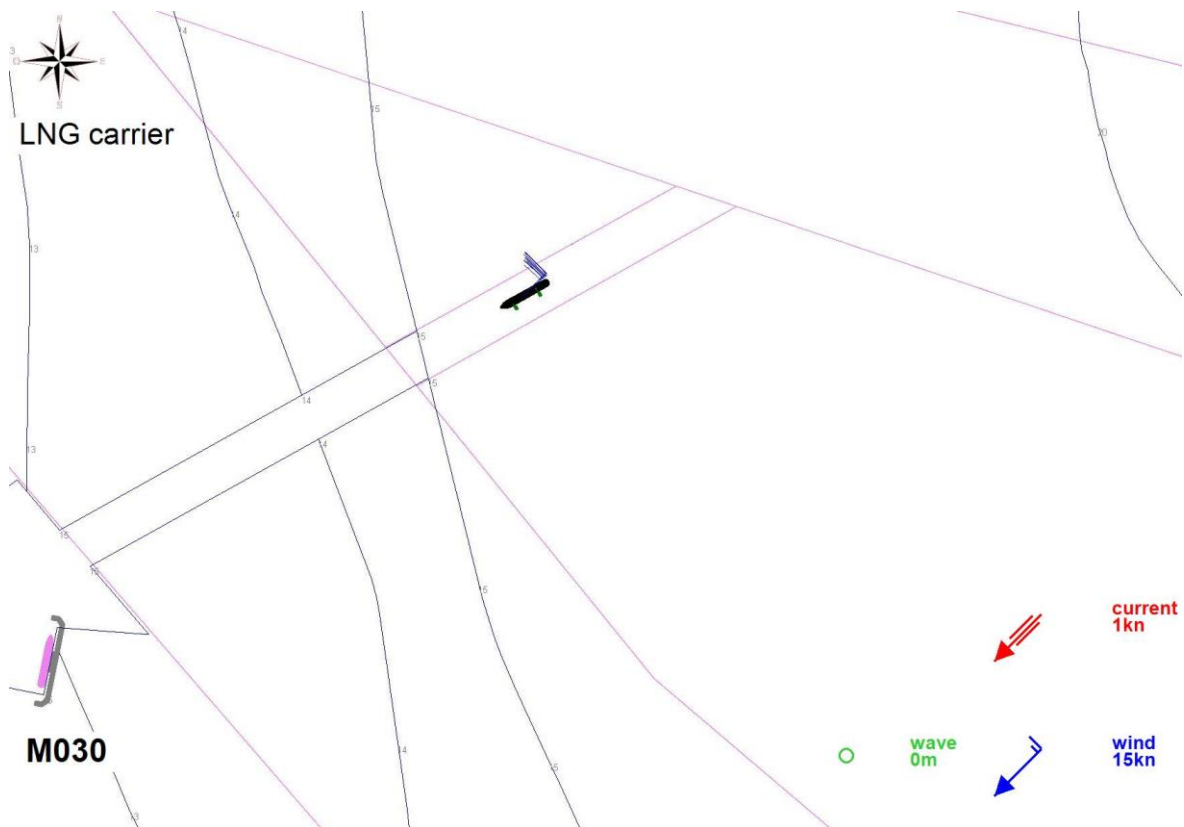


Fig. A - 5 – Manovra M030 – LNG Carrier - Ingresso - **TEST**
Grecale 15 nodi.



Fig. A - 6 – Manovra M040 – LNG Carrier - Ingresso - **TEST**
Calma.

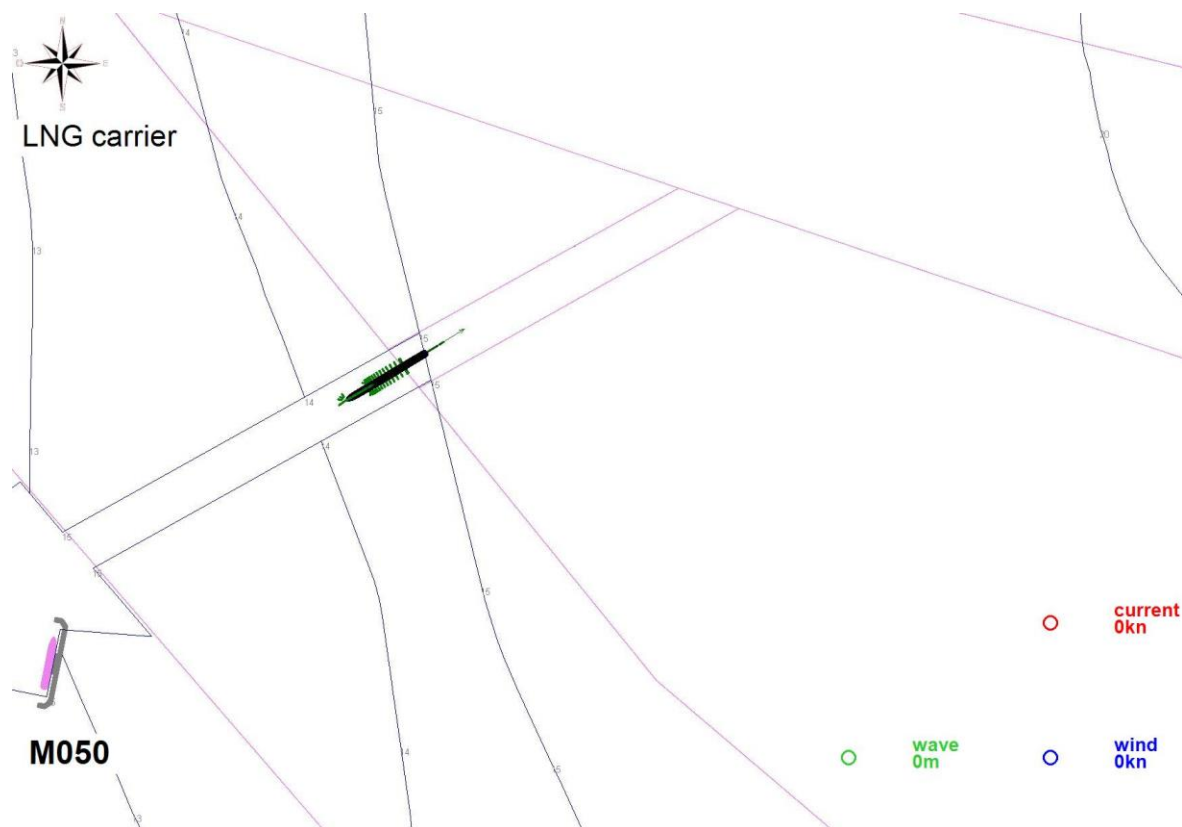


Fig. A - 7 – Manovra M050 – LNG Carrier - Uscita - **TEST**
Calma.

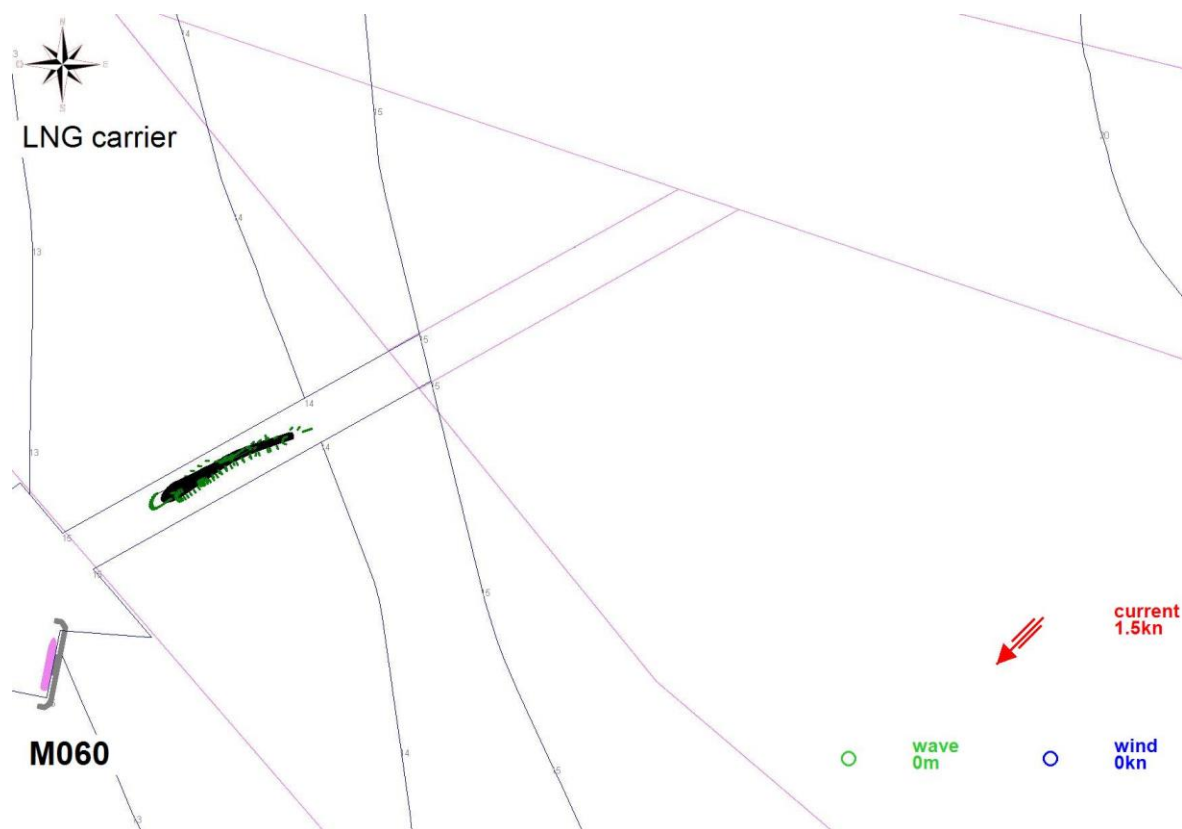


Fig. A - 8 – Manovra M060 – LNG Carrier - Uscita - **AVARIA**
Calma.

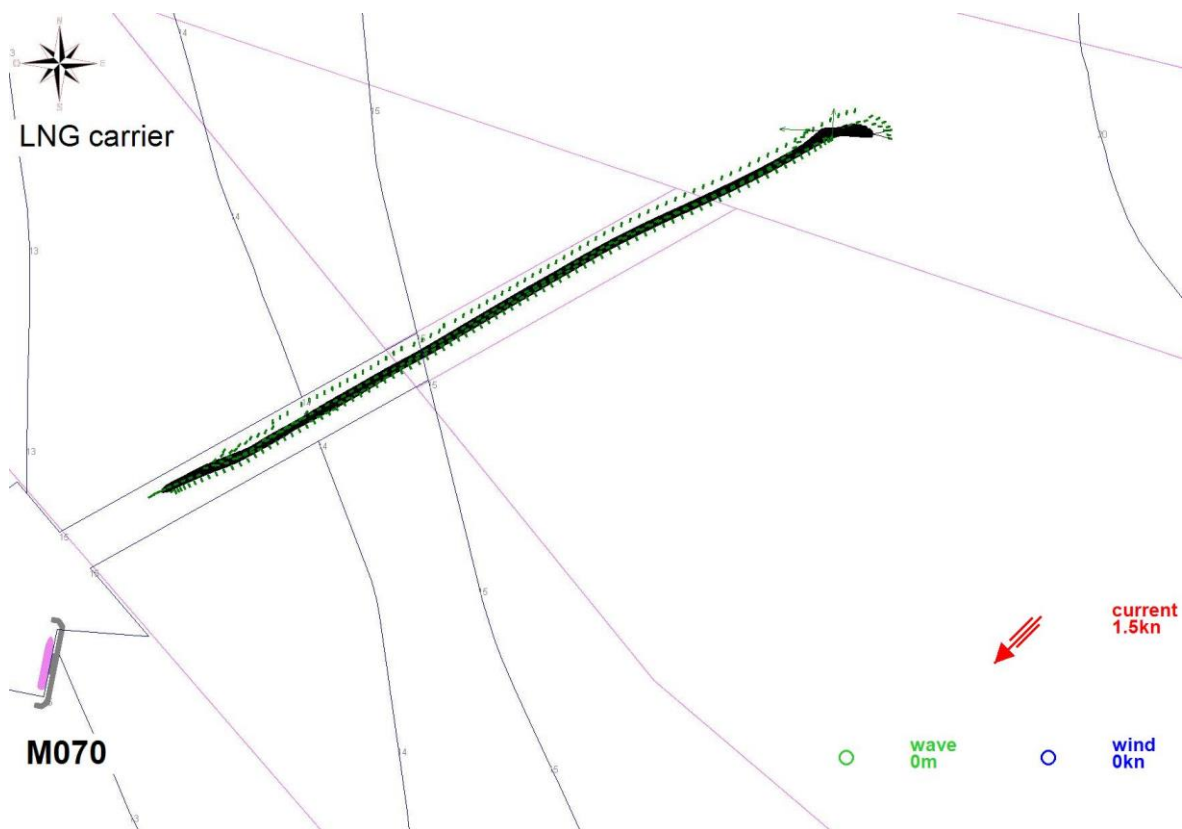


Fig. A - 9 – Manovra M070 – LNG Carrier - Uscita - **AVARIA**
Calma.

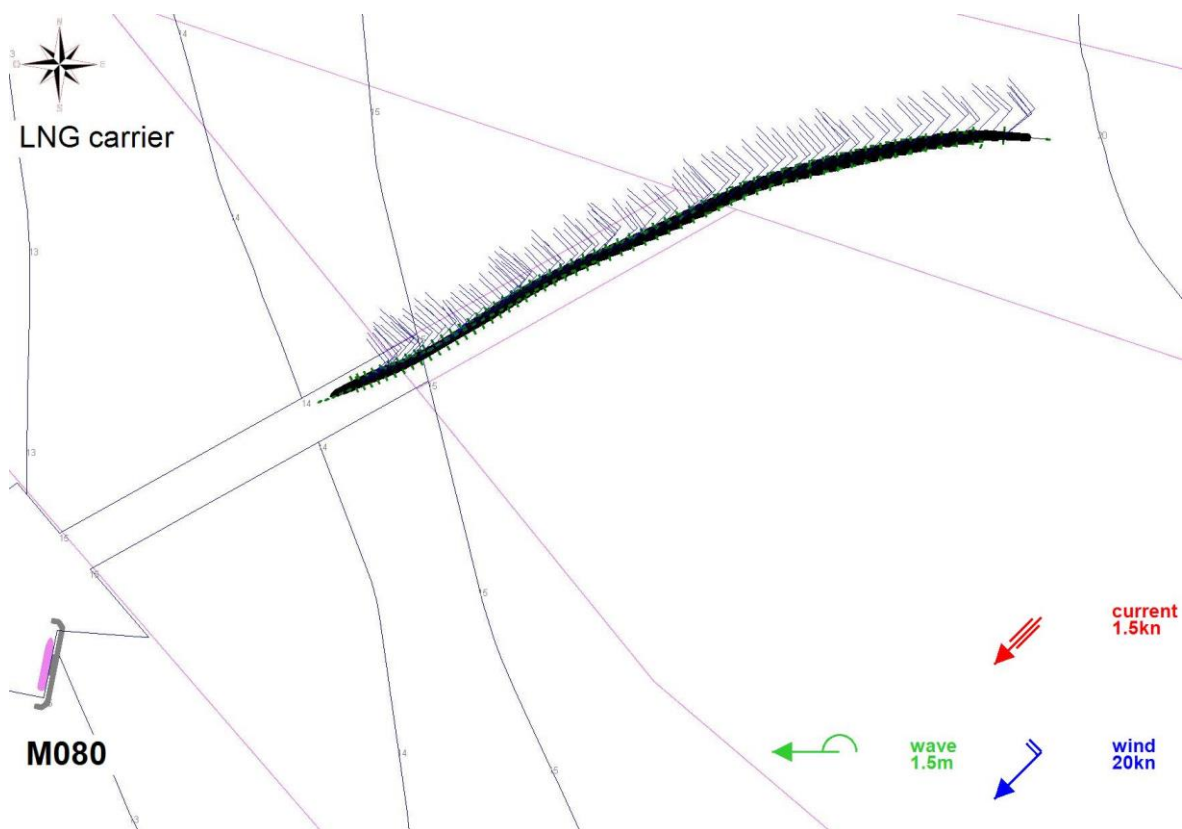


Fig. A - 10 – Manovra M080 – LNG Carrier - Ingresso - **TEST**
Grecale 20 nodi.

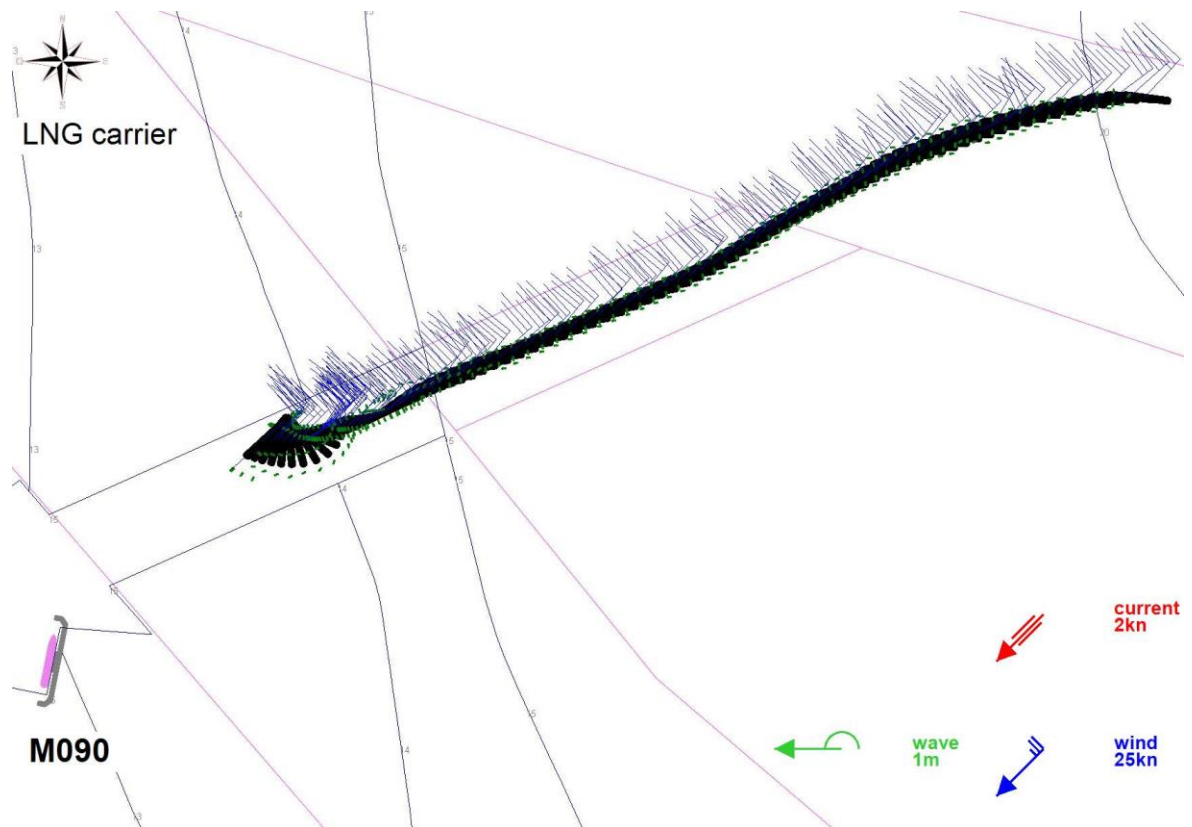


Fig. A - 11 – Manovra M090 – LNG Carrier - Ingresso - **AVARIA**
Grecale 25 nodi.

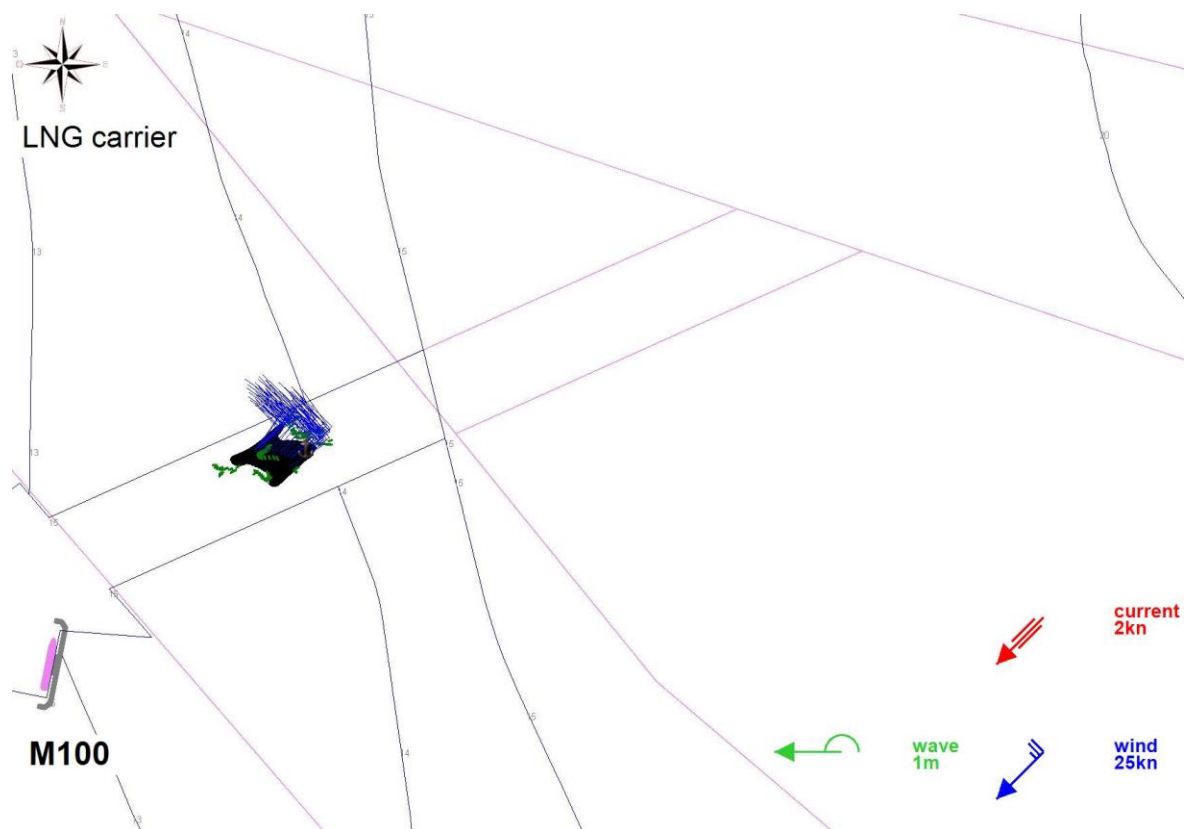


Fig. A - 12 – Manovra M100 – LNG Carrier - Uscita - **AVARIA**
Grecale 25 nodi.

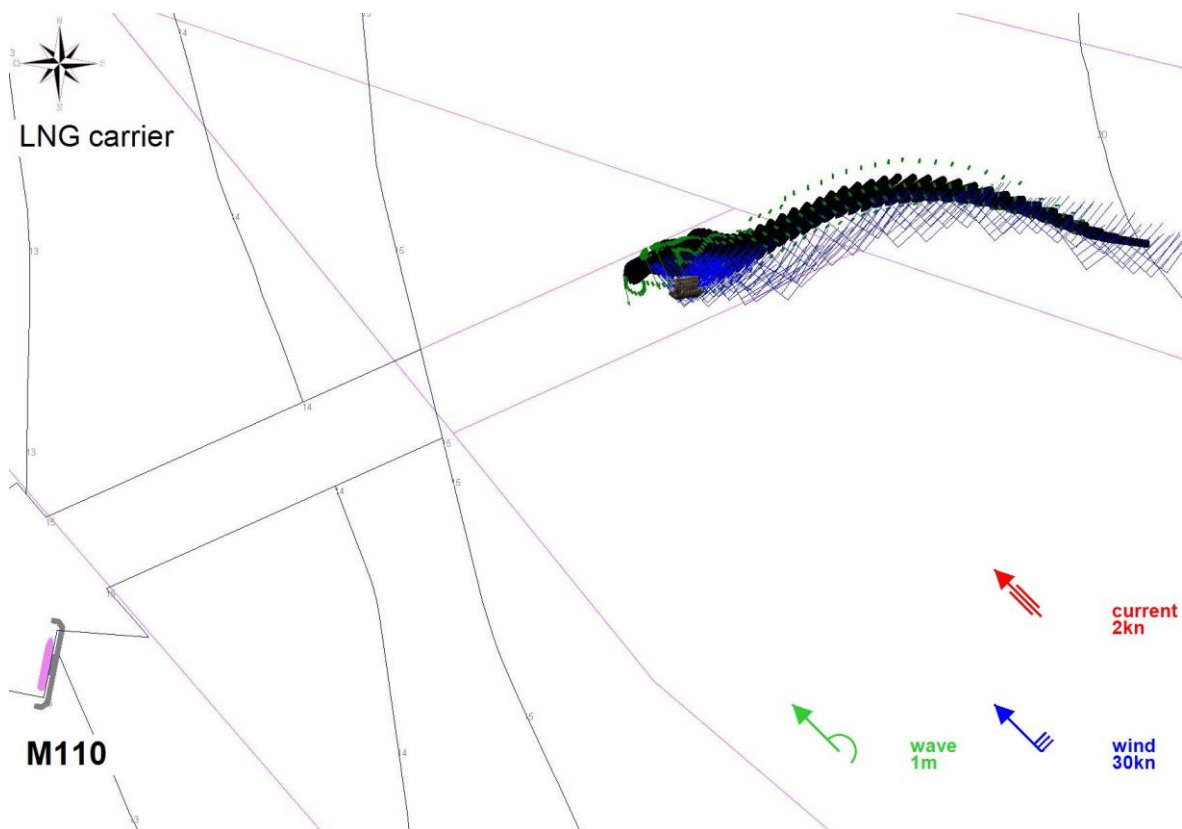


Fig. A - 13 – Manovra M110 – LNG Carrier - Ingresso - **AVARIA**
Scirocco 30 nodi.

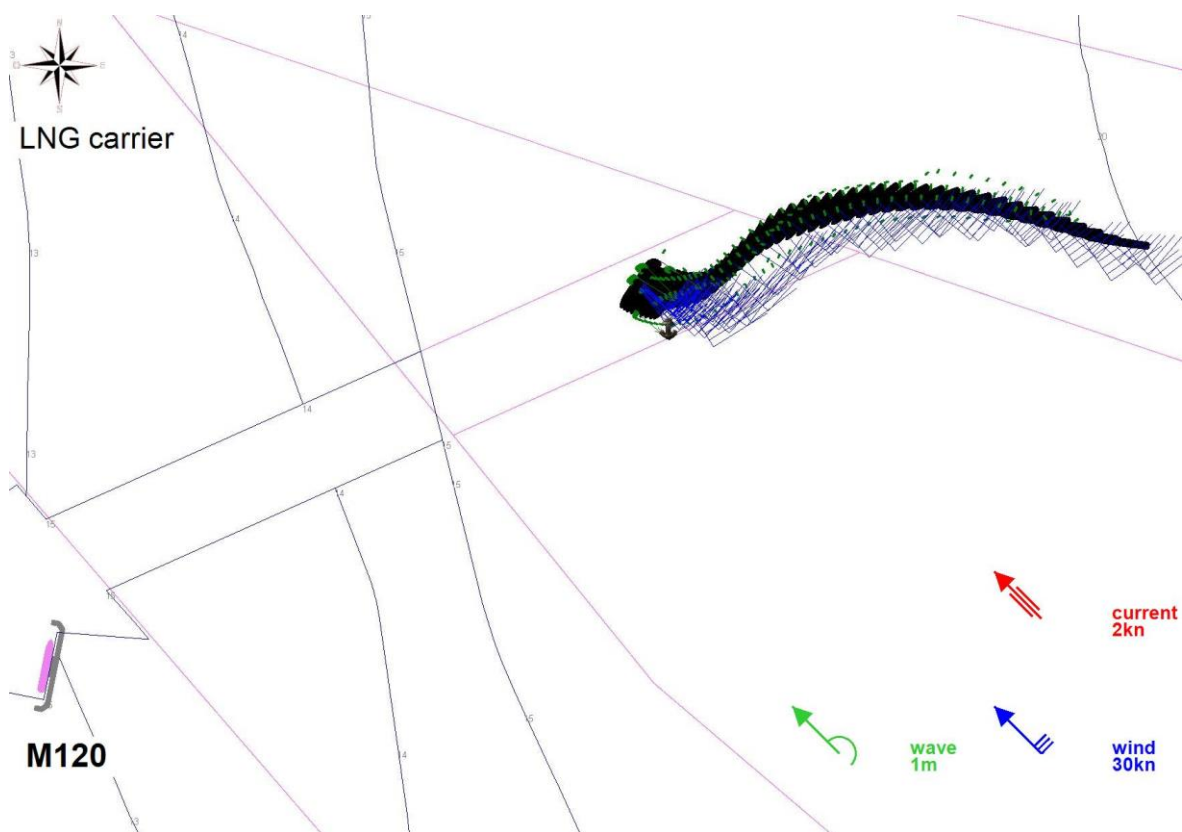
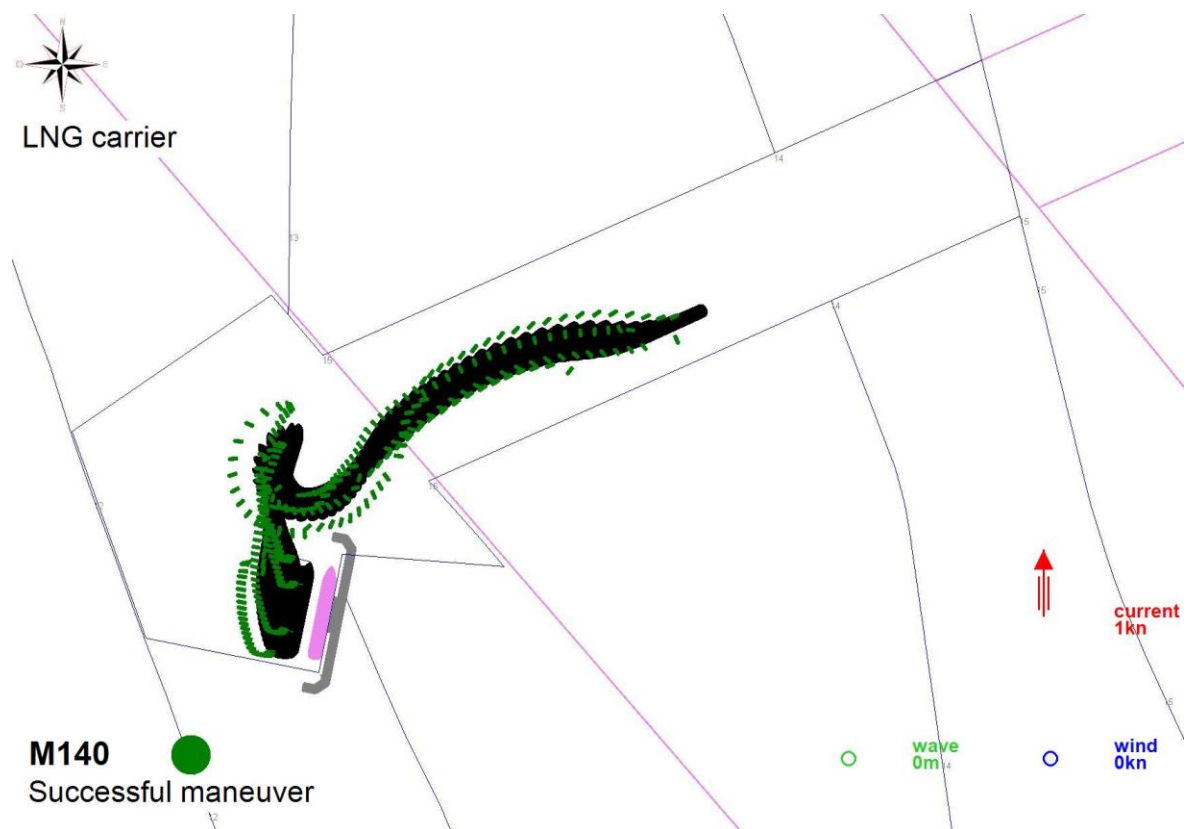


Fig. A - 14 – Manovra M120 – LNG Carrier - Ingresso - **AVARIA**
Scirocco 30 nodi.

Fig. A - 15 – Manovra M130 – LNG Carrier - Ingresso - **TEST**

Libeccio 30 nodi.

Fig. A - 16 – Manovra M140 – LNG Carrier - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**

Calma.

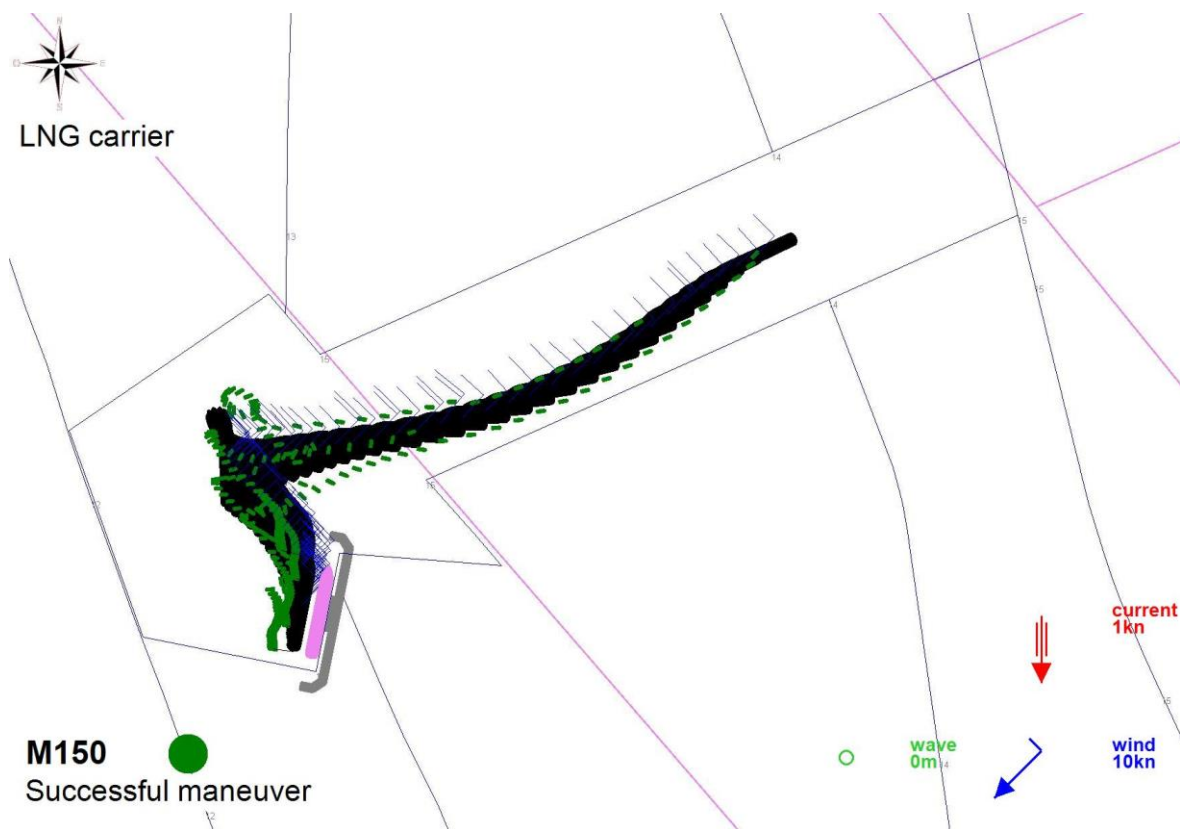


Fig. A - 17 – Manovra M150 – LNG Carrier - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**
Grecale 10 nodi.

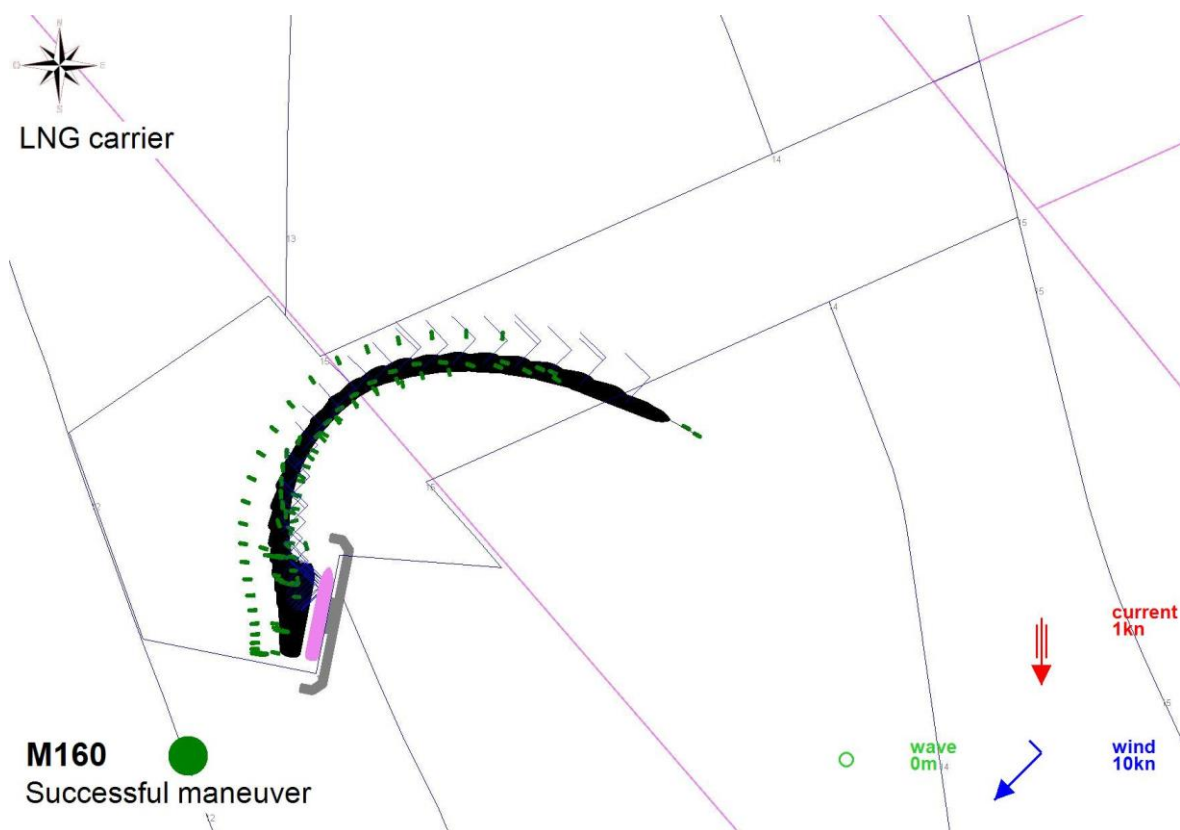


Fig. A - 18 – Manovra M160 – LNG Carrier - Uscita - **MANOVRA RIUSCITA**
Grecale 10 nodi.

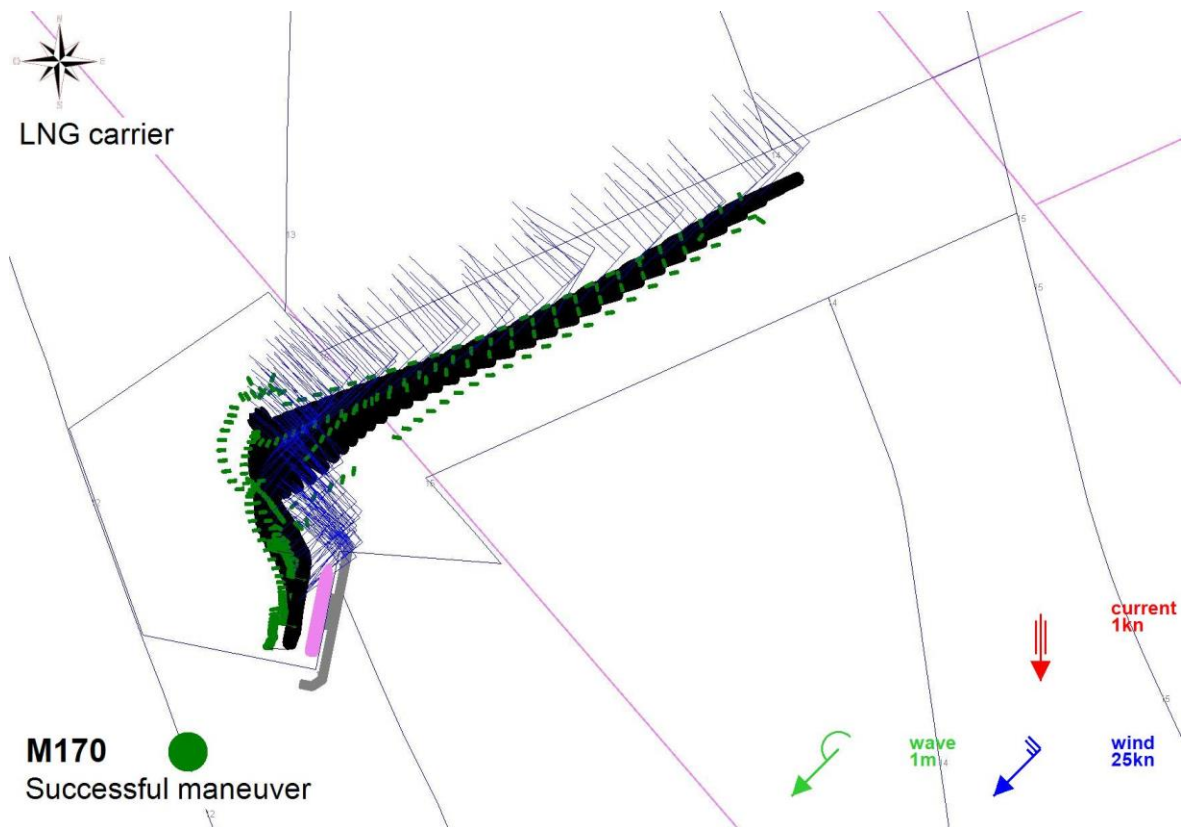


Fig. A - 19 – Manovra M170 – LNG Carrier - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**
Grecale 25 nodi.

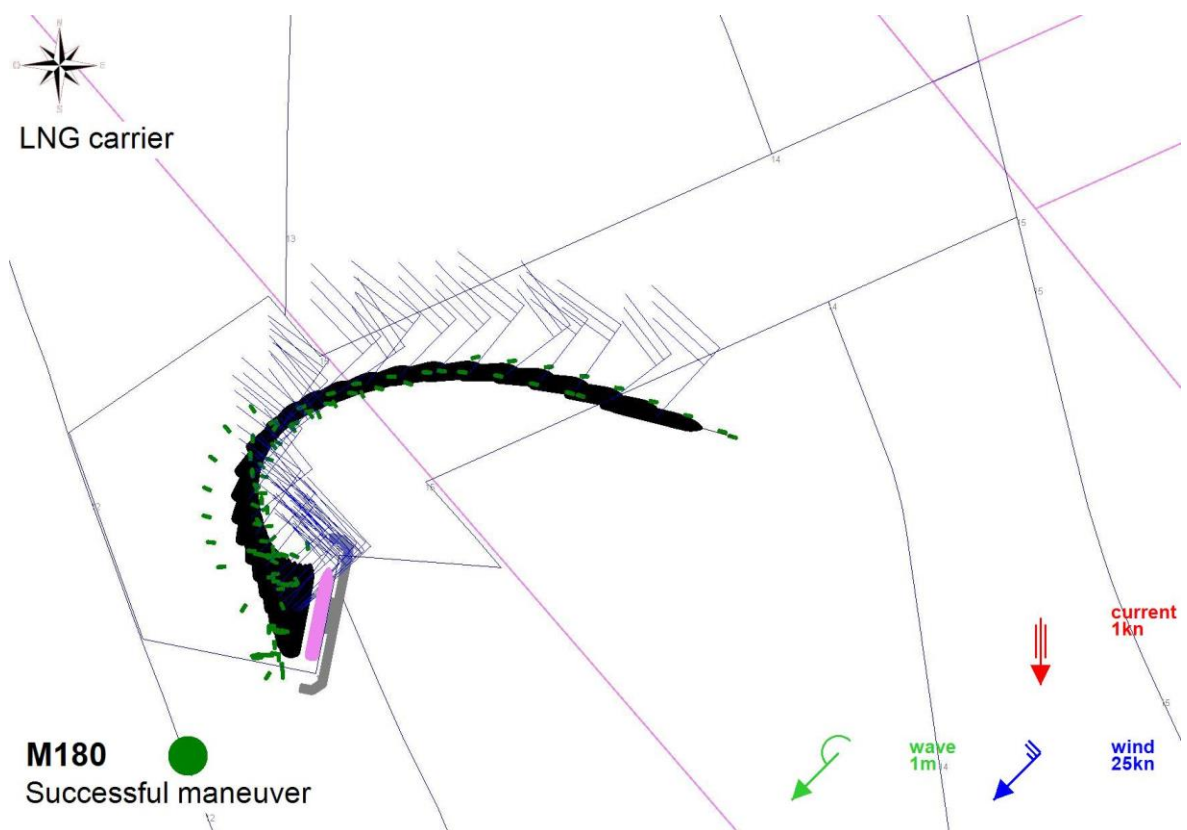


Fig. A - 20 – Manovra M180 – LNG Carrier - Uscita - **MANOVRA RIUSCITA**
Grecale 25 nodi.

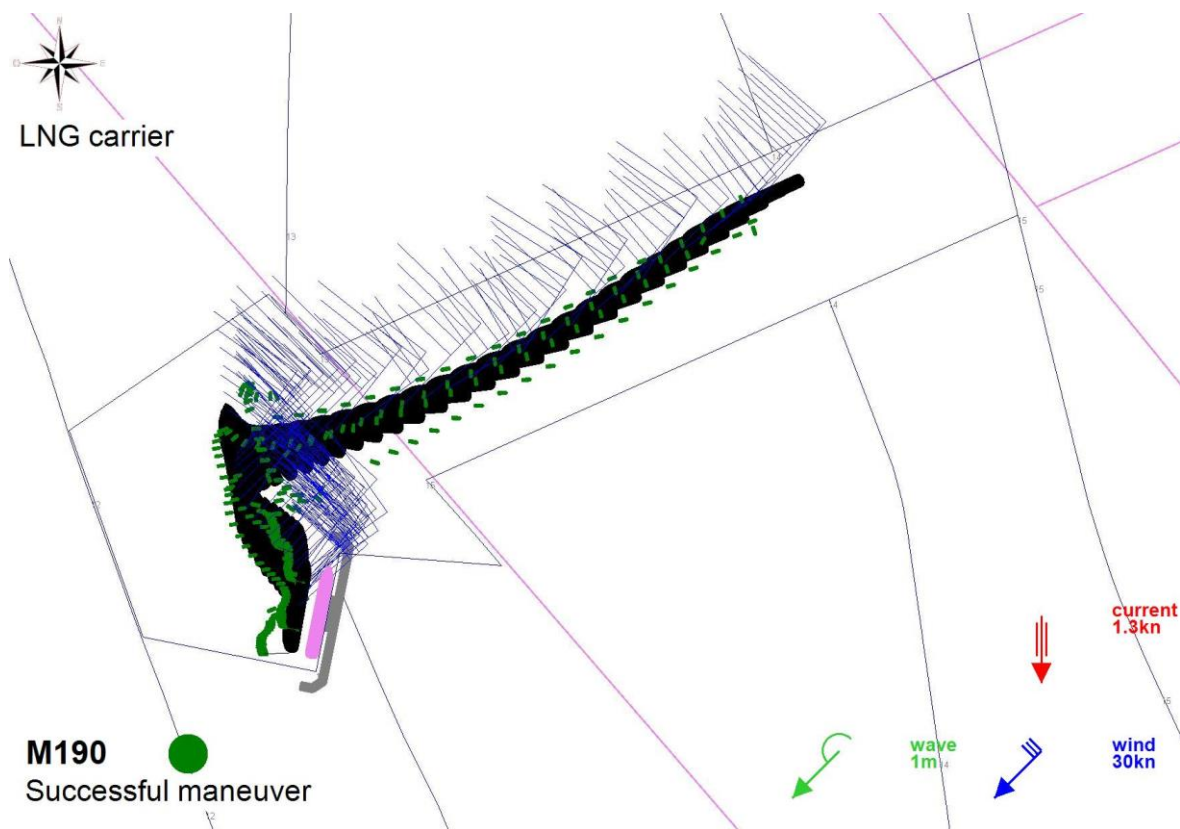


Fig. A - 21 – Manovra M190 – LNG Carrier - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**
Grecale 30 nodi.



Fig. A - 22 – Manovra M200 – LNG Carrier - Uscita - **MANOVRA RIUSCITA**
Grecale 30 nodi.

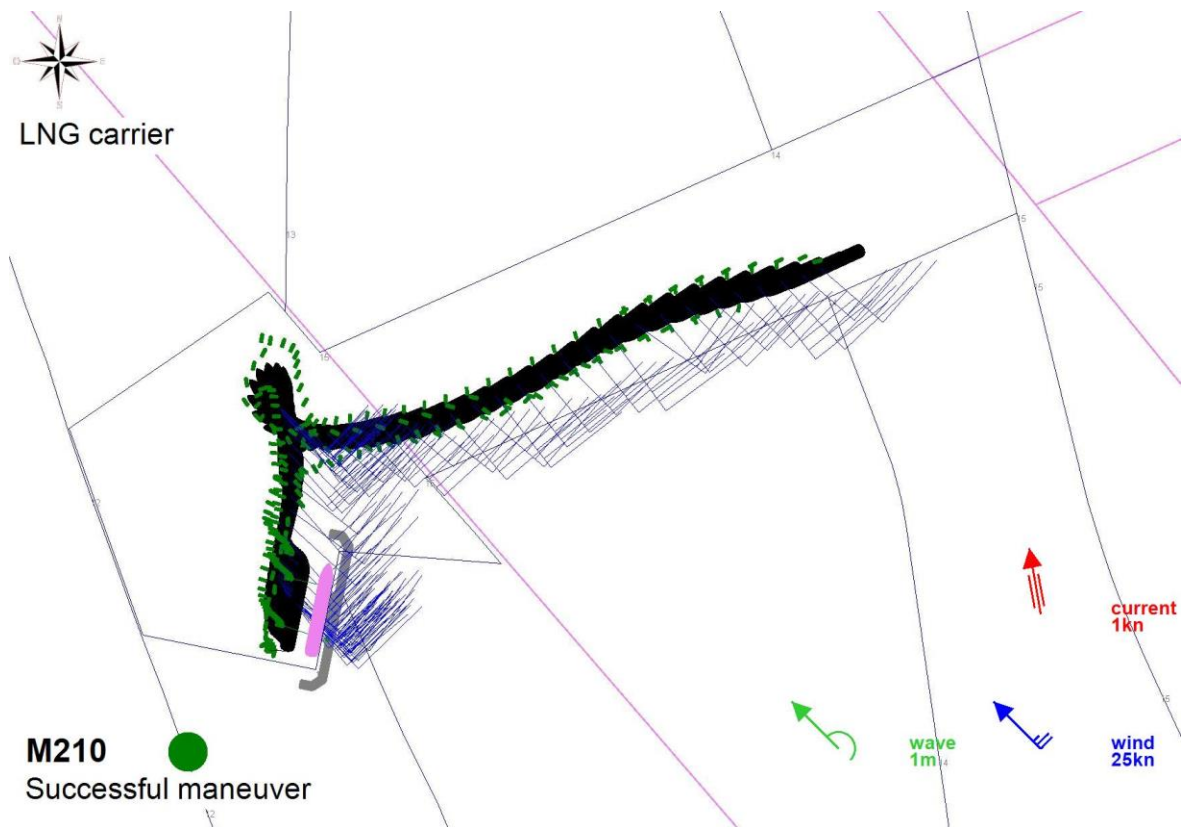


Fig. A - 23 – Manovra M210 – LNG Carrier - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**
Sirocco 25 nodi.



Fig. A - 24 – Manovra M220 – LNG Carrier - Uscita - **MANOVRA RIUSCITA**
Sirocco 25 nodi.

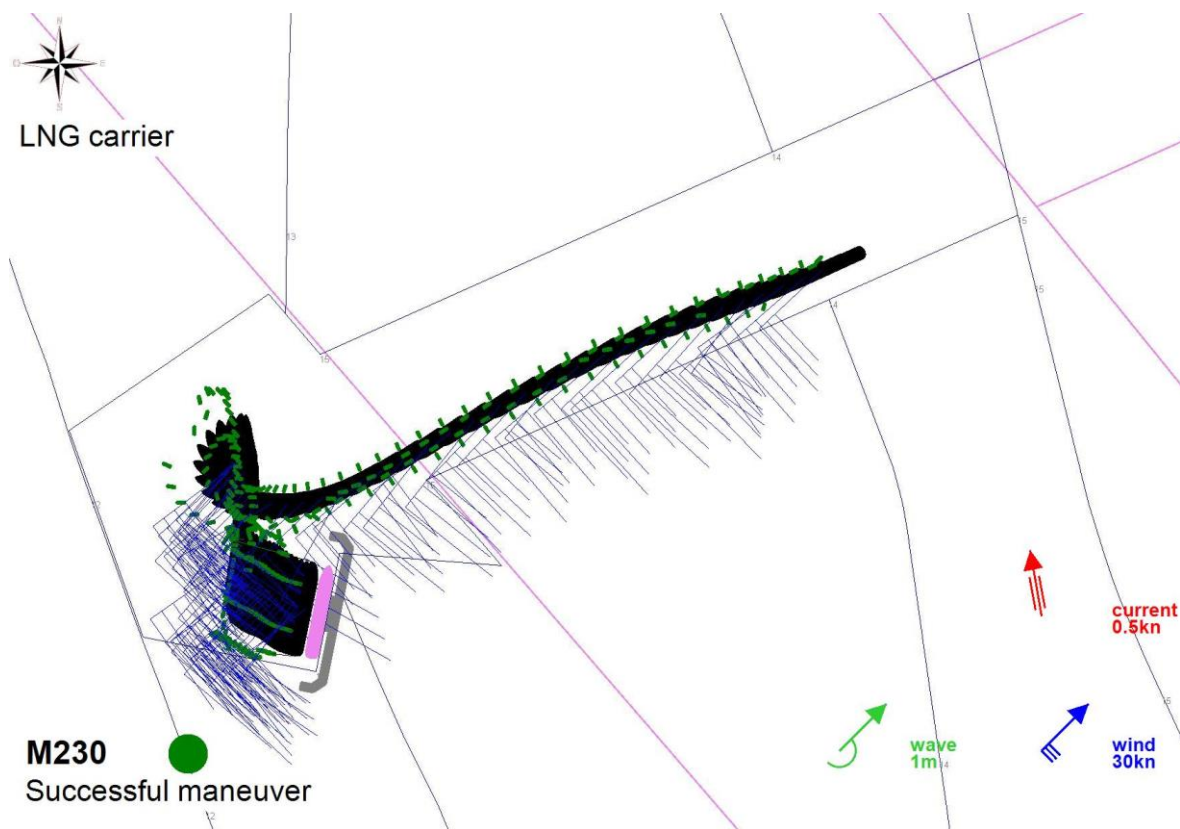


Fig. A - 25 – Manovra M230 – LNG Carrier - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**
Libeccio 30 nodi.

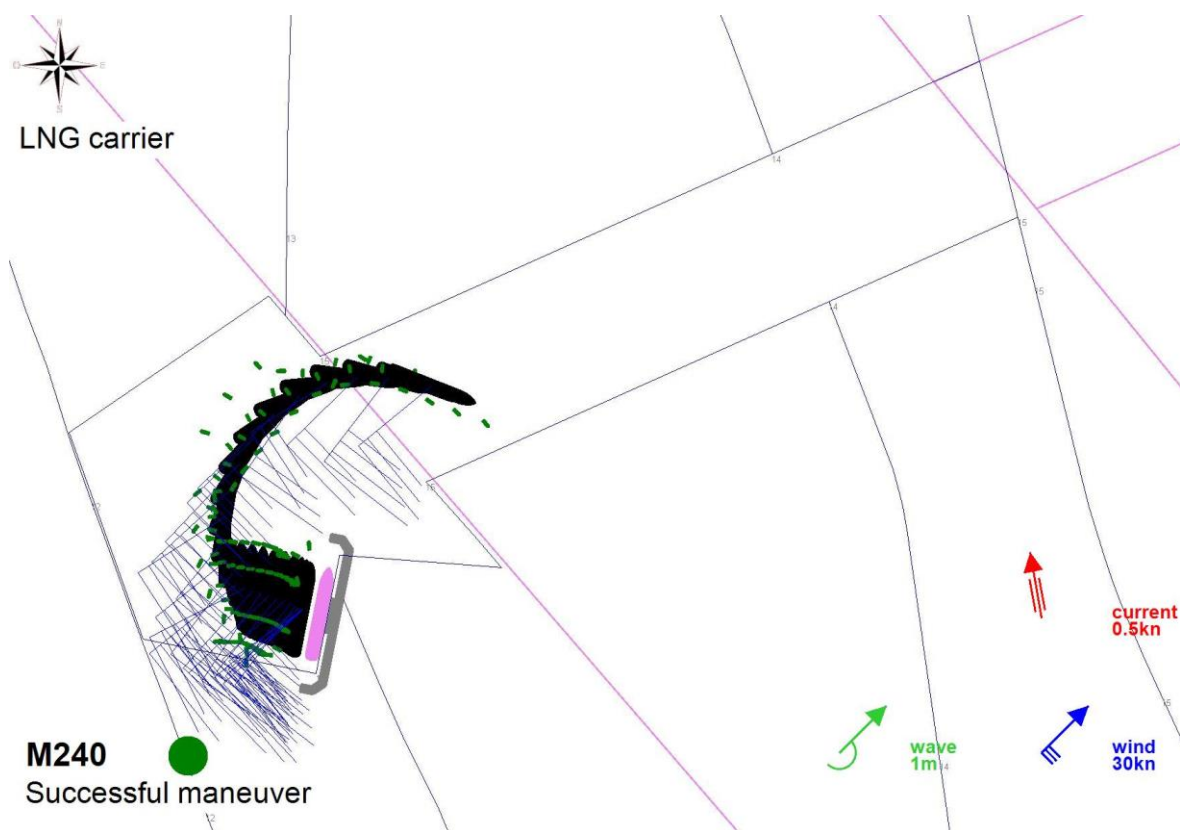


Fig. A - 26 – Manovra M240 – LNG Carrier - Uscita - **MANOVRA RIUSCITA**
Libeccio 30 nodi.

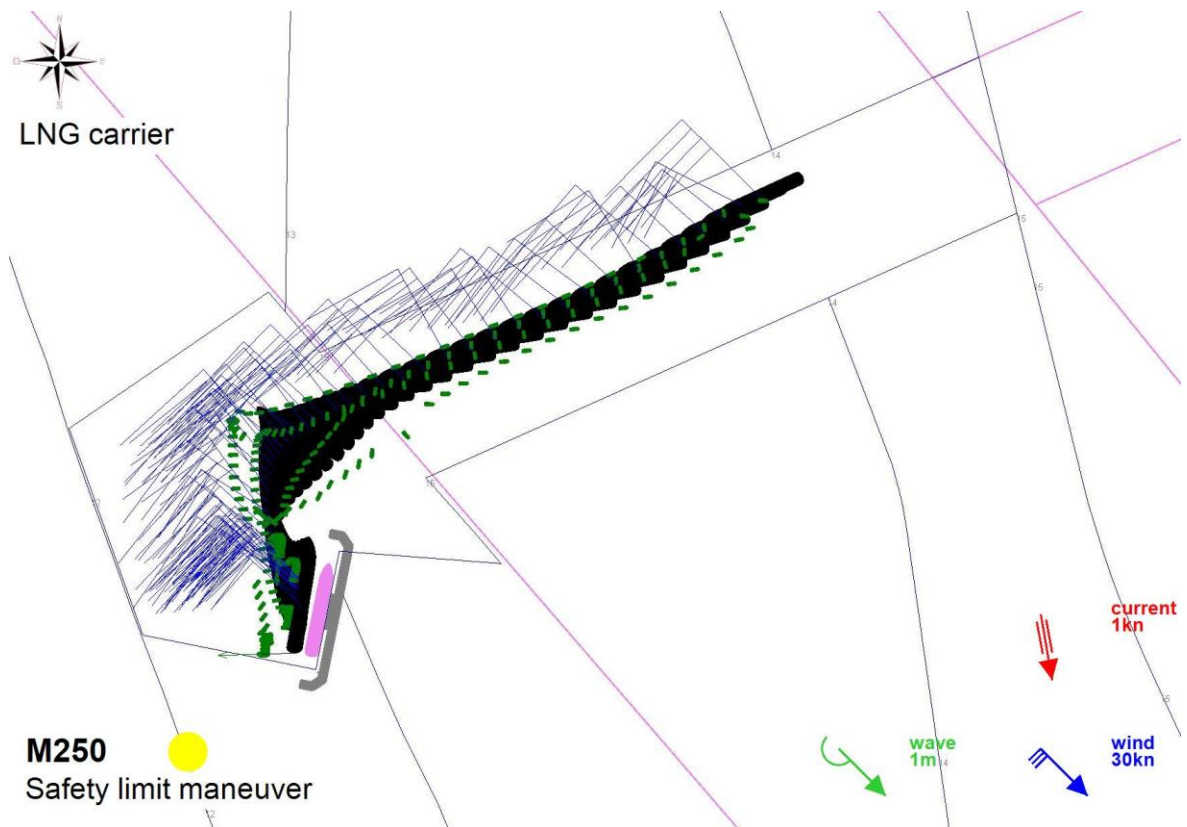


Fig. A - 27 – Manovra M250 – LNG Carrier - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA AL LIMITE**
Maestrale 30 nodi.

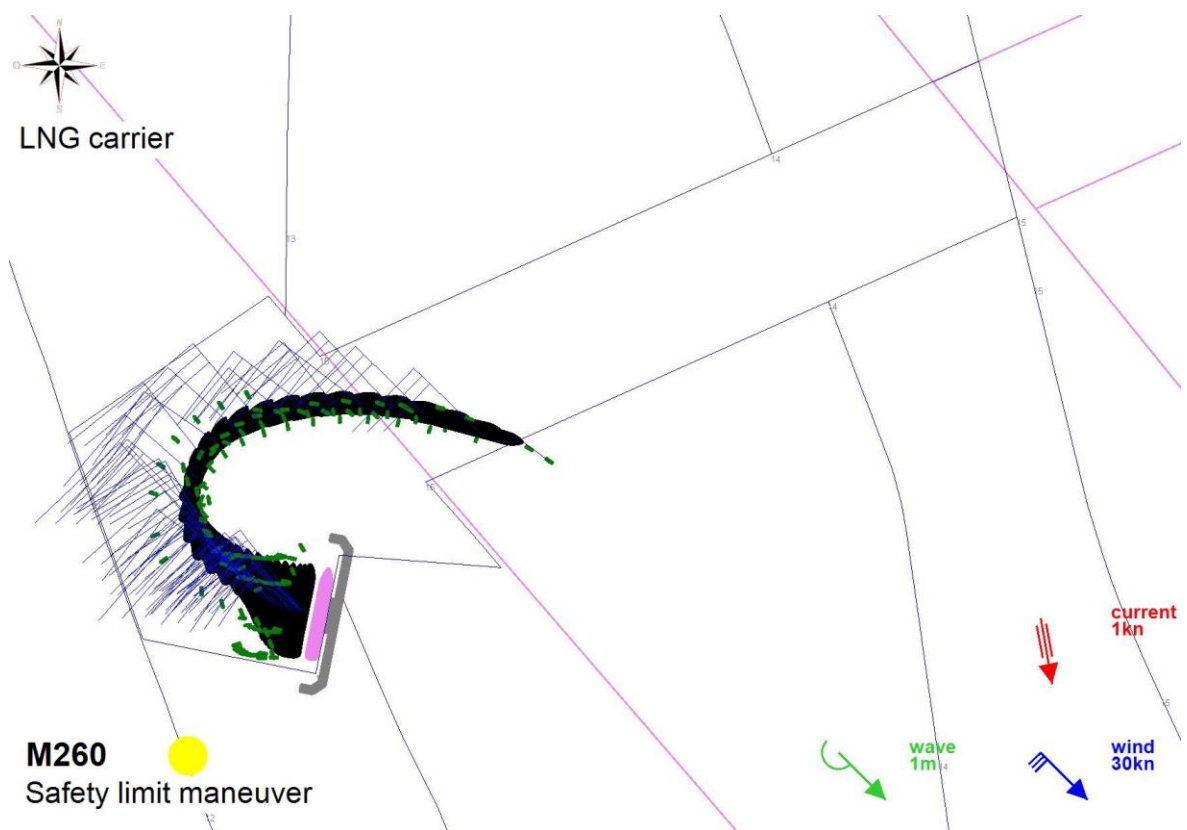


Fig. A - 28 – Manovra M260 – LNG Carrier - Uscita - **MANOVRA RIUSCITA AL LIMITE**
Maestrale 30 nodi.

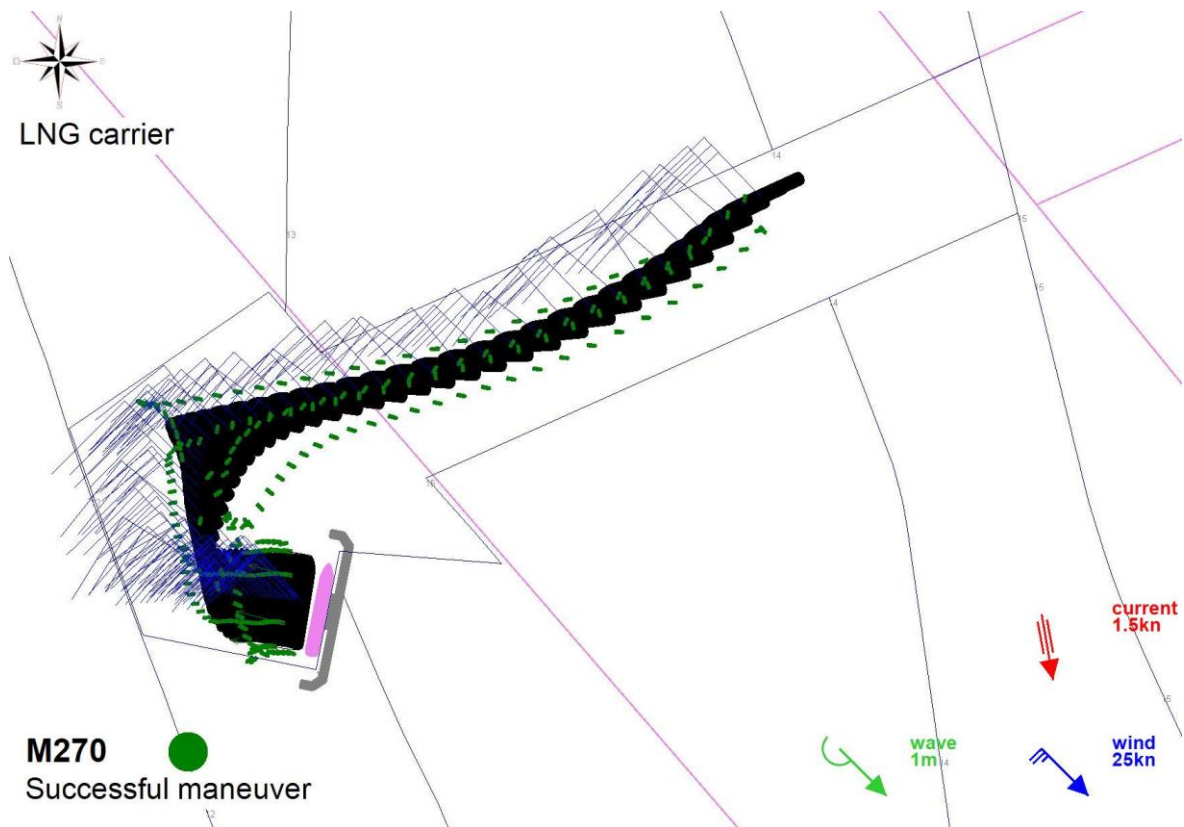


Fig. A - 29 – Manovra M270 – LNG Carrier - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**
Maestrale 25 nodi.

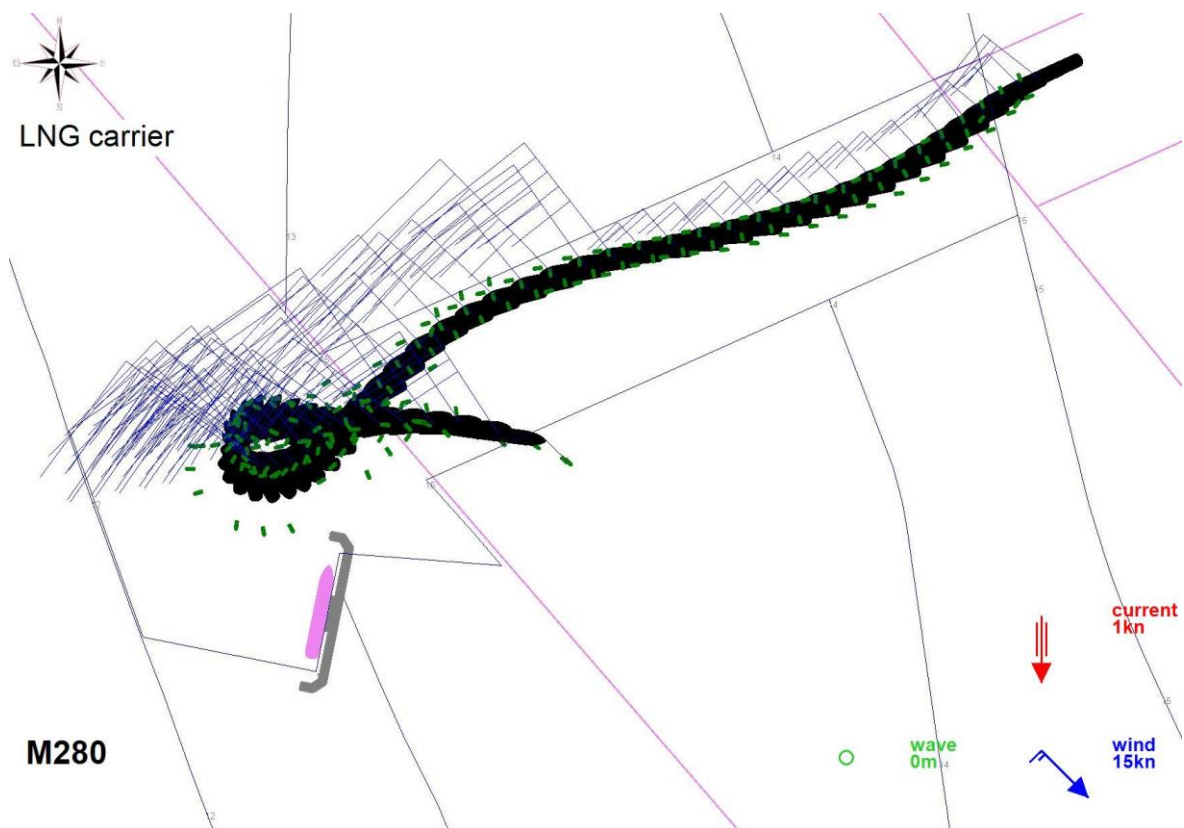


Fig. A - 30 – Manovra M280 – LNG Carrier - Ingresso - **EMERGENZA**
Maestrale 15 nodi.

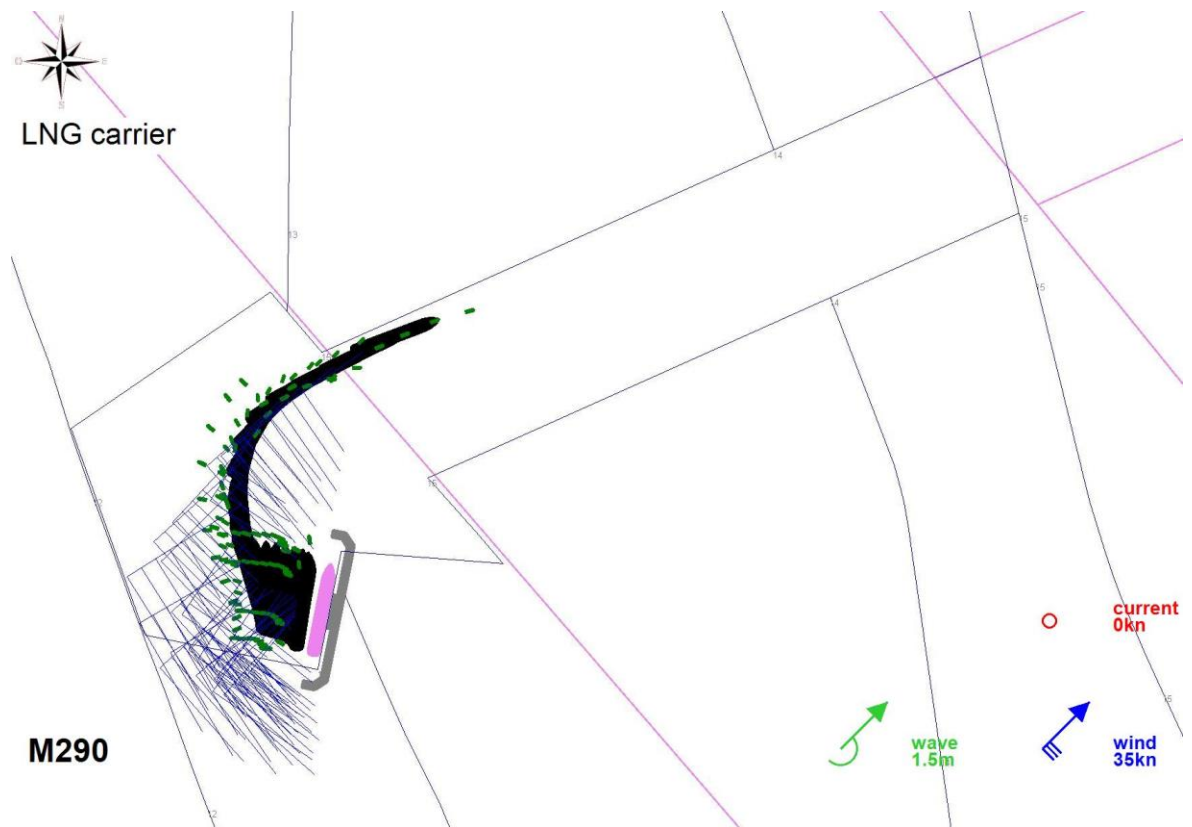


Fig. A - 31 – Manovra M290 – LNG Carrier - Uscita - **AVARIA**
Libeccio 35 nodi.

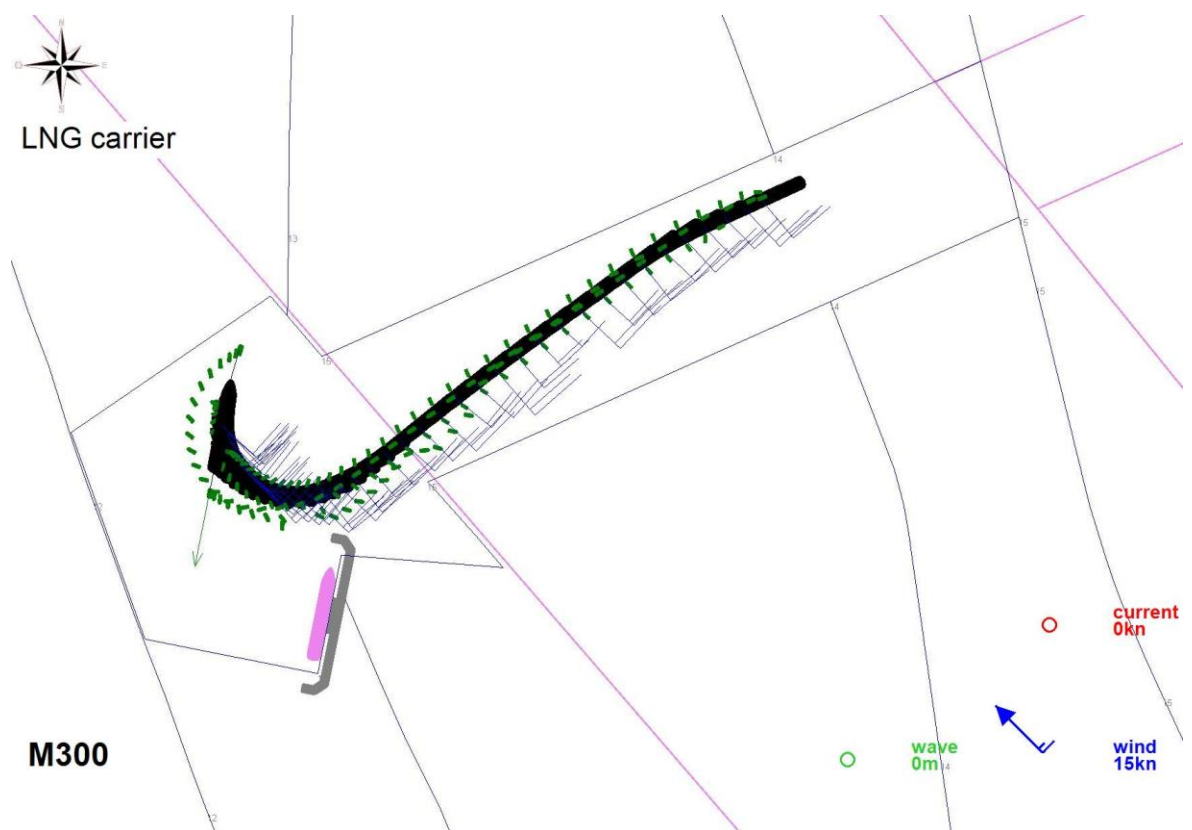


Fig. A - 32 – Manovra M300 – LNG Carrier - Ingresso - **AVARIA**
Scirocco 15 nodi.

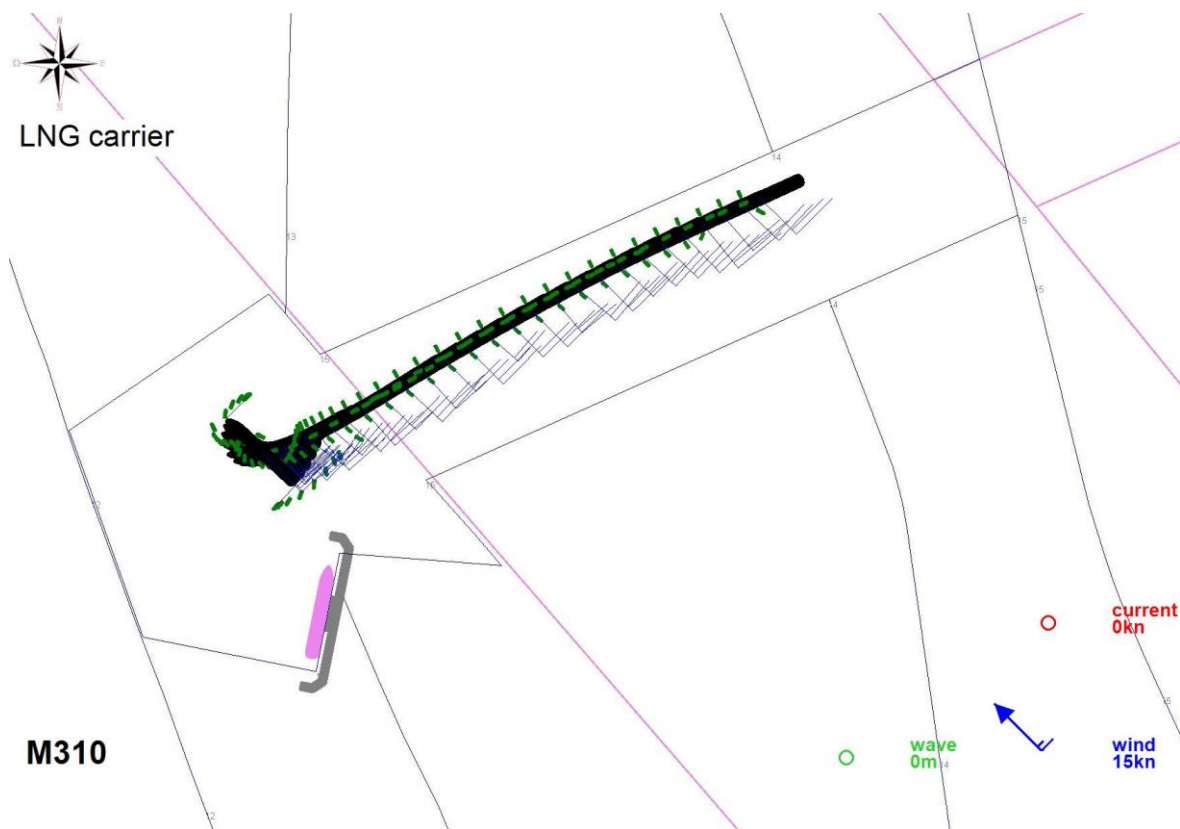


Fig. A - 33 – Manovra M310 – LNG Carrier - Ingresso - **AVARIA**
Scirocco 15 nodi.

APPENDICE B

FOTO DELLE SIMULAZIONI



Fig. B - 1 – Foto scattate durante le sessioni di simulazioni



Fig. B - 2 – Foto scattate durante le sessioni di simulazioni



Fig. B - 3 – Foto scattate durante le sessioni di simulazioni



Fig. B - 4 – Foto scattate durante le sessioni di simulazioni

ALLEGATI

I risultati completi delle simulazioni eseguite che costituiscono gli **ALLEGATI** al presente rapporto tecnico sono 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 **caratteristiche** delle unità simulate;
- le **tabelle** con la lista delle simulazioni eseguite;
- le **immagini** delle traiettorie inviluppate della singola manovra, suddivisi per data di svolgimento;
- i **filmati 2D** riproducibili in playback di tutte le simulazioni così come visualizzati sulla plancia 2D del SIMULATORE;
- le **fotografie** scattate durante le giornate di lavoro;
- le storie temporali di tutte le **grandezze** registrate durante ciascuna simulazione.