

**Report n. 14408**

---

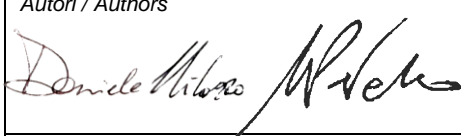
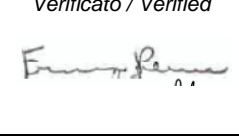

**Rev. 00**

## **Simulazioni di manovra per il Porto di Ancona**

*Autori / Authors:* Daniele MILAZZO, Massimo PEVERERO

*Data emissione / Issue date:* 20/12/2021

Pagina intenzionalmente bianca / *This page intentionally left blank*

Report n. <b>14408</b>	Rev. <b>00</b>	Data emissione / Issue date <b>20/12/2021</b>
Titolo / Title <b>Simulazioni di manovra per il Porto di Ancona</b>		
Autori / Authors <b>Daniele MILAZZO, Massimo PEVERERO</b>		
Sommario / Abstract <p>Il presente rapporto tecnico illustra i risultati delle simulazioni di manovra Real Time svolte da parte di CETENA S.p.A per conto dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centrale. Lo studio è stato svolto con lo scopo di verificare la fattibilità alla manovra, da parte di una grande nave da crociera della lunghezza massima di 350 m, sia in arrivo che in partenza presso la nuova banchina ricavata sul fronte esterno del Molo Clementino nel Porto di Ancona, attualmente allo stato di progetto di fattibilità tecnico-economica. È stata presa in considerazione una nave cruise di ultima generazione, propulsa tramite sistema ad azipod (considerati in numero di 2), simulando la manovra sia di ingresso che di uscita presso la nuova banchina in progetto, con la contemporanea presenza di agenti meteomarini e di un ingombro presente all'ormeggio presso la banchina di allestimento di Fincantieri situata in prossimità dello specchio acqueo impiegato per la manovra. L'unità simulata ha dimensioni massime pari a 350m di lunghezza, 47m di larghezza ed immersione pari a 9m. L'unità cruise simulata è dotata inoltre di 4 bow thruster (eliche di manovra trasversali), della potenza di 5500 kW ciascuno. Per quanto riguarda gli scenari di vento, mare e corrente, è stato fatto riferimento allo studio di agitazione ondosa eseguito da Acquatecno S.r.l., ovvero: vento proveniente dal I e II quadrante (NW, N, NE), di intensità fino a 25 kn; moto ondoso associato avente altezza d'onda significativa Hs variabile (compreso tra 1 m e 3 m) e periodo variabile (compreso tra 5 s e 7.7 s); corrente esterna al porto verso 225°N e 150°N avente velocità rispettivamente di 1.5 kn e 1.8 kn. Le caratteristiche di dettaglio del layout portuale, della nave simulata e delle condizioni meteomarine utilizzate negli scenari del simulatore, nonché le conclusioni relative alle simulazioni effettuate, sono contenuti all'interno del presente documento.</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  AdSP Mar Adriatico Centrale  <b>COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DEPOSITATO PRESSO L'ADSP MAC. IL RUP:</b>	
Pagine / Sheets 55	Commessa / Job 69160721156	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

<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

## INDICE

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>8</b>
<b>1 SCOPO DEL LAVORO .....</b>	<b>9</b>
1.1 Definizione degli obiettivi .....	10
<b>2 DESCRIZIONE DEL SIMULATORE DI MANOVRA MANTA .....</b>	<b>11</b>
<b>3 Configurazione portuale e condizioni generali delle simulazioni di manovra ....</b>	<b>15</b>
3.1 Descrizione del layout portuale.....	15
3.2 Definizione dell'area schematizzata per le simulazioni di manovra.....	17
<b>4 DATI GEOMETRICI DI INPUT DELLE SIMULAZIONI .....</b>	<b>19</b>
4.1 Caratteristiche principali della Nave Cruise (LOA = 350 m) .....	20
4.2 Caratteristiche principali dei rimorchiatori.....	21
<b>5 CONDIZIONI METEOMARINE.....</b>	<b>23</b>
<b>6 CONDIZIONI DI SIMULAZIONE E LORO ESECUZIONE .....</b>	<b>26</b>
6.1 Totale delle manovre eseguite al simulatore.....	27
6.2 Cruise ship LOA da 350 m .....	28
6.3 Elenco e risultati delle manovre eseguite al simulatore .....	29
6.4 Presentazione dei file dei risultati delle simulazioni.....	32
<b>7 CONCLUSIONI .....</b>	<b>33</b>
7.1 Riassunto dei risultati ottenuti .....	34
7.2 Riassunto delle manovre eseguite .....	35
7.3 Riassunto del lavoro - Rimorchiatori .....	38
7.4 In sintesi.....	39
<b>8 RIFERIMENTI.....</b>	<b>40</b>
<b>APPENDICI .....</b>	<b>41</b>
<b>APPENDICE A .....</b>	<b>42</b>
<b>APPENDICE B .....</b>	<b>52</b>
<b>FOTO DELLE SIMULAZIONI.....</b>	<b>52</b>
<b>ALLEGATI.....</b>	<b>54</b>

### Indice delle Tabelle

Tab. 4-1 Caratteristiche principali della nave cruise.....	20
Tab. 5-1 Condizioni meteomarine considerate per le simulazioni. ....	23
Tab. 6-1 Sintesi delle manovre effettuate con la nave Cruise LOA = 350 m. ....	31

## Indice delle Figure

Fig. 2-1 Principali blocchi del modello matematico del simulatore .....	11
Fig. 2-2 Simulatore di manovra – Allestimento attuale del laboratorio di simulazione .....	12
Fig. 2-3 Simulatore di manovra – Postazione con visore HMD 3D dedicato alla visuale dalle alette .....	13
Fig. 2-4 Simulatore di manovra.....	14
Fig. 2-5 Simulatore di manovra – Scenario 3D del Porto di Ancona.....	14
Fig. 3-1 Vista attuale del Porto di Ancona. La freccia indica il lato del molo Clementino dove realizzare la nuova banchina per grandi navi da crociera. ....	15
Fig. 3-2 Layout di progetto del Porto di Ancona [Rif. 1].....	16
Fig. 3-3 - Rappresentazione delle batimetriche rilevate fornite dal Cliente e utilizzate durante le simulazioni. [Rif. 2] .....	17
Fig. 3-4 Porto di Ancona – Layout 2D di progetto rappresentato nel simulatore MANTA, con andamento dei fondali e ingombro presente nell'area di manovra [Rif. 1 e Rif. 2].....	18
Fig. 4-1 Simulatore MANTA – Durante le prove i rimorchiatori sono stati comandati tramite un touch screen dedicato.....	21
Fig. 4-2 Simulatore MANTA - Visualizzazione in tempo reale dei rimorchiatori impiegati durante il test. ....	22
Fig. 5-1 – Valori di Hs per la condizione Hs = 2.0 m e Tp = 6.3 s proveniente da 330°N. [Rif. 4] ..	24
Fig. 5-2 – Valori di Hs per la condizione Hs = 2.0 m e Tp = 6.7 s proveniente da 0°N. [Rif. 4] .....	24
Fig. 5-3 – Valori di Hs per la condizione Hs = 3.0 m e Tp = 7.7 s proveniente da 30°N. [Rif. 4] ....	25
Fig. 6-1 Gruppo di lavoro al simulatore 16 Novembre 2021 .....	26
Fig. 6-2 Numero manovre eseguite con la Cruise 350. ....	27
Fig. 6-3 Manovre effettuate con la Cruise 350 m. ....	28
Fig. 6-4 Esito delle manovre effettuate con la Cruise da 350 m suddivise tra ingressi e uscite. ....	28
Fig. 7-1 - Venti ed intensità considerati durante le manovre .....	35
Fig. 7-2 - Numero di manovre associate a direzione e intensità di vento .....	36
Fig. 7-3 – Manovre Cruise ship 350 m.....	37
Fig. 7-4 – Confronto delle condizioni meteo con la taglia dei rimorchiatori impiegati – Cruise ship 350 m. ....	38

## Indice delle Figure – Appendice A

Fig. A - 1 – Manovra M010 – Cruise 350 - Ingresso - <b>MANOVRA RIUSCITA</b> Maestrale 20 nodi..	43
Fig. A - 2 – Manovra M020 – Cruise 350 - Uscita - <b>MANOVRA RIUSCITA</b> Maestrale 20 nodi. ....	43
Fig. A - 3 – Manovra M030 – Cruise 350 - Ingresso - <b>MANOVRA RIUSCITA</b> Maestrale 25 nodi..	44
Fig. A - 4– Manovra M040 – Cruise 350 - Uscita - <b>MANOVRA RIUSCITA</b> Maestrale 25 nodi. ....	44
Fig. A - 5– Manovra M050 – Cruise 350 - Ingresso - <b>MANOVRA RIUSCITA</b> Tramontana 18 nodi. .....	45
Fig. A - 6 – Manovra M051 – Cruise 350 - Ingresso - <b>MANOVRA RIUSCITA</b> Tramontana 18 nodi. .....	45
Fig. A - 7 – Manovra M060 – Cruise 350 - Uscita - <b>MANOVRA RIUSCITA</b> Tramontana 18 nodi..	46
Fig. A - 8– Manovra M070 – Cruise 350 - Ingresso Tramontana 25 nodi. ....	46
Fig. A - 9 – Manovra M071 – Cruise 350 - Ingresso Tramontana 25 nodi. ....	47
Fig. A - 10 – Manovra M072 – Cruise 350 - Ingresso - <b>MANOVRA RIUSCITA AL LIMITE</b> Tramontana 25 nodi. ....	47
Fig. A - 11 – Manovra M073 – Cruise 350 - Ingresso - <b>MANOVRA RIUSCITA</b> Tramontana 25 nodi. .....	48
Fig. A - 12 – Manovra M074 – Cruise 350 - Ingresso - <b>MANOVRA RIUSCITA</b> Tramontana 25 nodi. .....	48
Fig. A - 13 – Manovra M080 – Cruise 350 - Uscita - <b>MANOVRA RIUSCITA</b> Tramontana 25 nodi. .....	49
Fig. A - 14 – Manovra M090 – Cruise 350 - Ingresso - <b>MANOVRA RIUSCITA</b> Grecale 20 nodi..	49
Fig. A - 15 – Manovra M100 – Cruise 350 - Uscita - <b>MANOVRA RIUSCITA</b> Grecale 20 nodi.....	50
Fig. A - 16 – Manovra M110 – Cruise 350 - Ingresso - <b>MANOVRA RIUSCITA AL LIMITE</b> Grecale 25 nodi. ....	50
Fig. A - 17 – Manovra M120 – Cruise 350 - Uscita - <b>MANOVRA RIUSCITA</b> Grecale 25 nodi.....	51

## Indice delle Figure – Appendice B

Fig. B - 1 – Sessione di simulazioni del 16 Novembre 2021. ....	53
Fig. B - 2 – Sessione di simulazioni del 16 Novembre 2021. ....	53

## INTRODUZIONE

Il presente rapporto è finalizzato alla presentazione dei risultati delle simulazioni di manovra Real Time svolte nel Porto di Ancona, per conto dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Centrale. Le simulazioni hanno avuto come ambito d'indagine il banchinamento del fronte esterno del Molo Clementino nel Porto di Ancona, attualmente allo stato di progetto di fattibilità tecnico-economica. In particolare, è stata verificata la fattibilità delle manovre di ingresso ed uscita, al variare delle condizioni meteo marine tipiche del paraggio, da parte di una unità navale da crociera, le cui caratteristiche sono descritte nel corso di questo documento.

Le presenti manovre sono integrative a quelle già effettuate presso questo stesso simulatore nello scorso 21 luglio 2017, di cui al Report n.12871 del 18.09.2017, e pertanto vengono eseguite prendendo a riferimento il medesimo layout portuale nonché la stessa unità da crociera.

I test al simulatore di manovra in tempo reale sono stati svolti nel corso di una giornata (**16 Novembre 2021**), avvalendosi del pilotaggio di Piloti professionisti. In particolare, le manovre sono state eseguite dall'ex-Capo dei Piloti del Porto di Genova (Com. G. Lettich), esperto esecutore messo a disposizione da CETENA, coadiuvato (da remoto) dal Capo dei Piloti del Porto di Ancona (Com. A. Selva) e da personale CETENA.

Durante la giornata di lavoro al simulatore sono intervenuti gli operatori interessati allo svolgimento dello studio, appartenenti ai seguenti Enti: Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Centrale (da remoto), Capitaneria di Porto di Ancona (da remoto), Corpo Piloti (da remoto). Si riporta qui di seguito la lista dei presenti:

Partecipanti	Ente / Società di appartenenza	Note
Com. A. <b>Selva</b>	Corporazione Piloti Porto di Ancona	Supervisione da remoto alle prove
Com. G. <b>Lettich</b>	Ex Capo del Corpo Piloti di Genova	Esperto messo a disposizione da CETENA
C.F. (C.P.) L. <b>Provenzano</b>	Capitaneria di Porto di Ancona	Supervisione da remoto alle prove
Ing. M.L. <b>Vecchiotti</b>	Direzione Tecnica Autorità di Sistema Portuale Mare Adriatico Centrale	Supervisione da remoto alle prove (Cliente)
Ing. M. <b>Pevero</b>	CETENA S.p.A.	Preparazione del modello delle unità navali, degli scenari e setup del simulatore. Post-processing dei risultati. Redazione del rapporto tecnico finale
Ing. D. <b>Milazzo</b>		Redazione del rapporto tecnico finale, supporto all'assistenza dei rimorchiatori, 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 dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centrale (Cliente).

Lo studio è stato svolto con lo scopo di verificare la fattibilità alla manovra, da parte di una nave da crociera della lunghezza massima di 350m, sia in arrivo che in partenza presso una nuova banchina, attualmente allo stato di progetto di fattibilità tecnico-economica, da ricavarsi sul fronte esterno del Molo Clementino nel Porto di Ancona,

Relativamente al presente studio è stata presa in considerazione una nave cruise di ultima generazione, propulsa tramite 2 azipod, simulando la manovra sia di ingresso che di uscita presso la nuova banchina in progetto, con la contemporanea presenza di agenti meteomarini e di un ingombro presente all'ormeggio presso la banchina di allestimento di Fincantieri. L'unità simulata ha dimensioni massime pari a 350m di lunghezza, 47m di larghezza e immersione pari a 9m. La nave simulata è inoltre dotata di 4 bow thruster (eliche di manovra trasversali), della potenza di 5500 kW ciascuno.

Per quanto riguarda gli scenari meteo, come indicato all'interno del parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici [Rif. 3], è stato fatto riferimento allo studio di agitazione ondosa eseguito da Acquatecno S.r.l., ovvero: vento proveniente dal I e II quadrante (NW, N, NE), di intensità variabile tra 18 e 25 kn; moto ondoso associato avente altezza d'onda significativa  $H_s$  variabile tra 1 m e 3 m e periodo variabile da 5 s a 7.7 s; corrente esterna al porto verso  $150^\circ N$  e  $225^\circ N$ , avente velocità rispettivamente di 1.8 kn e 1.5 kn.

Le caratteristiche di dettaglio del layout portuale, della nave simulata 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 grande nave da crociera in relazione al nuovo accosto in progetto sul fronte esterno del Molo Clementino del Porto di Ancona, studiando sia l'evoluzione nel bacino che le fasi finali di accosto delle manovre di arrivo, così come il distacco della nave in partenza dalla banchina suddetta e la successiva navigazione verso le acque libere. Le simulazioni sono state effettuate anche in presenza di un ingombro nell'area di manovra e considerando venti severi per intensità e frequenza, relativamente al paraggio di Ancona.

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

- la verifica dell'*adeguatezza dello specchio acqueo* a disposizione di grandi navi cruise al fine di poter compiere le manovre di accosto/partenza in sicurezza, in funzione delle condizioni meteomarine, dei possibili ingombri presenti nell'area di manovra (nave ormeggiata lato FINCANTIERI) e del progetto relativo alla nuova banchina;
- la verifica del *numero e della taglia dei rimorchiatori* che si rendono necessari per eseguire la manovra in sicurezza da parte della nave;
- la verifica e lo studio della strategia di manovra ottimale per le unità in arrivo e partenza dal nuovo accosto.

## 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 dentro di sé, 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 lo studio di manovrabilità per il Porto di Ancona.



*Fig. 2-4 Simulatore di manovra*



*Fig. 2-5 Simulatore di manovra – Scenario 3D del Porto di Ancona*

## 3 Configurazione portuale e condizioni generali delle simulazioni di manovra

### 3.1 Descrizione del layout portuale

Il porto di Ancona è un grande porto commerciale protetto da due grandi opere foranee: la diga di sottoflutto, posizionata in direzione SW, ed il molo di sopraflutto. Un terzo molo interno, denominato Molo Nord, protegge il porto storico dove si trovano gli accosti di traghetti e navi da crociera.

Una vista dall'alto del Porto attuale è riportata in Fig. 3-1. L'area interessata dal progetto della nuova banchina è indicata dalla freccia.



*Fig. 3-1 Vista attuale del Porto di Ancona. La freccia indica il lato del molo Clementino dove realizzare la nuova banchina per grandi navi da crociera.*

Il layout portuale di progetto preso in considerazione per le simulazioni è rappresentato in Fig. 3-2 [Rif. 1]. La nuova banchina (colorata in arancione) ricavata sul fronte esterno del Molo Clementino, è lunga 350 m e dotata di un dente di accosto della larghezza di 60 m.

La larghezza minima della darsena, condivisa con l'accosto per le navi in allestimento di Fincantieri S.p.A., è di 142.40 m.

Il cerchio di evoluzione (tratteggiato in Fig. 3-2) è largo 650 m. La parte terminale del Molo Nord da demolire (colorato in violetto) è stata conservativamente considerata ancora presente, su indicazione del Cliente, mentre il nuovo tratto di diga di sottoflutto (da realizzare a protezione dell'insabbiamento dell'imboccatura, colorato anch'esso in violetto) è stato già considerato come presente. In questo modo la larghezza dell'imboccatura è già quella ridotta rispetto al layout attuale, e pari a circa 376 m.

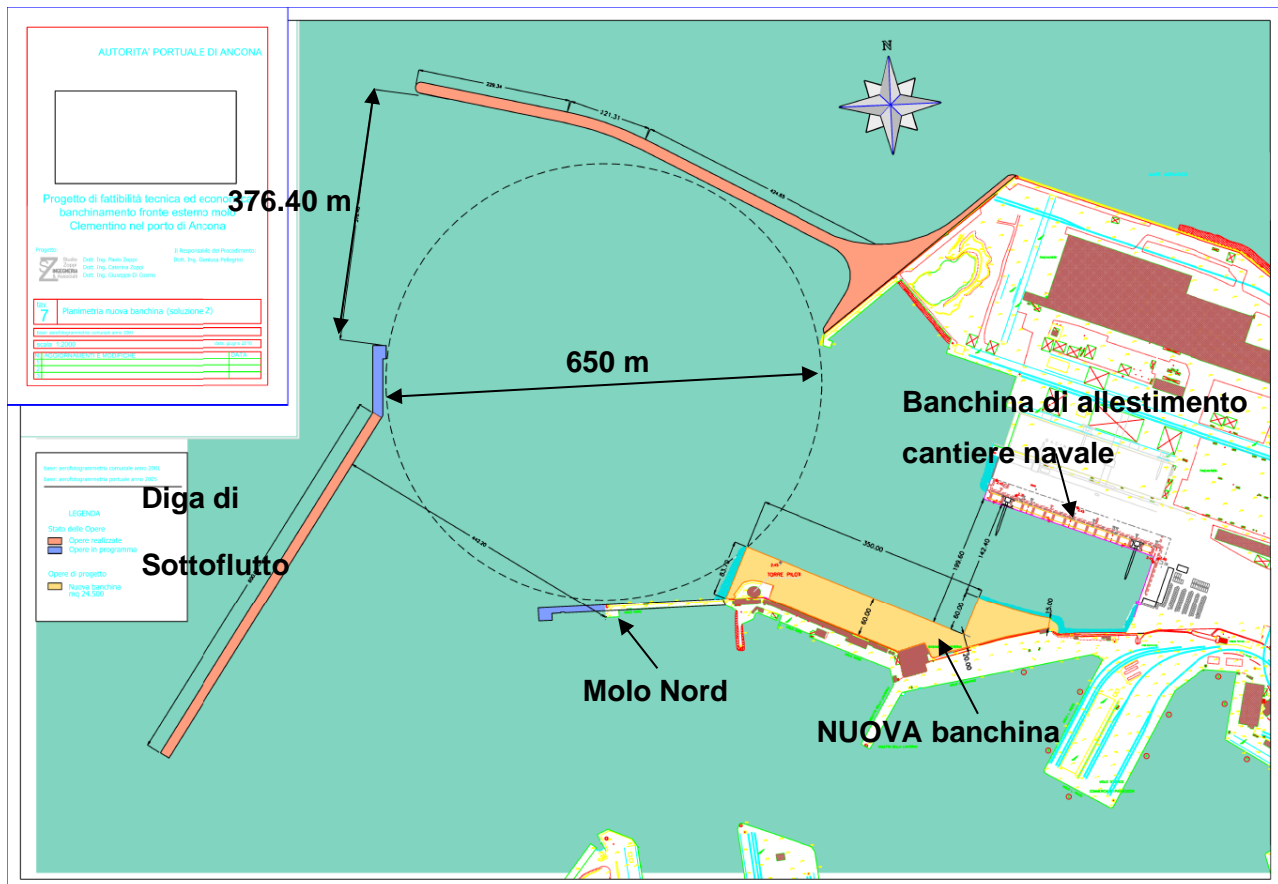


Fig. 3-2 Layout di progetto del Porto di Ancona [Rif. 1]



La *batimetria* del Porto [Rif. 2] è stata importata utilizzando i dati forniti dal Cliente relativi al rilevamento disponibile al momento delle simulazioni.

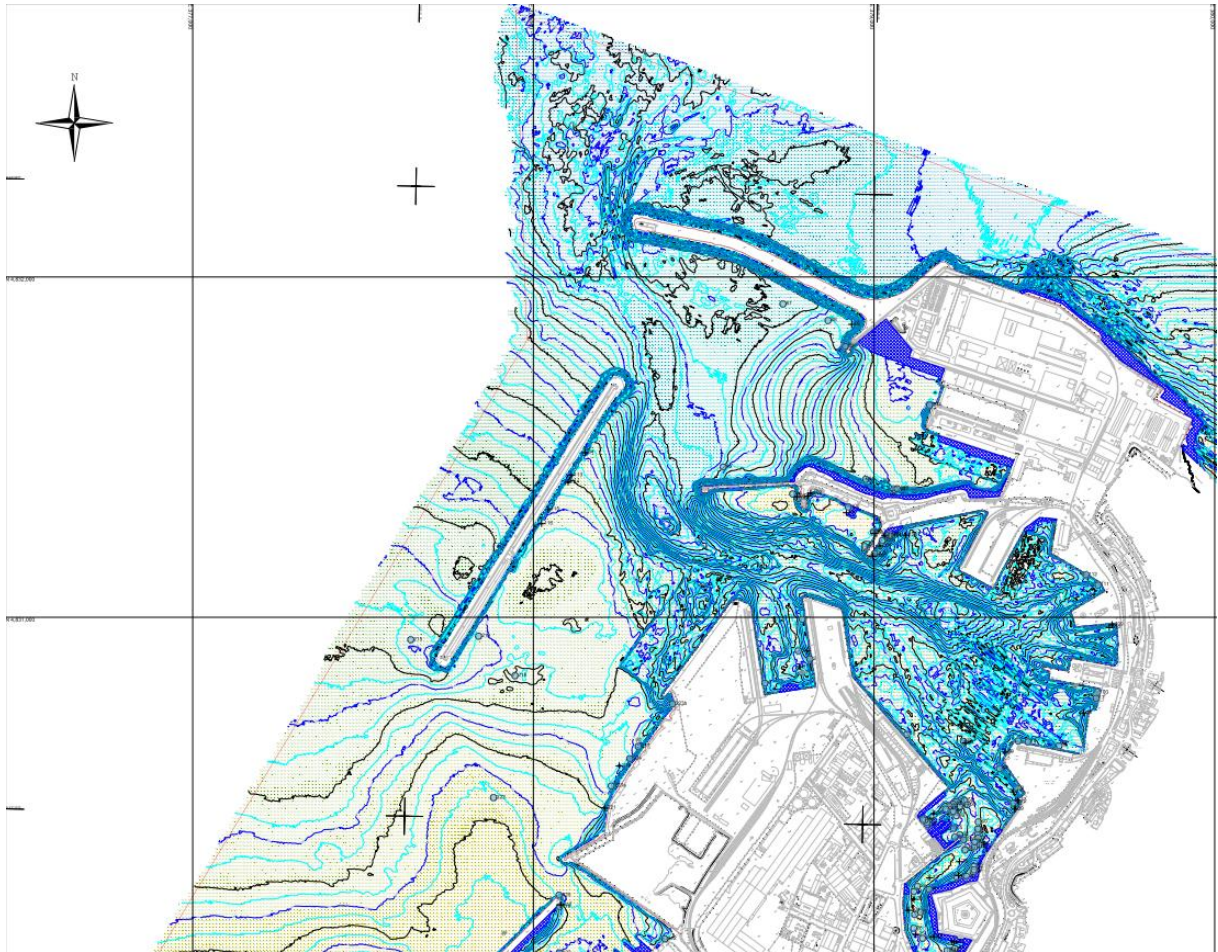


Fig. 3-3 - Rappresentazione delle batimetriche rilevate fornite dal Cliente e utilizzate durante le simulazioni. [Rif. 2]

### 3.2 Definizione dell'area schematizzata per le simulazioni di manovra

Il *layout portuale* riportato nel simulatore MANTA, e visualizzato nel display 2D della plancia, si presenta come nella Fig. 3-4.

La mappa del porto 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. 3-4 sono riportati inoltre il contorno del cerchio di evoluzione (avente 650m di diametro) e la nave in ingombro all'ormeggio presso la banchina di allestimento del cantiere navale prospiciente la nuova banchina in studio (silhouette in verde). Le dimensioni massime della nave considerata come ingombro sono LOA x B = 230 m x 35 m.

Come verrà illustrato più avanti nel corso di questo paragrafo, 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. 3-4 Porto di Ancona – Layout 2D di progetto rappresentato nel simulatore MANTA, con andamento dei fondali e ingombro presente nell'area di manovra [Rif. 1 e Rif. 2]*

Per quanto riguarda *la posizione iniziale delle navi in ingresso al Porto* durante i test, essa è stata generalmente posta, in accordo al Com. Selva, a circa 1 miglio di distanza a N dell'imboccatura (Pilota già imbarcato), con prua orientata per circa  $225^{\circ}N$  e velocità iniziale attorno ai 7 kn.

La posizione iniziale della nave, per le simulazioni in *uscita* dal Porto, è parallela alla banchina di accosto, con prua rivolta verso l'esterno.

## 4 DATI GEOMETRICI DI INPUT DELLE SIMULAZIONI

Nel seguito vengono illustrate le caratteristiche principali dell'unità navale presa in considerazione per il presente studio di manovrabilità, nello specifico una nave da crociera di grandi dimensioni (LOA = 350 m, B = 47 m, T = 9 m) dotata di azipod.

Le *caratteristiche manovriere della 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 e Comandante.

Il *modello manovriero della nave cruise*, una unità di grandi dimensioni dotata di due azipod e di 4 potenti bow thruster di manovra, è stato definito inizialmente accedendo al database delle prove a mare realizzate da CETENA su unità della stessa tipologia.

Per quanto riguarda l'utilizzo di *rimorchiatori*, è stata valutata la fattibilità delle manovre al simulatore sia con le sole dotazioni della nave, sia con l'ausilio di rimorchiatori. La tecnica di manovra in caso di ausilio da parte dei rimorchiatori è stata impostata secondo le indicazioni del Pilota, date le caratteristiche della nave da simulare e al variare delle condizioni meteomarine di volta in volta prese in considerazione.

## 4.1 Caratteristiche principali della Nave Cruise (LOA = 350 m)

Le caratteristiche principali della nave cruise sono state riassunte in Tab. 4-1.

La nave è dotata di 2 azipod che sviluppano 40 MW complessivi ed ha una velocità massima di 23 nodi. È munita inoltre di 4 bow thruster da 5500 kW ciascuno.



Caratteristiche della NAVE CRUISE		
<b>Dati principali</b>		
Velocità massima	<b>23</b>	knots
LFT	<b>350</b>	m
LPP	<b>330</b>	m
B	<b>47</b>	m
D	<b>9</b>	m
Dislocamento	<b>100000</b>	t
Area frontale esposta	<b>2300</b>	m <sup>2</sup>
Area longitudinale esposta	<b>17200</b>	m <sup>2</sup>
<b>Dati AZIPOD</b>		
N° POD	<b>2</b>	
N° pale elica	<b>5</b>	
Diametro	<b>6.6</b>	m
Potenza POD	<b>2 x 20</b>	MW
<b>Eliche di manovra</b>		
Bow thrusters	<b>4 x 5500</b>	KW

Tab. 4-1 Caratteristiche principali della nave cruise.

## 4.2 Caratteristiche principali dei rimorchiatori

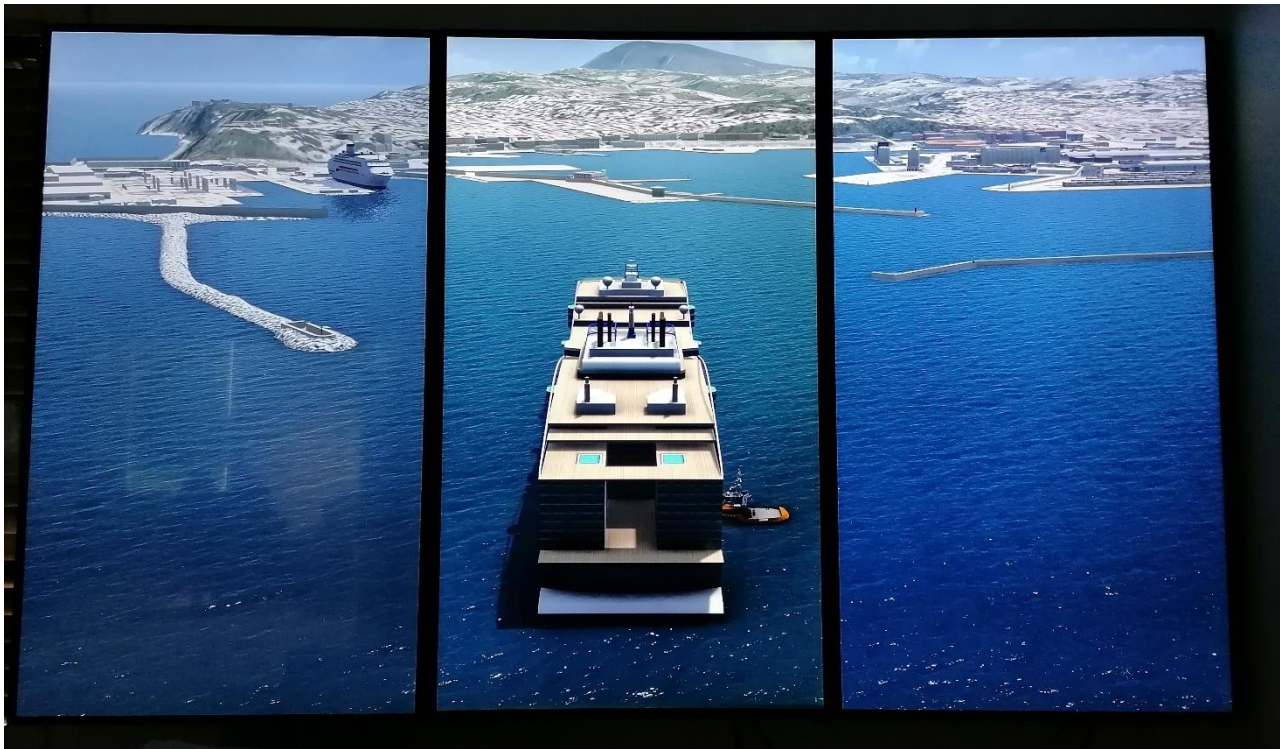
In generale, per l'esecuzione dello studio, è stato scelto di adoperare il numero e la potenza dei rimorchiatori (e di conseguenza il loro posizionamento) che, a giudizio dei Piloti presenti alle prove, fosse di volta in volta necessario al fine di poter manovrare in sicurezza all'interno del Porto, nelle diverse condizioni meteomarine (cfr. **Capitolo 0**) considerate.

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

Le condizioni d'onda prese in considerazione, come indicato all'interno del parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici [Rif. 3], si riferiscono allo studio prodotto da Acquatecno, mentre per quanto riguarda l'intensità di vento e corrente, è stato fatto riferimento alle indicazioni ottenute dal Corpo Piloti di Ancona.

Con riferimento agli obiettivi di questo studio di manovrabilità (cfr. **Capitolo 1**) per le simulazioni sono state scelte le condizioni meteomarine più severe per il paraggio di Ancona, ovvero quelle di Grecale (NE), Tramontana (N) e Maestrale (NW).

In Fig. 5-1, Fig. 5-2 e Fig. 5-3 sono riportate le mappe di agitazione ondosa presenti nel documento prodotto da Acquatecno.

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

CONDIZIONI METEOMARINE					
Simulazioni di Manovrabilità - Porto di Ancona					
DIR. / INTENSITA' VENTO	CARATTERISTICHE MARE ASSOCIATO			CARATTERISTICHE CORRENTE ASSOCIATA	
	Hs [m]	Tp [s]	Dir. [°N]	Int. [kn]	Dir. Verso [°N]
NE (30°N) – Grecale, 20 kn	1.5	6.0	30°	1.5	225°
NE (30°N) – Grecale, 25 kn	3.0	7.7	30°	1.5	225°
N (0°N) – Tramontana, 18 kn	1.0	5.2	0°	1.5	225°
N (0°N) – Tramontana, 25 kn	2.0	6.7	0°	1.5	225°
NW (330°N) – Maestrale, 20 kn	1.0	5.0	330°	1.8	150°
NW (330°N) – Maestrale, 25 kn	2.0	6.3	330°	1.8	150°

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

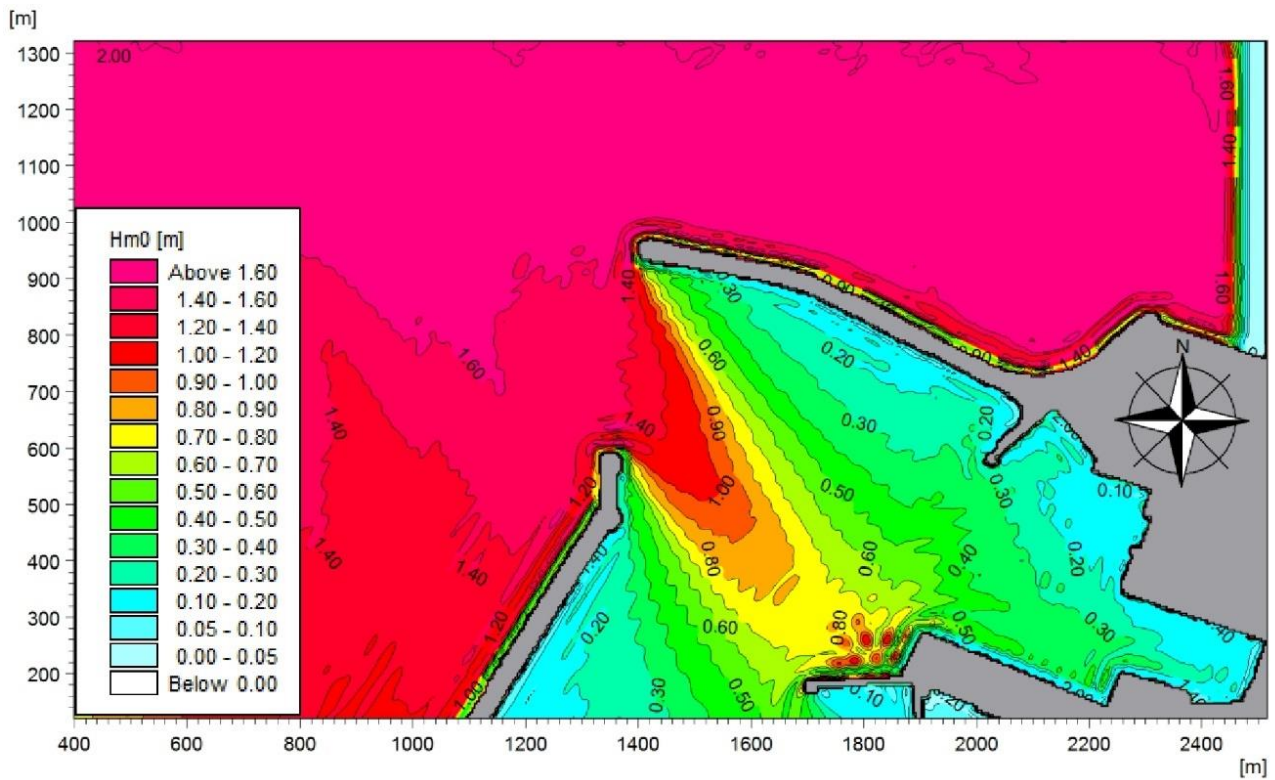


Fig. 5-1 – Valori di  $H_s$  per la condizione  $H_s = 2.0$  m e  $T_p = 6.3$  s proveniente da 330°N. [Rif. 4]

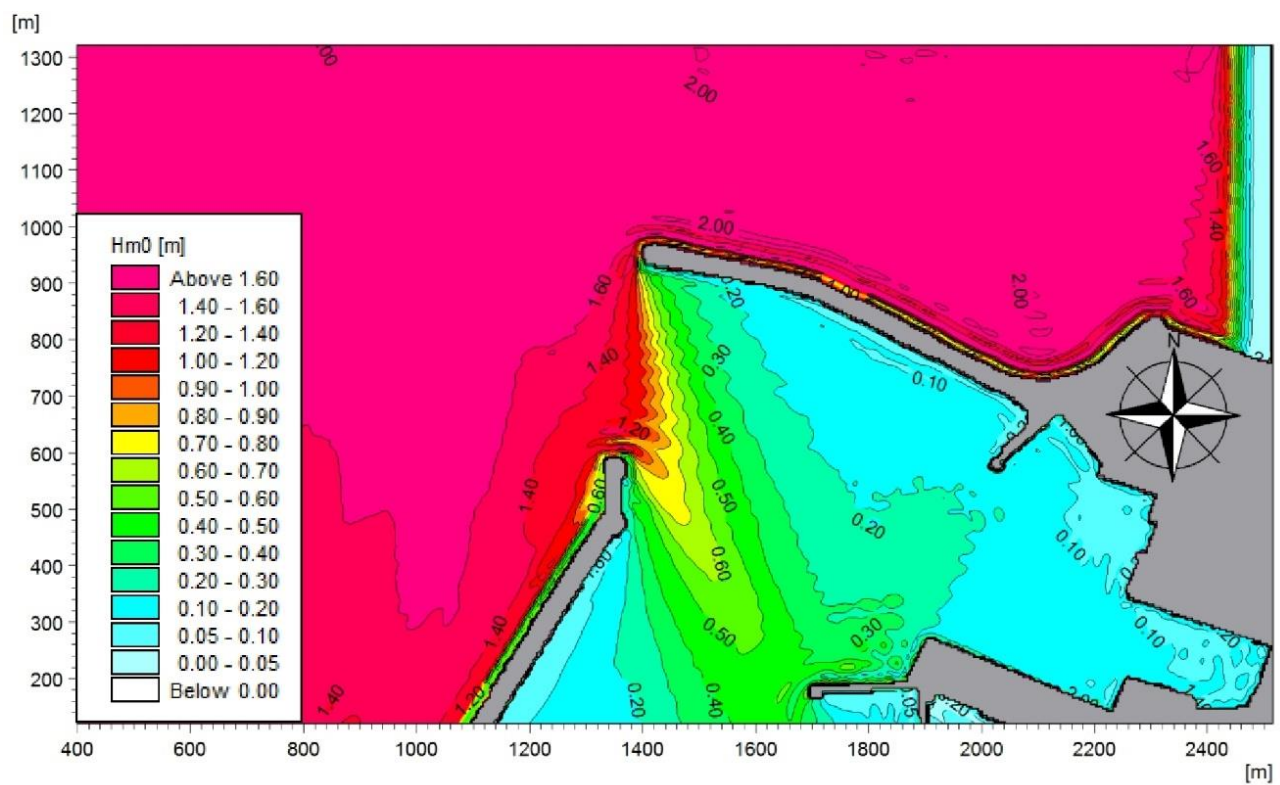


Fig. 5-2 – Valori di  $H_s$  per la condizione  $H_s = 2.0$  m e  $T_p = 6.7$  s proveniente da 0°N. [Rif. 4]



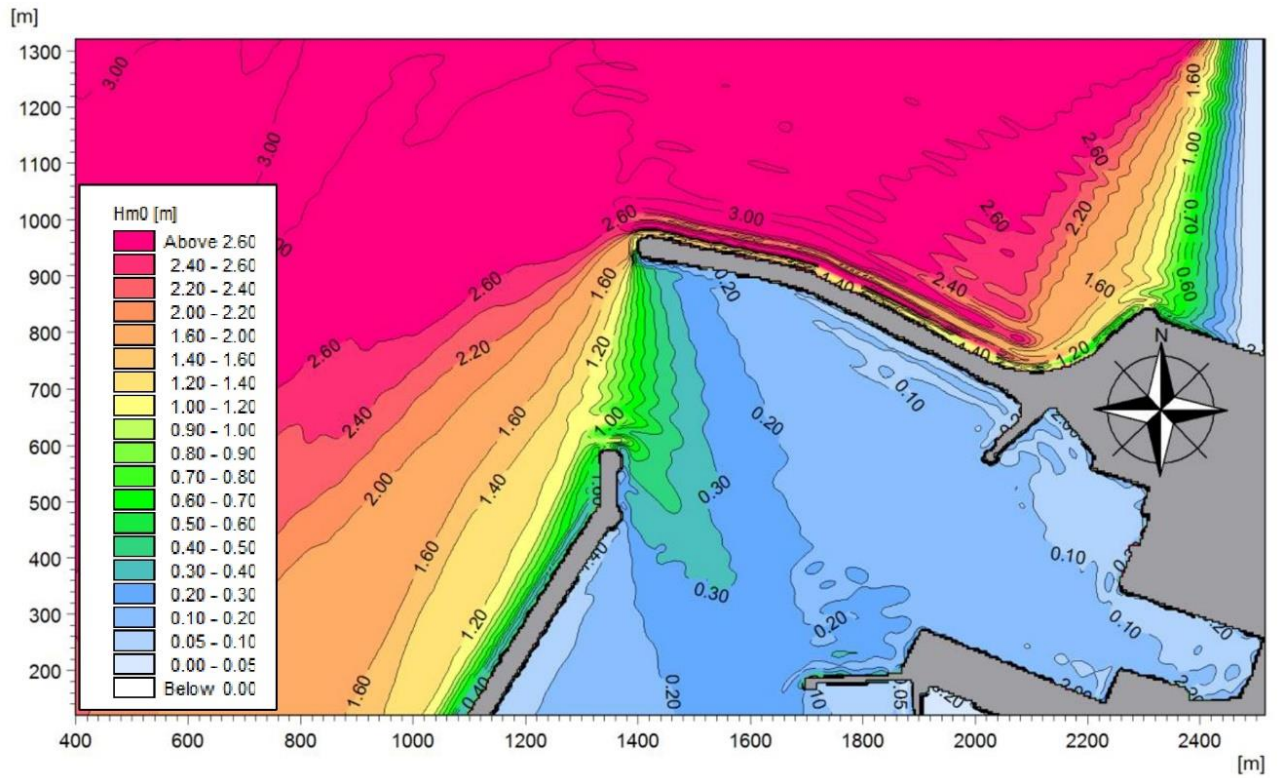


Fig. 5-3 – Valori di  $H_s$  per la condizione  $H_s = 3.0$  m e  $T_p = 7.7$  s proveniente da  $30^\circ$ N. [Rif. 4]

## 6 CONDIZIONI 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 nella giornata del **16 Novembre 2021**.



*Fig. 6-1 Gruppo di lavoro al simulatore 16 Novembre 2021*

I principali aspetti e le criticità emerse durante le simulazioni eseguite, sono state discusse fra tutti i presenti già 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 Totale delle manovre eseguite al simulatore

In totale sono state eseguite n. 17 manovre. In Fig. 6-2 è riportata una schematizzazione del numero di manovre eseguite al simulatore con la nave Cruise 350:

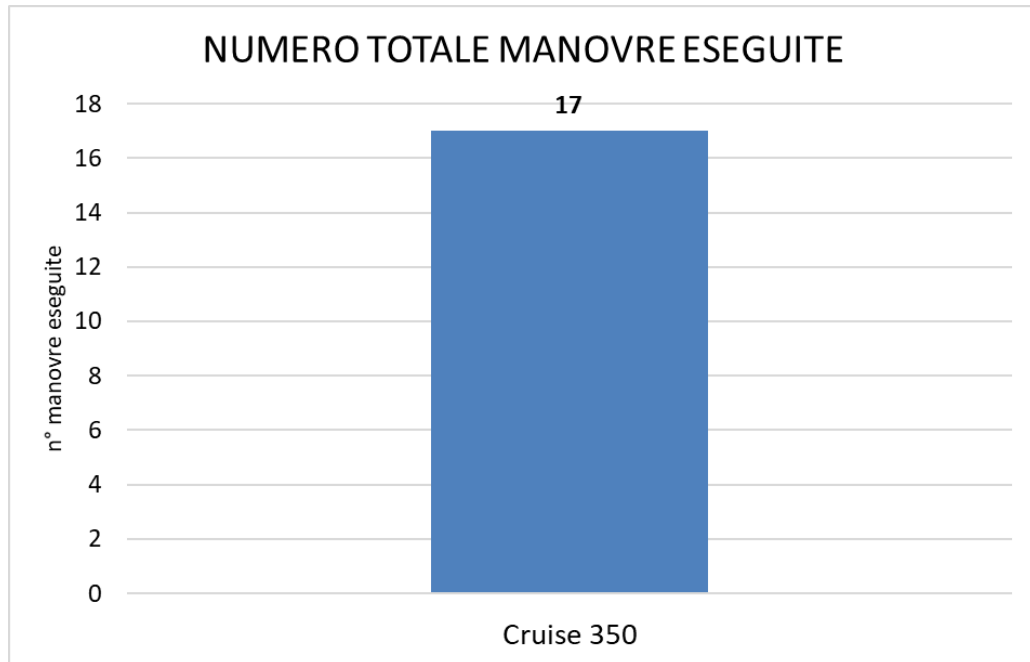


Fig. 6-2 Numero manovre eseguite con la Cruise 350.

## 6.2 Cruise ship LOA da 350 m

Di seguito sono riassunte le manovre effettuate con la nave Cruise avente LOA da 350 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.

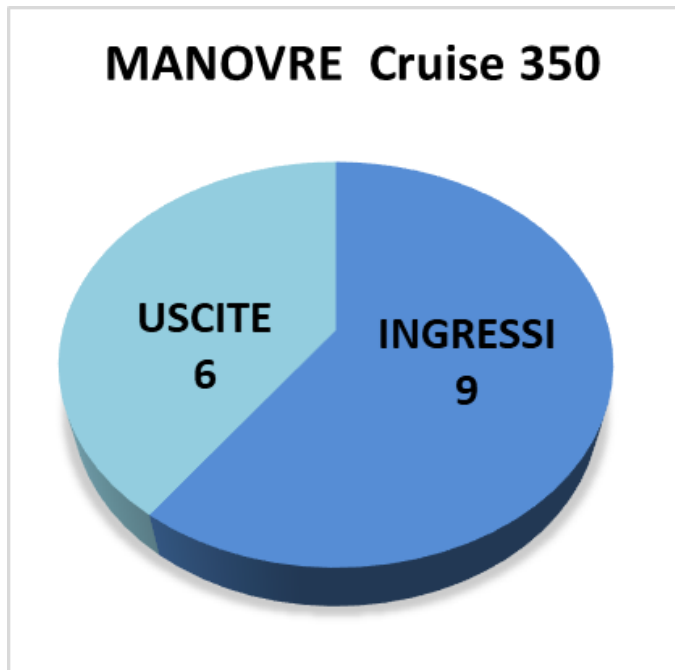


Fig. 6-3 Manovre effettuate con la Cruise 350 m.

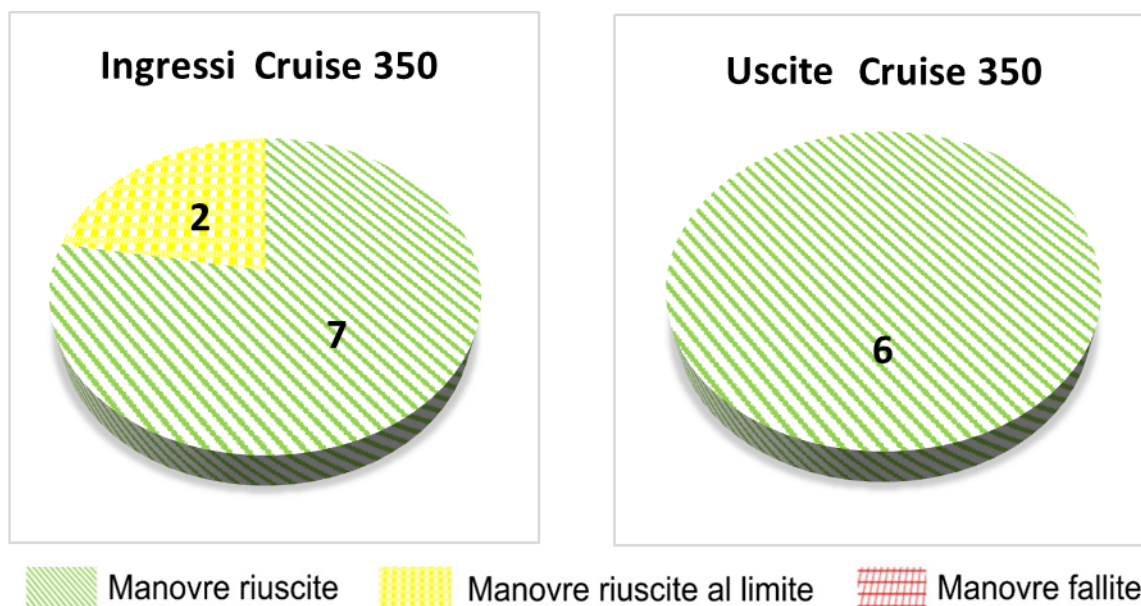


Fig. 6-4 Esito delle manovre effettuate con la Cruise da 350 m suddivise tra ingressi e uscite.

### 6.3 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. In particolare, le manovre di ingresso della *nave cruise* si sono svolte generalmente effettuando l'evoluzione senza l'ausilio dei rimorchiatori, ormeggiando sinistra in banchina. 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 ingresso si sono concluse nei pressi dell'accosto, con nave pronta per essere assicurata agli ormeggi, e analogamente tutte le manovre di *uscita* sono iniziate da questa posizione e sono terminate con la nave al di fuori dell'imboccatura.

Per quanto riguarda l'esito sulla fattibilità delle manovre eseguite al simulatore, le manovre di ingresso 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 dal Porto.

Di seguito, in Tab. 6-1, vengono presentati: il codice identificazione di ciascuna manovra e la sua durata, l'unità nave impiegata, il dettaglio delle condizioni meteomarine, il tipo di manovra (I= ingresso, U=uscita), il numero e le caratteristiche dei rimorchiatori eventualmente utilizzati, nonché 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 test, alle quali non è stato assegnato un esito.

SIMULAZIONI DI MANOVRA PORTO DI ANCONA - Simulazioni 16/11/2021												
ID MANOVRA DURATA	NAVE	CONDIZIONI METEOMARINE							TIPO (I/U)	INGOMBRO	TUGS e POTENZA	ESITO AL SIMULATORE
		VENTO		MARE			CORRENTE					
		Dir.	Vel.	Dir.	Alt.	Per.	Dir. verso	Vel.				
		[°N]	[kn]	[°N]	[m]	[s]	[°N]	[kn]				
M010 [23 min]	Cruise 350	330	20	330	1	5	150	1.8	I	Cruise 230 in Banchina Allestimento	-	<b>Manovra riuscita</b> La nave transita a 6.7 kn all'imboccatura. Appena viene superata l'imboccatura, viene eseguito l'arresto e l'evoluzione a dritta. I thruster non vengono mai impiegati in maniera eccessivamente vigorosa. La nave arriva in banchina con i propri mezzi senza criticità.
M020 [7 min]	Cruise 350	330	20	330	1	5	150	1.8	U	Cruise 230 in Banchina Allestimento	-	<b>Manovra riuscita</b> La nave si scosta da banchina grazie all'uso combinato di thruster e azipod, imposta marcia avanti ed esce dal porto. Il transito all'imboccatura avviene a 7 kn.

M030 [21 min]	Cruise 350	330	25	330	2	6.3	150	1.8	I	Cruise 230 in Banchina Allestimento	-	<b>Manovra riuscita</b> Viene eseguito un cerchio più ampio come approccio all'imboccatura, in modo tale da contrastare in maniera più efficace vento e corrente. Il vento al traverso genera una forza pari a 140t. La nave transita all'imboccatura a 7.5kn. L'evoluzione viene eseguita a dritta. La nave arriva in banchina in sicurezza.
M040 [7 min]	Cruise 350	330	25	330	2	6.3	150	1.8	U	Cruise 230 in Banchina Allestimento	-	<b>Manovra riuscita</b> La nave si scosta da banchina grazie all'uso combinato di thruster e azipod, imposta marcia avanti ed esce dal porto. Il transito all'imboccatura avviene a 7.5 kn.
M050 [25 min]	Cruise 350	0	18	0	1	5.2	225	1.5	I	Cruise 230 in Banchina Allestimento	-	<b>Manovra riuscita</b> La nave transita a 8kn all'imboccatura. Appena viene superata l'imboccatura, l'effetto della corrente sulla poppa della nave risulta importante. L'arresto avviene un po' in ritardo, la nave si arresta nel canale. Si riesce a risalire il vento concludendo l'evoluzione e completando la manovra in banchina.
M051 [24 min]	Cruise 350	0	18	0	1	5.2	225	1.5	I	Cruise 230 in Banchina Allestimento	-	<b>Manovra riuscita</b> Ripetizione della manovra precedente eseguendo l'evoluzione a sinistra, sfruttando la rotazione naturale impressa dalla corrente alla poppa. La velocità in ingresso, inferiore al caso precedente, è 4.6kn. La manovra risulta più complessa del caso precedente, in quanto la nave scade tanto sottovento a causa dell'azione del vento.
M060 [7 min]	Cruise 350	0	18	0	1	5.2	225	1.5	U	Cruise 230 in Banchina Allestimento	-	<b>Manovra riuscita</b> Il vento si presenta al traverso rispetto alla banchina, la nave si scosta da banchina grazie all'uso combinato di thruster e azipod, imposta marcia avanti ed esce dal porto. Il transito all'imboccatura avviene a 8 kn.
M070 [9 min]	Cruise 350	0	25	0	2	6.7	225	1.5	I	Cruise 230 in Banchina Allestimento	1x70t	<b>Manovra da ripetere</b> La combinazione di vento e corrente all'imboccatura sono molto penalizzanti. Il transito all'imboccatura avviene a 8 nodi. La nave passa molto vicino al rosso e non riesce ad arrestarsi, andando a urtare il Molo Nord.
M071 [9 min]	Cruise 350	0	25	0	2	6.7	225	1.5	I	Cruise 230 in Banchina Allestimento	1x70t	<b>Manovra da ripetere</b> La combinazione di vento e corrente all'imboccatura sono molto penalizzanti. Il rimorchiatore si trova a poppa dritta a spingere. Il transito all'imboccatura avviene a 7 kn. La velocità elevata riduce drasticamente l'efficacia dei thruster, la nave non riesce a contrastare l'azione del vento e urta la Diga di Sottoflutto.
M072 [26 min]	Cruise 350	0	25	0	2	6.7	225	1.5	I	Cruise 230 in Banchina Allestimento	1x70t	<b>Manovra riuscita al limite</b> Ripetizione della manovra eseguendo l'ingresso ad una velocità inferiore rispetto ai tentativi precedenti. Il transito all'imboccatura avviene a circa 4 nodi. Si riesce a superare l'imboccatura con l'ausilio del rimorchiatore. Durante l'evoluzione, la prora transita molto vicino alla diga di sottoflutto. La nave arriva a banchina.

M073 [24 min]	Cruise 350	0	25	0	2	6.7	225	1.5	I	Cruise 230 in Banchina Allestimento	1x60t 1x70t	<b>Manovra riuscita</b> Il rimorchiatore da 60t è stato posizionato a prora a tirare, il 70t a poppa. I rimorchiatori aiutano la nave a effettuare l'ingresso e l'evoluzione. La nave, una volta superata l'imboccatura, riesce ad evolvere e arrivare in banchina.
M074 [25 min]	Cruise 350	0	25	0	2	6.7	225	1.5	I	Cruise 230 in Banchina Allestimento	-	<b>Manovra riuscita</b> Ripetizione della manovra precedente senza sfruttare l'ausilio dei rimorchiatori e considerando l'assenza dell'ultimo tratto della Diga di Sottoflutto. La nave si presenta all'imboccatura a circa 4.5kn. L'ingresso avviene al centro circa del canale considerato. La nave riesce ad evolvere e arrivare in banchina in autonomia.
M080 [7 min]	Cruise 350	0	25	0	2	6.7	225	1.5	U	Cruise 230 in Banchina Allestimento	-	<b>Manovra riuscita</b> La nave si scosta da banchina grazie all'uso combinato di thruster e azipod, imposta marcia avanti ed esce dal porto.
M090 [25 min]	Cruise 350	30	20	30	1.5	6	225	1.5	I	Cruise 230 in Banchina Allestimento	-	<b>Manovra riuscita</b> La nave transita all'imboccatura a quasi 6 kn. La corrente, analogamente al caso precedente, congiuntamente al vento, si dimostrano particolarmente penalizzanti. Una volta all'interno del bacino portuale, la nave riesce ad evolvere e arrivare in banchina in autonomia.
M100 [7 min]	Cruise 350	30	20	30	1.5	6	225	1.5	U	Cruise 230 in Banchina Allestimento	-	<b>Manovra riuscita</b> Il vento si presenta al traverso rispetto alla banchina, la nave si scosta da banchina grazie all'uso combinato di thruster e azipod, imposta marcia avanti ed esce dal porto. Il transito all'imboccatura avviene a 8.5 kn.
M110 [25 min]	Cruise 350	30	25	30	3	7.7	225	1.5	I	Cruise 230 in Banchina Allestimento	1x60t 1x70t	<b>Manovra riuscita al limite</b> Il rimorchiatore da 60t è stato posizionato a prora a tirare, il 70t a poppa. I rimorchiatori aiutano la nave a effettuare l'ingresso e l'evoluzione. Il punto critico della manovra è l'imboccatura. Il vento al traverso spinge 200t. La nave arriva in banchina in pieno controllo.
M120 [7 min]	Cruise 350	30	25	30	3	7.7	225	1.5	U	Cruise 230 in Banchina Allestimento	-	<b>Manovra riuscita</b> Il vento si presenta al traverso rispetto alla banchina, la nave si scosta da banchina grazie all'uso combinato di thruster e azipod, imposta marcia avanti ed esce dal porto. Il transito all'imboccatura avviene a 8.5 kn.

Tab. 6-1 Sintesi delle manovre effettuate con la nave Cruise LOA = 350 m.


## 6.4 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 (cfr. *Tab. 5-1* e *Tab. 6-1*).

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 silhouette degli ingombri eventualmente presenti nell'area di manovra (in **rosa**, la nave all'accosto presso la banchina di allestimento di Fincantieri, avente dimensioni LOA x B= 230.0 m x 35 m);
- 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 studio al simulatore di manovra real-time in ambientazione 3D ha esaminato le simulazioni di manovra in tempo reale svoltesi all'interno del Porto di Ancona per conto dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Centrale.

Le suddette manovre sono integrative a quelle già effettuate presso questo stesso simulatore nello scorso 21 luglio 2017, di cui al Report n.12871 del 18.09.2017, e pertanto sono state eseguite prendendo a riferimento il medesimo layout portuale nonché la stessa unità da crociera.

Obiettivo dello studio affidato a CETENA è la verifica dell'agibilità nautica dello specchio acqueo a disposizione per navi cruise di grandi dimensioni in ingresso e uscita dal porto.

Il layout portuale esaminato è relativo allo stato di progetto di fattibilità tecnica ed economica, per una nuova banchina sul fronte esterno del Molo Clementino, nella darsena prospiciente il cantiere navale di FINCANTIERI S.p.A.

La nave da crociera presa in considerazione per le simulazioni ha una lunghezza fuori tutto di 350.0 m, è larga 47.0 m ed ha un'immersione di 9 m. Inoltre, è dotata di 4 bow thruster ed un sistema di propulsione costituito da due azipod.

Il lavoro al simulatore di manovra è stato svolto nel corso di una giornata (**16 novembre 2021**).

Nel corso del lavoro è stata valutata la fattibilità dell'ormeggio da parte dell'unità in manovra, eventualmente assistita da rimorchiatori, al variare delle condizioni meteomarine e degli ingombri presenti nello specchio acqueo adiacente alla nuova banchina.

Le condizioni d'onda prese in considerazione, come indicato all'interno del parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici [Rif. 3], si riferiscono allo studio prodotto da Acquatecno, mentre per quanto riguarda l'intensità di vento e corrente, è stato fatto riferimento alle indicazioni ottenute dal Corpo Piloti di Ancona.

È stato simulato vento a raffica proveniente dai quadranti settentrionali (NW, N e NE) di intensità variabile tra i 18 e 25 nodi di velocità e introdotta l'azione della corrente esterna al porto verso 150°N e 225°N, avente velocità di 1.8 kn e 1.5 kn.

Durante le manovre sono stati presi in considerazione rimorchiatori da 60 t e 70 t.

## 7.1 Riassunto dei risultati ottenuti

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti nel corso della sessione di lavoro.

L'esecuzione delle manovre ha evidenziato i seguenti aspetti:

- *Le elevate caratteristiche manovriere possedute da una unità di tipo Cruise sono in grado di gestire in maniera sufficientemente sicura la forza del vento sulla super laterale esposta;*
- *la manovra di ingresso verso la banchina in studio viene eseguita in sicurezza con intensità di vento fino a 20 kn senza l'ausilio di rimorchiatori in assistenza, ma impiegando esclusivamente le dotazioni della nave;*
- *la manovra di ingresso verso la banchina in studio, in presenza di vento di intensità pari o superiore a 25 kn, necessita l'ausilio di un rimorchiatore da 60 t a prua e uno da 70t a poppa.*
- *la manovra di uscita dalla banchina in studio viene eseguita in sicurezza con intensità di vento fino a 25 kn senza l'ausilio di rimorchiatori in assistenza ma utilizzando esclusivamente le dotazioni della nave;*
- non si rileva interferenza tra la nave Cruise in manovra di ingresso/uscita e la nave ormeggiata presso banchina di allestimento di FINCANTIERI.

Durante le simulazioni, in riferimento all'esito e lo svolgimento delle manovre svolte in condizioni maggiormente severe, è emerso che l'azione combinata di vento, moto ondoso e corrente risulta particolarmente penalizzante nei pressi dell'imboccatura del porto, richiedendo una speciale attenzione nell'imboccare il porto.

In particolare, è stato necessario ripetere alcune manovre di ingresso al fine di comprendere la miglior tecnica di approccio, prevedendo in qualche occasione l'ausilio dei rimorchiatori.

A fine giornata, è stata eseguita una manovra esplorativa considerando l'assenza dell'ultimo tratto della Diga di Sottoflutto, considerata come una configurazione intermedia tra il layout attuale e il definitivo. Relativamente alla manovra eseguita in quest'ultima configurazione, l'allargamento dell'imboccatura (467 m anziché 376 m) produce un marcato miglioramento a beneficio della sicurezza, ampliando l'area navigabile e fornendo alla poppa della nave uno spazio di manovra più ampio durante in moto di deriva indotto dalle condizioni meteo. In particolare con la manovra M074 si è proceduto a ripetere la manovra in ingresso M073 riuscita con n.2 rimorchiatori (tramontana 25 Kn, Hs=2 m) pervenendo ad esito positivo ancorché senza ausilio di rimorchiatori

## 7.2 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. Più ci si allontana dal centro del grafico (zona di calma e indicata con colore bianco) più l'intensità del vento aumenta. Nel grafico che segue si può osservare che, durante le sessioni di simulazione, è stato considerato il vento di:

- Grecale per intensità di 20 kn e 25 kn;
- Tramontana per intensità da 18 kn a 25 kn;
- Maestrone per intensità di 20 kn e 25 kn.

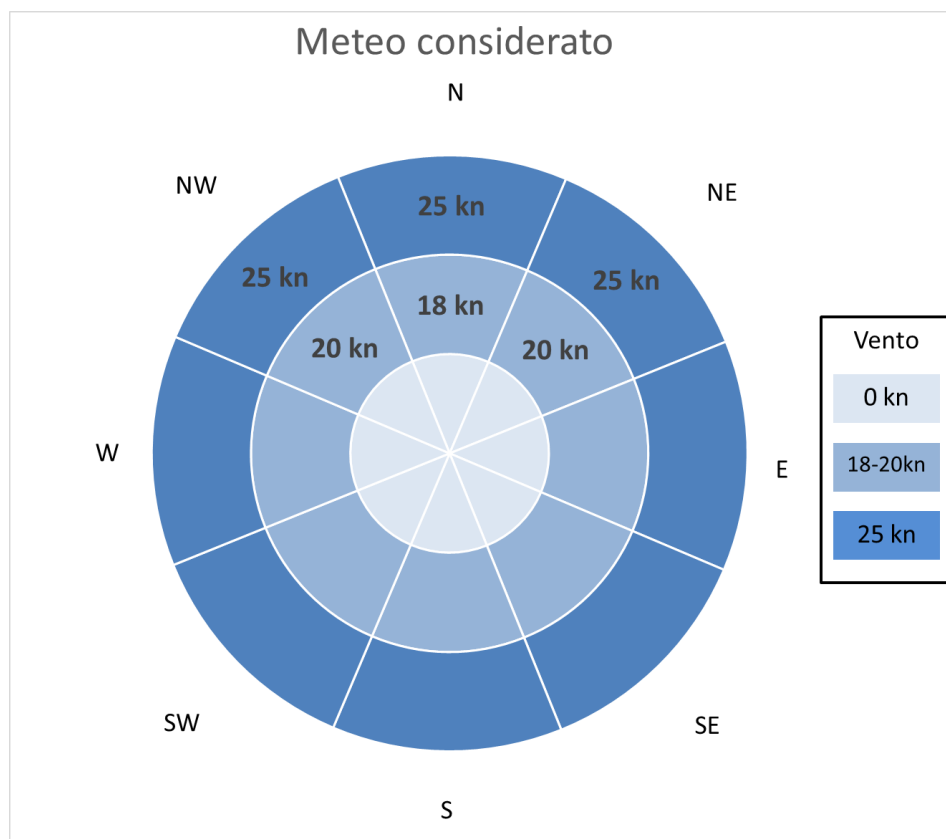


Fig. 7-1 - Venti ed intensità considerati durante le manovre

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

- N° 2 manovre con vento di Grecale da 20 kn;
- N° 2 manovre con vento di Grecale da 25 kn;
- N° 3 manovre con vento di Tramontana da 18 kn;
- N° 6 manovre con vento di Tramontana da 25 kn;
- N° 2 manovre con vento di Maestrone da 20 kn;
- N° 2 manovre con vento di Maestrone da 25 kn.

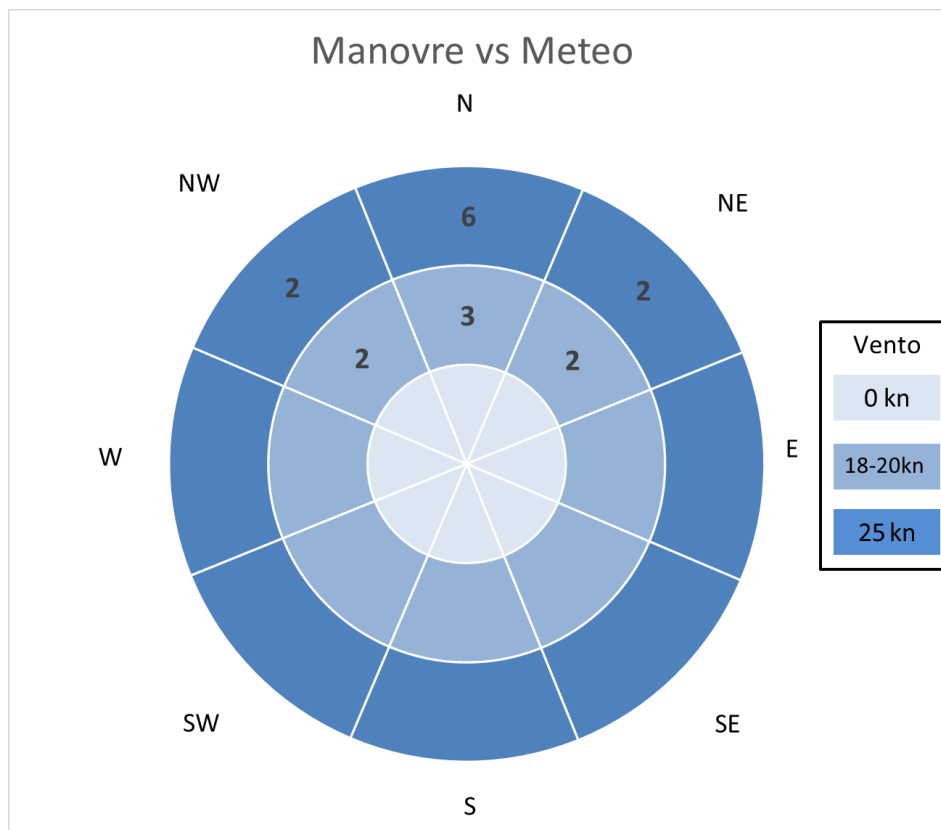


Fig. 7-2 - Numero di manovre associate a direzione e intensità di vento

Relativamente alla nave **Cruise da 350 m**, si propone il seguente grafico (Fig. 7-3) 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 (Ingresso o Uscita);
- il numero indica il progressivo della manovra eseguita.

Quindi, ad esempio, l'indicazione **110-I** presente nel quadrante del Grecale significa che la manovra di ingresso, avente numero 110 della serie, è stata eseguita con 25 kn di vento proveniente da NE (Grecale) ed è risultata *riuscita al limite degli standard di sicurezza*.

Analogamente, la manovra **30-I** è una manovra eseguita con 25 kn di Maestrale, si tratta di un ingresso ed è identificata come *riuscita*.

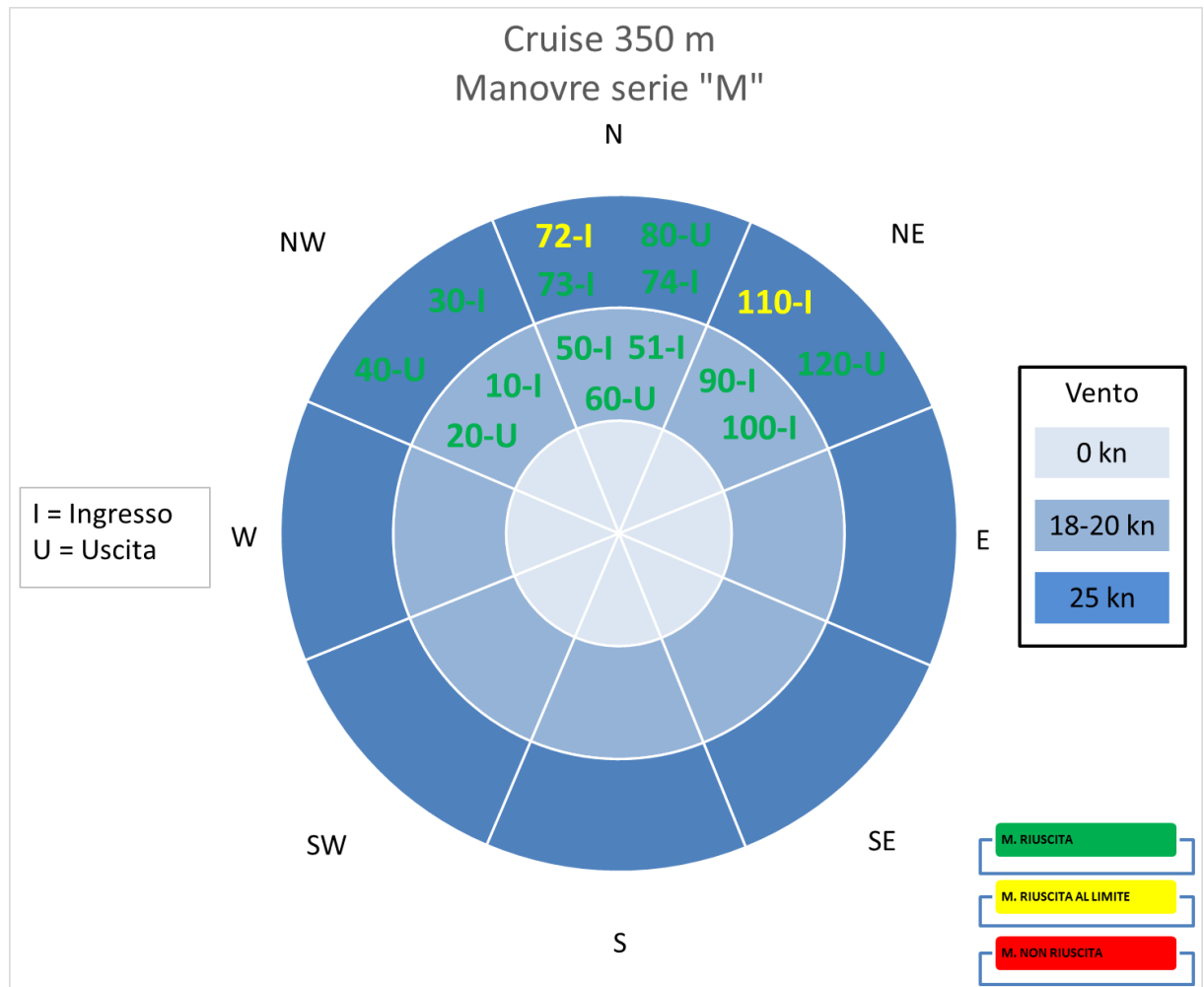


Fig. 7-3 – Manovre Cruise ship 350 m

### 7.3 Riassunto del lavoro - Rimorchiatori

Il seguente grafico mette in relazione 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 all'esito delle diverse simulazioni di manovra e alla valutazione e all'esperienza maturata nel corso dell'intero studio al simulatore.

In base all'esito delle simulazioni e primariamente sotto indicazione ed esperienza del Comandante Selva e della Capitaneria di Porto, sono qui di seguito riassunti il numero e la taglia dei rimorchiatori necessari all'esecuzione della manovra in sicurezza (in funzione del meteo).

Le condizioni colorate in verde identificano gli scenari in cui la manovra viene svolta in sicurezza con l'ausilio dei rimorchiatori indicati. In sintesi, a seguito delle prove al simulatore di manovra, si può concludere che le manovre sono state svolte in sicurezza senza l'ausilio di rimorchiatori fino ad un'intensità di vento pari a 20 kn. Per intensità di vento superiori è necessaria l'assistenza di due rimorchiatori, in particolare uno da 60 t e uno da 70 t.

Per quanto concerne il layout portuale transitorio, relativo alla assenza dell'ultimo tratto della diga di sottoflutto ancora da realizzare, si rimanda alle considerazioni di cui al precedente paragrafo 7.1 relativamente al miglioramento delle condizioni di sicurezza in particolari severe condizioni meteo marine.

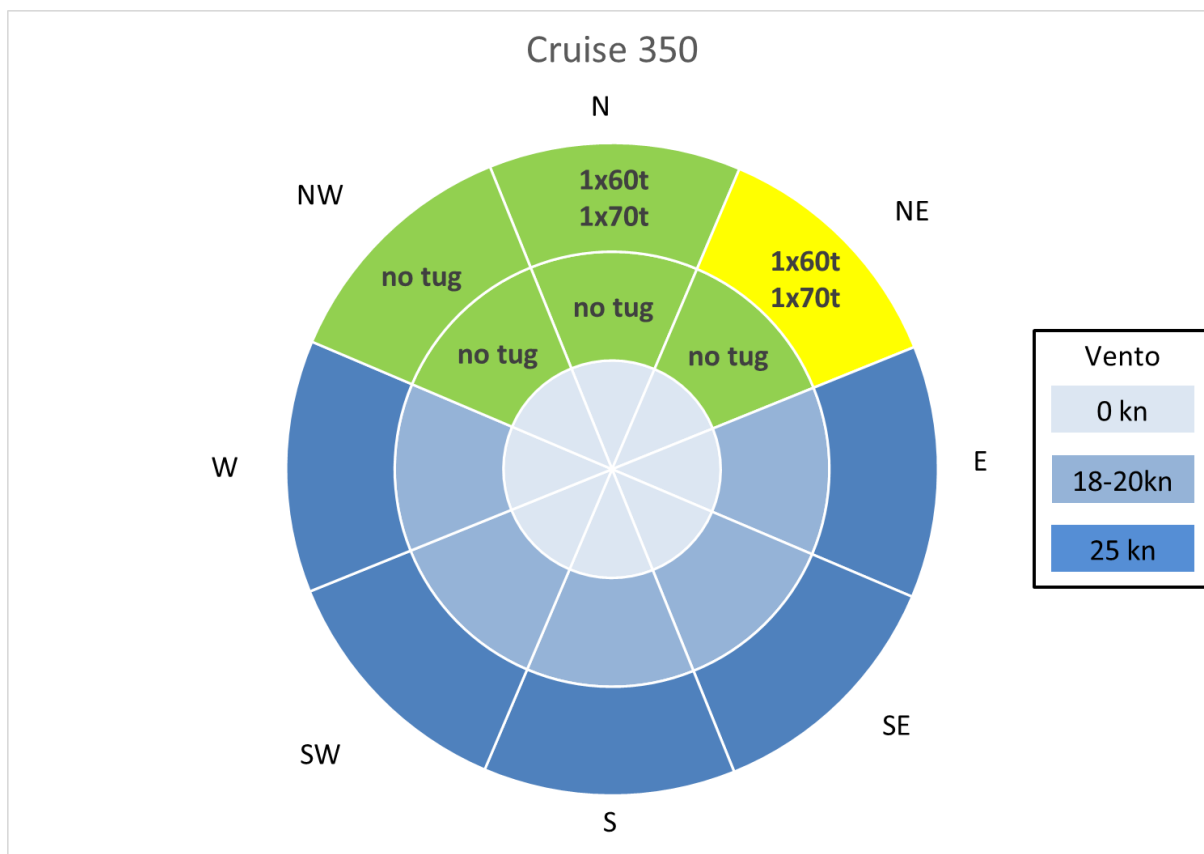


Fig. 7-4 – Confronto delle condizioni meteo con la taglia dei rimorchiatori impiegati – Cruise ship 350 m.

## 7.4 In sintesi

Lo studio di manovrabilità affrontato al simulatore ha preso in considerazione condizioni meteorologiche critiche per la fattibilità delle manovre nell'area del Porto di Ancona. Le simulazioni svolte sull'unità **Cruise** hanno tuttavia dimostrato la fattibilità delle manovre anche in caso di condizioni meteo severe.

### Rimorchiatori

Dall'esito delle simulazioni emerge che la flotta minima dei rimorchiatori deve essere costituita da un rimorchiatore da 60 t e un rimorchiatore da 70 t. Il Capo dei Piloti del porto di Ancona ritiene comunque auspicabile la presenza, per navi di lunghezza 350 m, di almeno un rimorchiatore di maggior potenza rispetto a quelli ipotizzati.

Qui di seguito il dettaglio della configurazione consigliata per ogni tipo di manovra.

Per la nave **Cruise** in accosto presso la nuova banchina è necessario predisporre:

- Nessun rimorchiatore per condizioni di vento fino a 20kn;
- 2 rimorchiatori, uno da 60 t e uno da 70 t, per condizioni di vento superiori a 20 nodi.

### Obiettivi raggiunti

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

- È stata valutata con esito positivo l'adeguatezza dello specchio acqueo a disposizione di grandi navi cruise in termini di sicurezza della navigazione e di manovrabilità nelle condizioni meteorologiche considerate, al fine di compiere le manovre di arrivo e partenza presso la nuova banchina ricavata sul fronte esterno del Molo Clementino, attualmente allo stato di progetto di fattibilità tecnico-economica, nell'area del Porto di Ancona (v. Cap. 7);
- Sono state individuate le condizioni operative limite per lo svolgimento in sicurezza delle manovre di ingresso e uscita, anche con l'ausilio di rimorchiatori (v. Cap. 6 e 7);
- Sono state fornite indicazioni sullo svolgimento delle manovre di ingresso/uscita e accosto delle navi e sulle strategie di manovra, tenendo in considerazione la presenza di altre navi ormeggiate e differenti condizioni meteo marine all'interno del porto (v. Cap. 6);
- È stata valutata con esito positivo l'adeguatezza dei rimorchiatori (per numero, tipologia e tiro massimo) necessari per la manovra in sicurezza della nave (v. Cap 7.3).

## 8 RIFERIMENTI

Rif. 1. Disegno del layout portuale di progetto

“160803\_TAV 7\_Planimetria generale di progetto\_sol 2.dwg”

Fonte: Cliente

Rif. 2. Disegno della batimetria portuale rilevata

“2025\_ADSP MAC\_Ancona\_bati\_4-5k\_Rev00.pdf”

Fonte: Cliente

Rif. 3. Parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

“Aff\_71-2019\_Ancona\_parere\_25\_11\_2020 variante localizzata Molo Clementino.pdf”

Fonte: Cliente

Rif. 4. Studio Specialistico Idraulico - Marittimo determinazione dei livelli di agitazione ondosa del banchinamento del fronte esterno del molo clementino

“studio idraulico\_marittimo.pdf”

Fonte: Cliente/Acquatecno S.r.l.



## APPENDICI

## **APPENDICE A**

### **TRACCIATI DELLE MANOVRE**

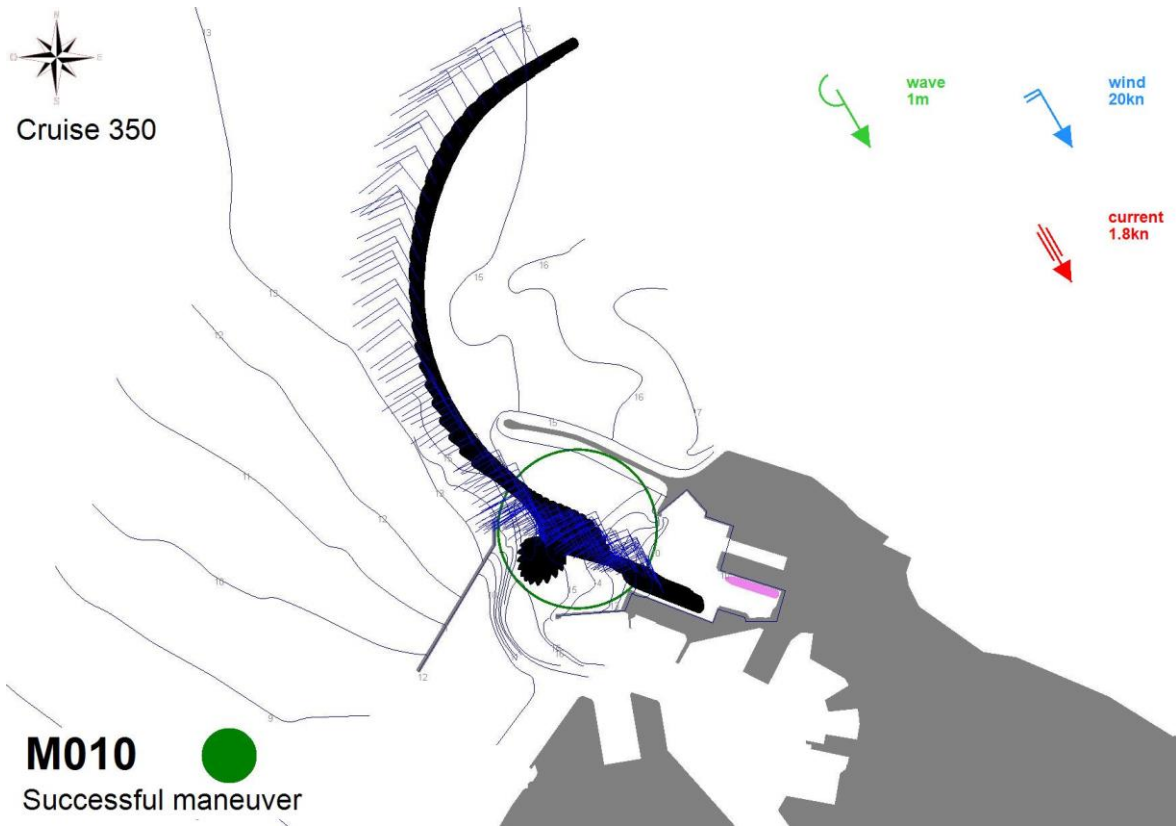


Fig. A - 1 – Manovra M010 – Cruise 350 - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**  
Maestrale 20 nodi.

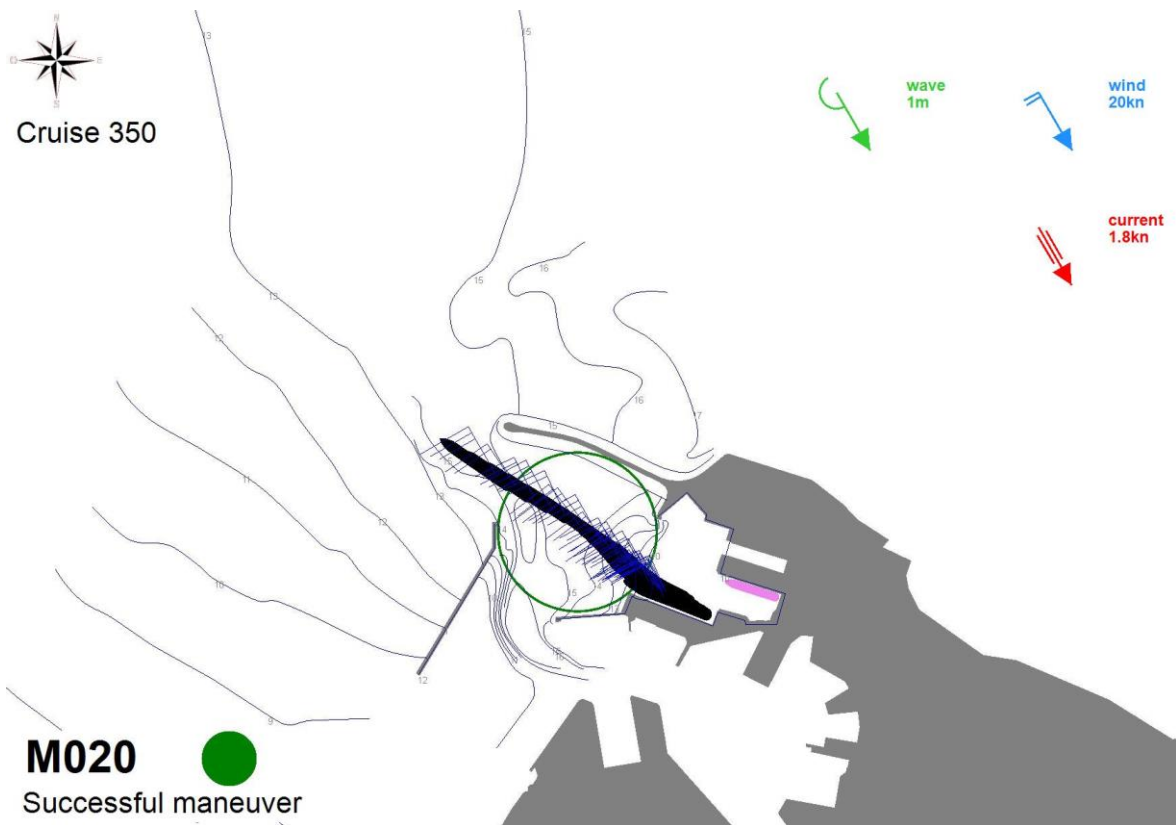


Fig. A - 2 – Manovra M020 – Cruise 350 - Uscita - **MANOVRA RIUSCITA**  
Maestrale 20 nodi.

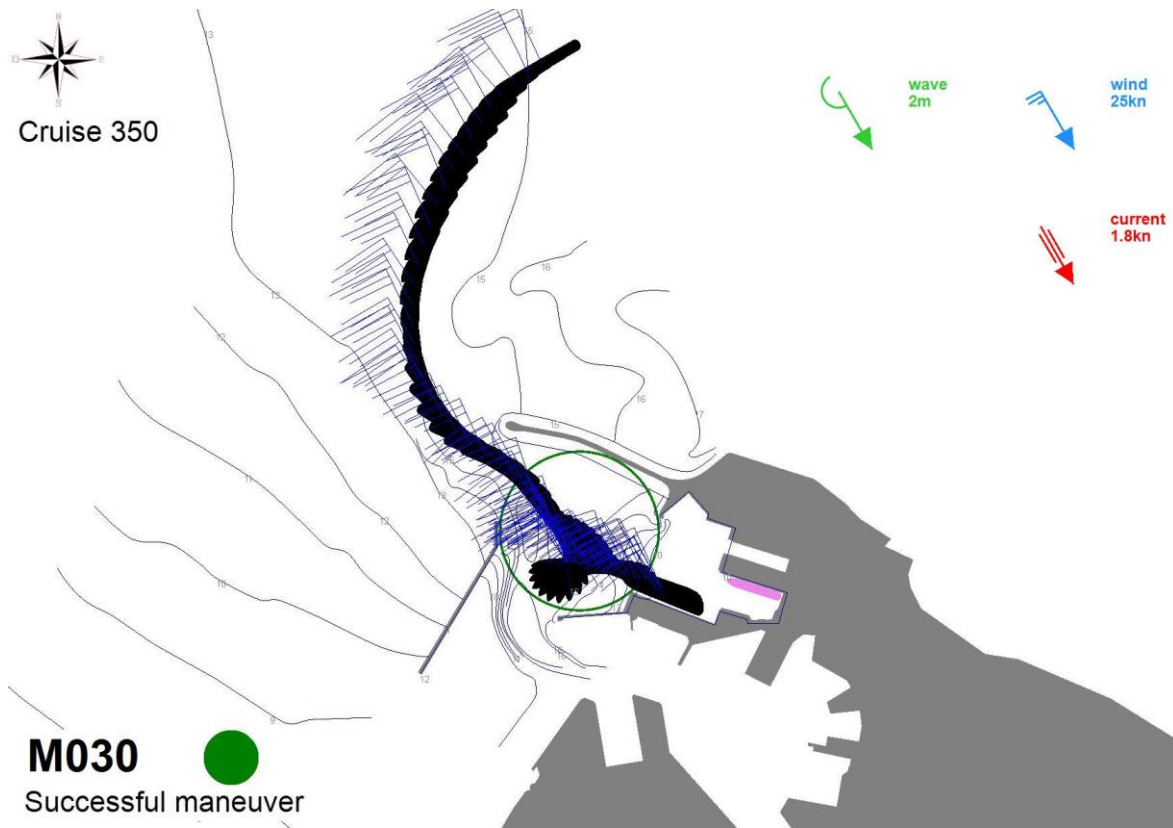


Fig. A - 3 – Manovra M030 – Cruise 350 - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**  
Maestrale 25 nodi.

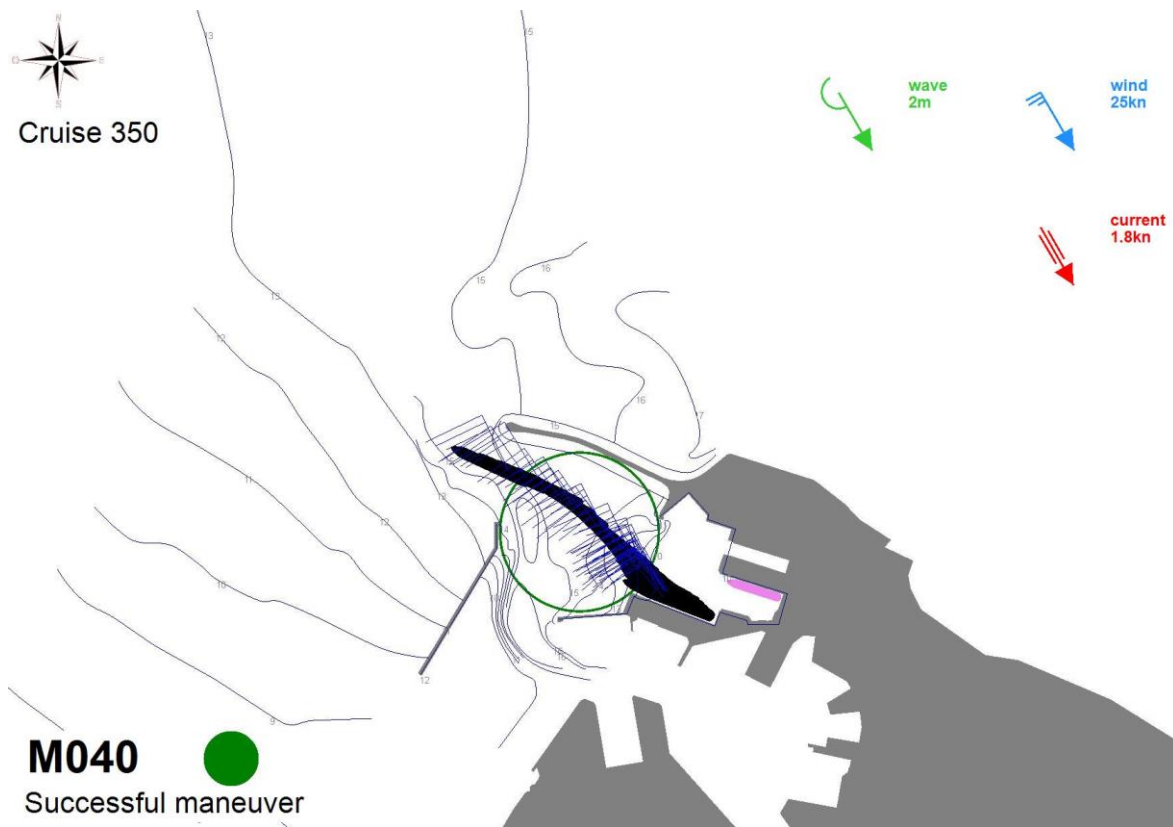


Fig. A - 4 – Manovra M040 – Cruise 350 - Uscita - **MANOVRA RIUSCITA**  
Maestrale 25 nodi.

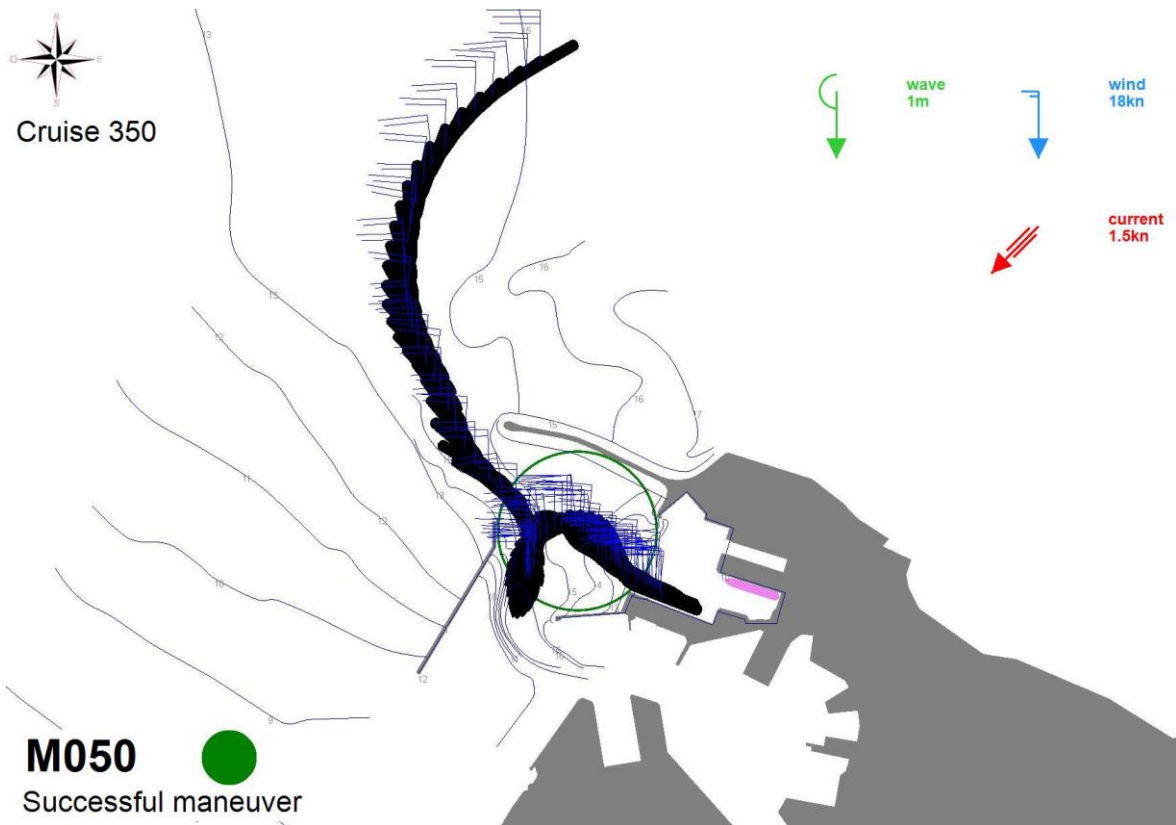


Fig. A - 5- Manovra M050 – Cruise 350 - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**  
Tramontana 18 nodi.

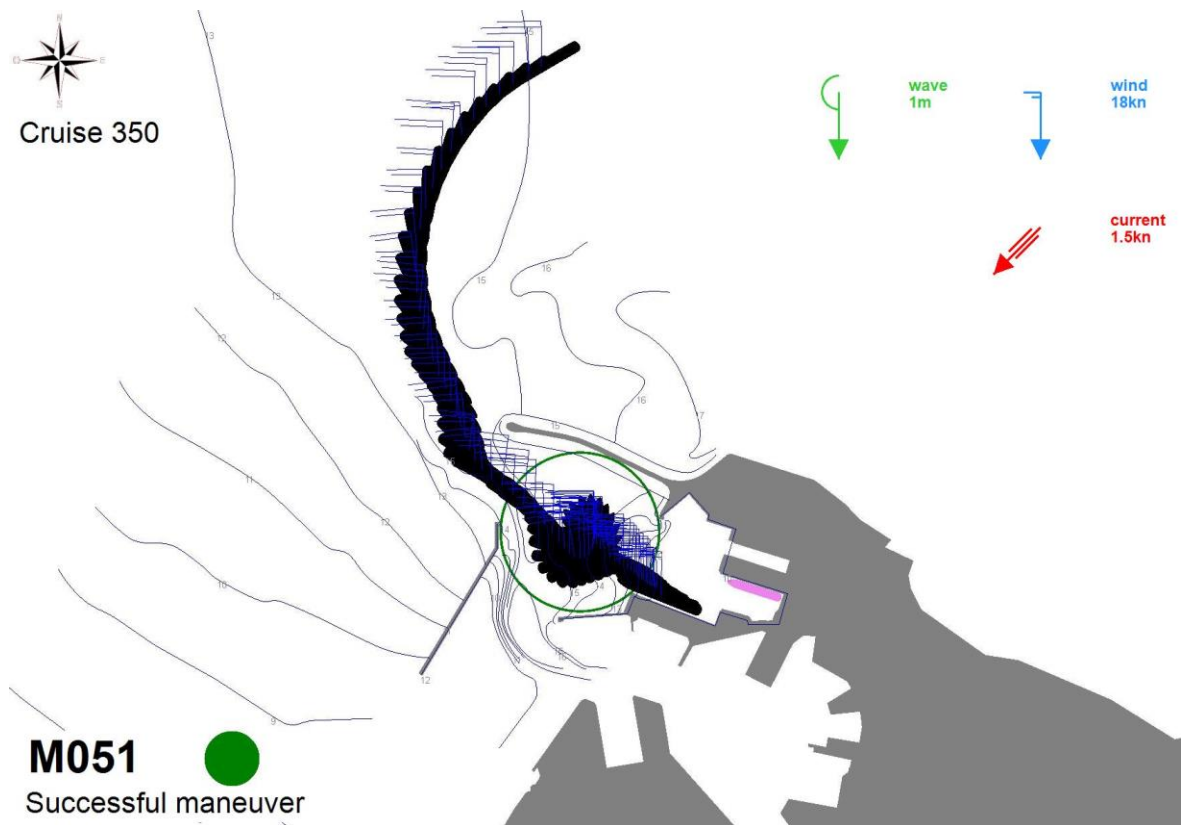


Fig. A - 6 – Manovra M051 – Cruise 350 - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**  
Tramontana 18 nodi.

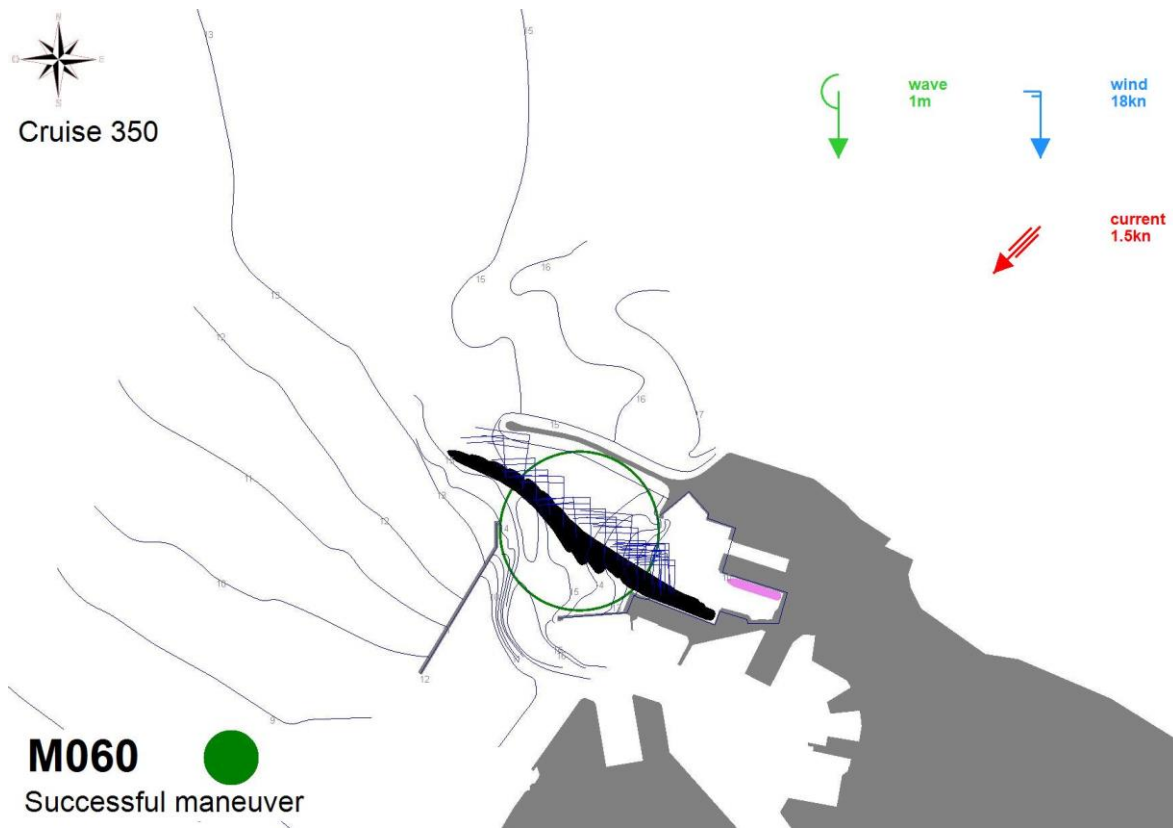


Fig. A - 7 – Manovra M060 – Cruise 350 - Uscita - **MANOVRA RIUSCITA**  
Tramontana 18 nodi.

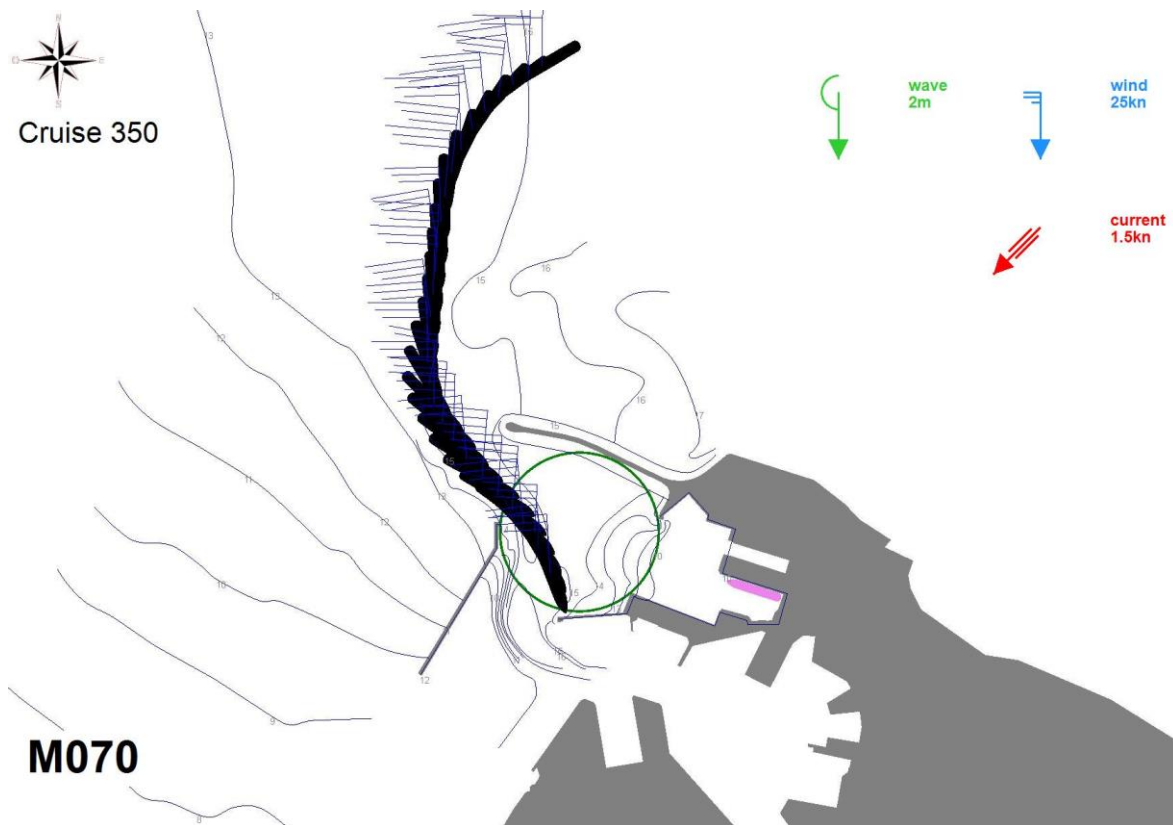


Fig. A - 8– Manovra M070 – Cruise 350 - Ingresso  
Tramontana 25 nodi.

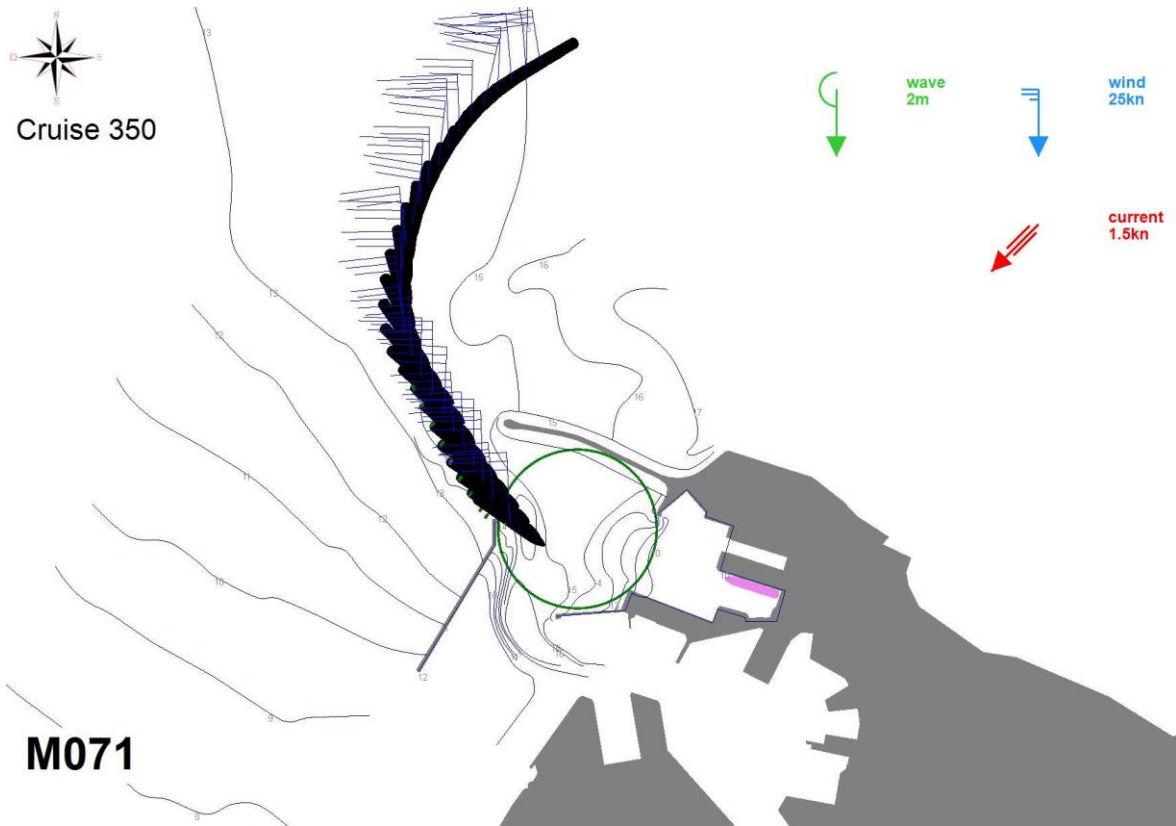


Fig. A - 9 – Manovra M071 – Cruise 350 - Ingresso  
Tramontana 25 nodi.

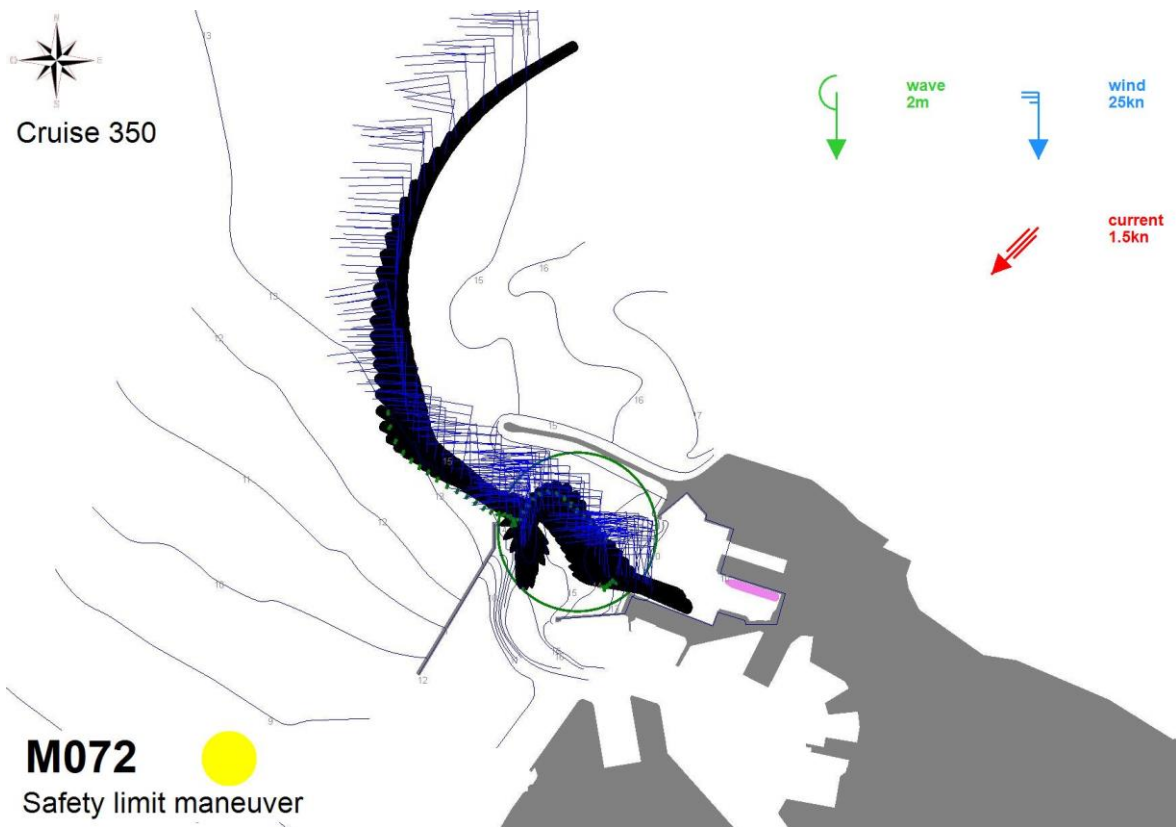


Fig. A - 10 – Manovra M072 – Cruise 350 - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA AL LIMITE**  
Tramontana 25 nodi.

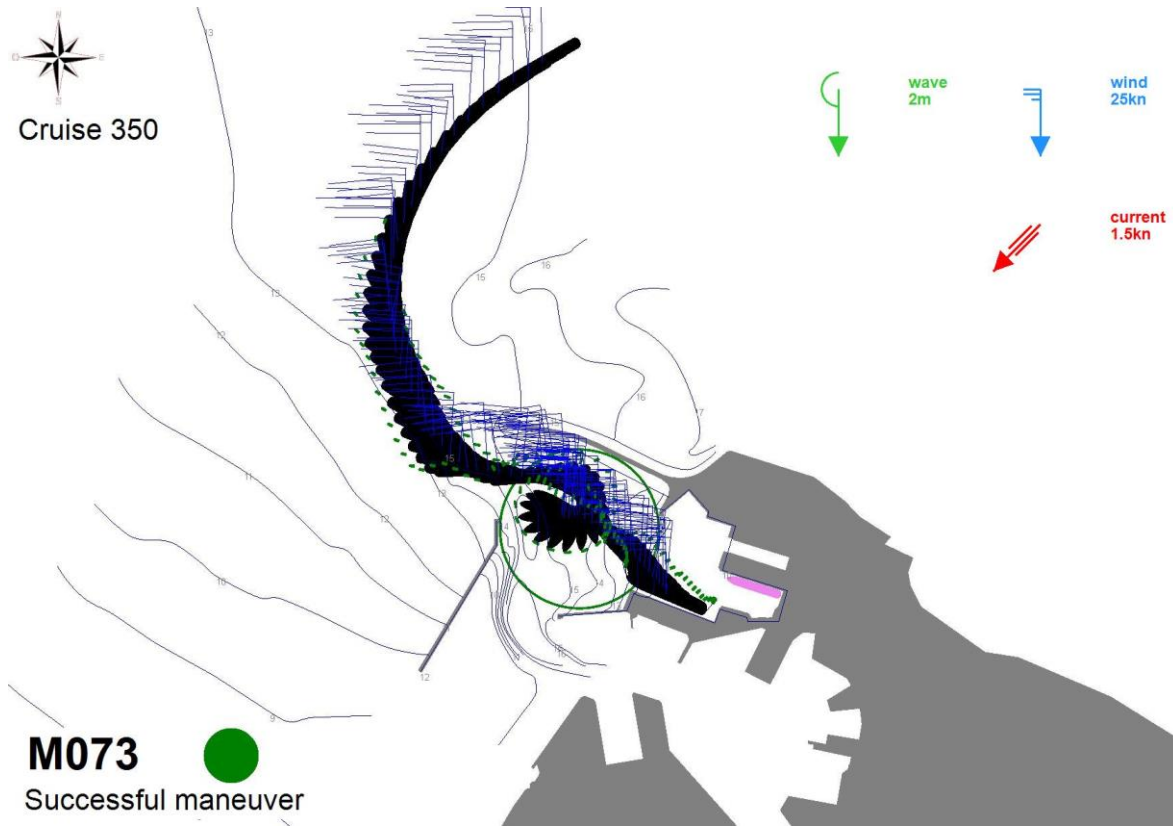


Fig. A - 11 – Manovra M073– Cruise 350 - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**  
Tramontana 25 nodi.

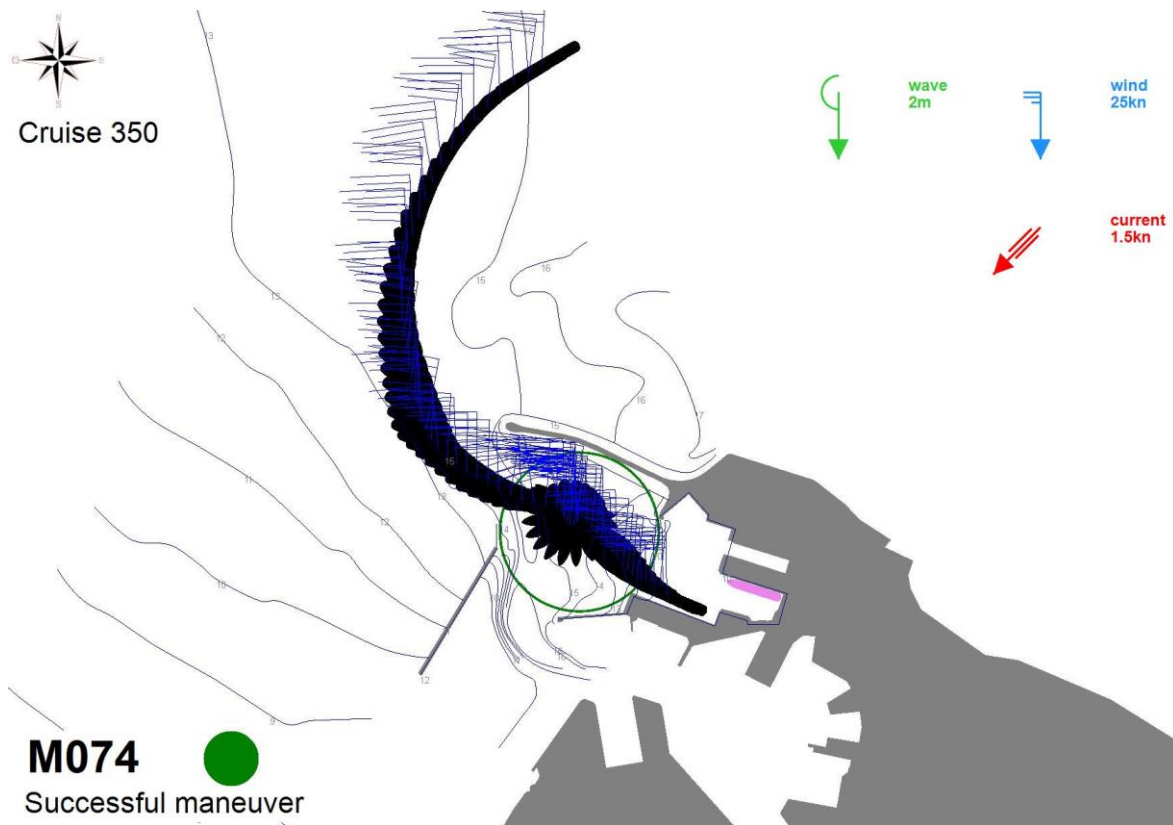


Fig. A - 12 – Manovra M074– Cruise 350 - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**  
Tramontana 25 nodi.



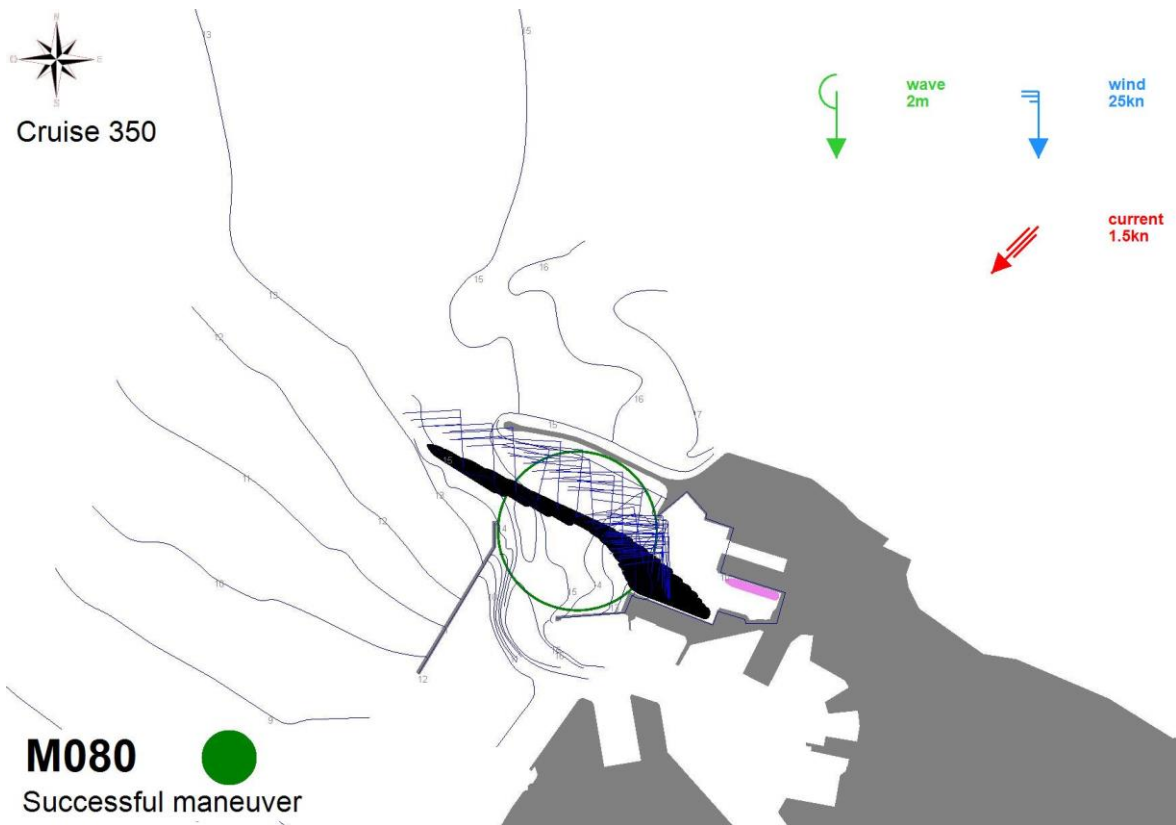


Fig. A - 13 – Manovra M080 – Cruise 350 - Uscita - **MANOVRA RIUSCITA**  
Tramontana 25 nodi.

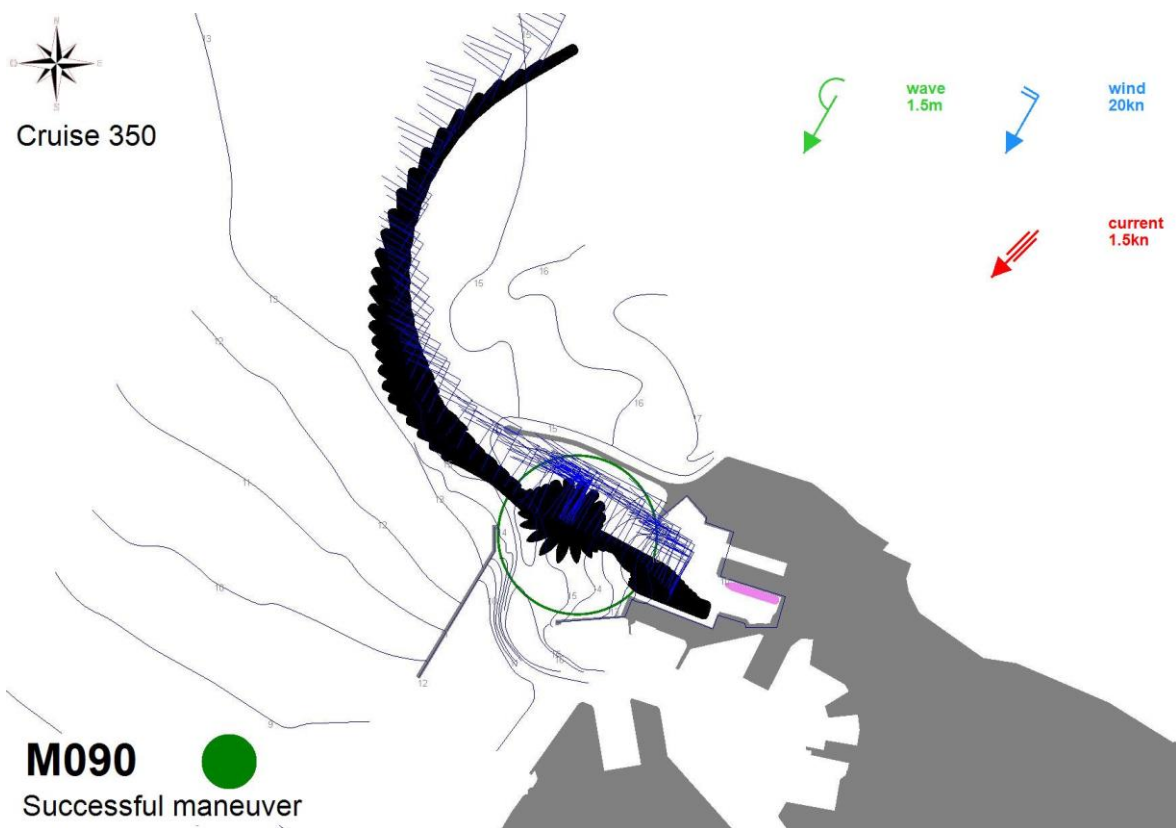


Fig. A - 14 – Manovra M090 – Cruise 350 - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA**  
Grecale 20 nodi.

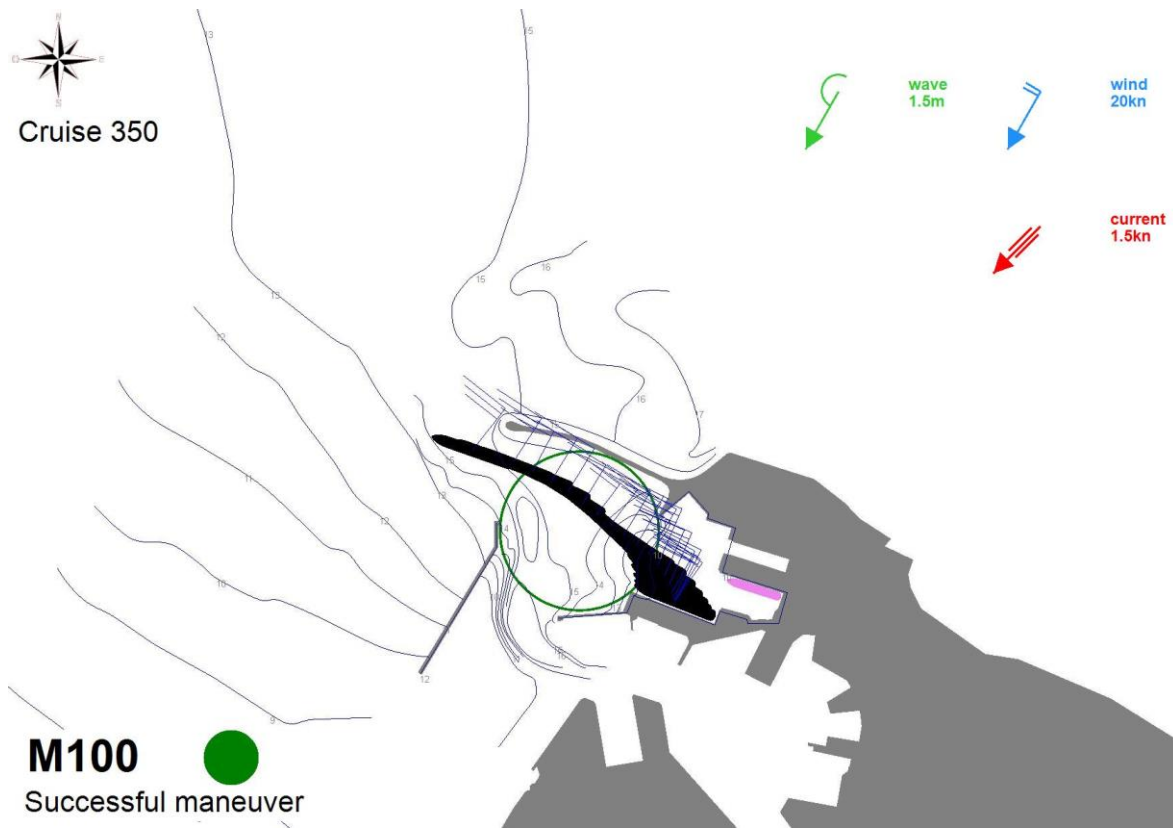


Fig. A - 15 – Manovra M100 – Cruise 350 - Uscita - **MANOVRA RIUSCITA**  
Grecale 20 nodi.

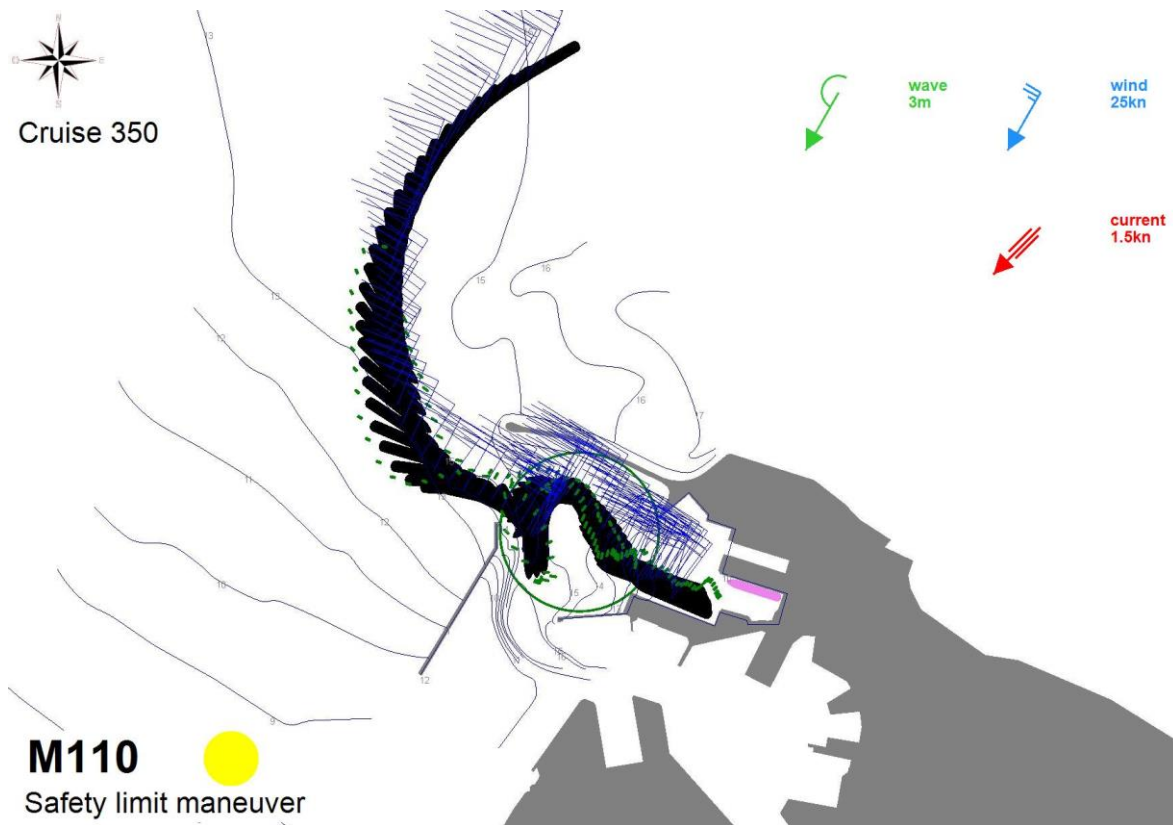


Fig. A - 16 – Manovra M110 – Cruise 350 - Ingresso - **MANOVRA RIUSCITA AL LIMITE**  
Grecale 25 nodi.

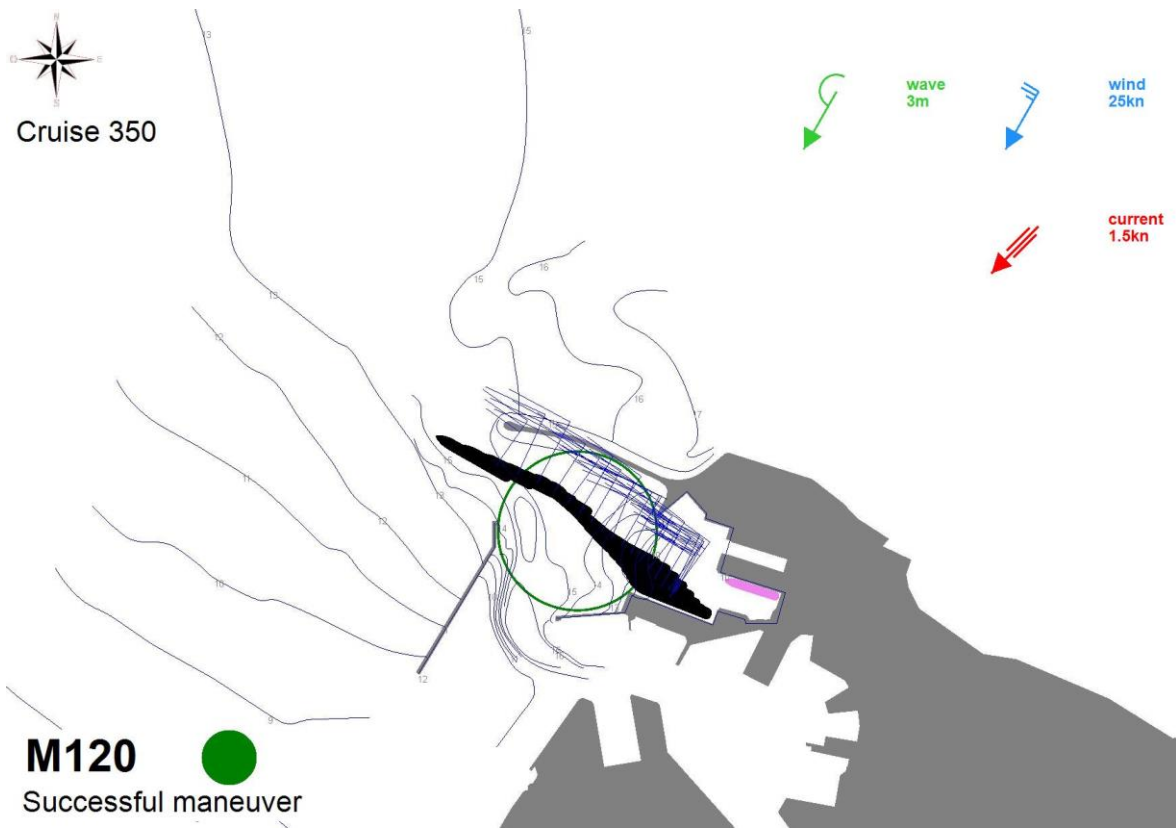


Fig. A - 17 – Manovra M120 – Cruise 350 - Uscita - **MANOVRA RIUSCITA**  
Grecale 25 nodi.

## **APPENDICE B**

### **FOTO DELLE SIMULAZIONI**



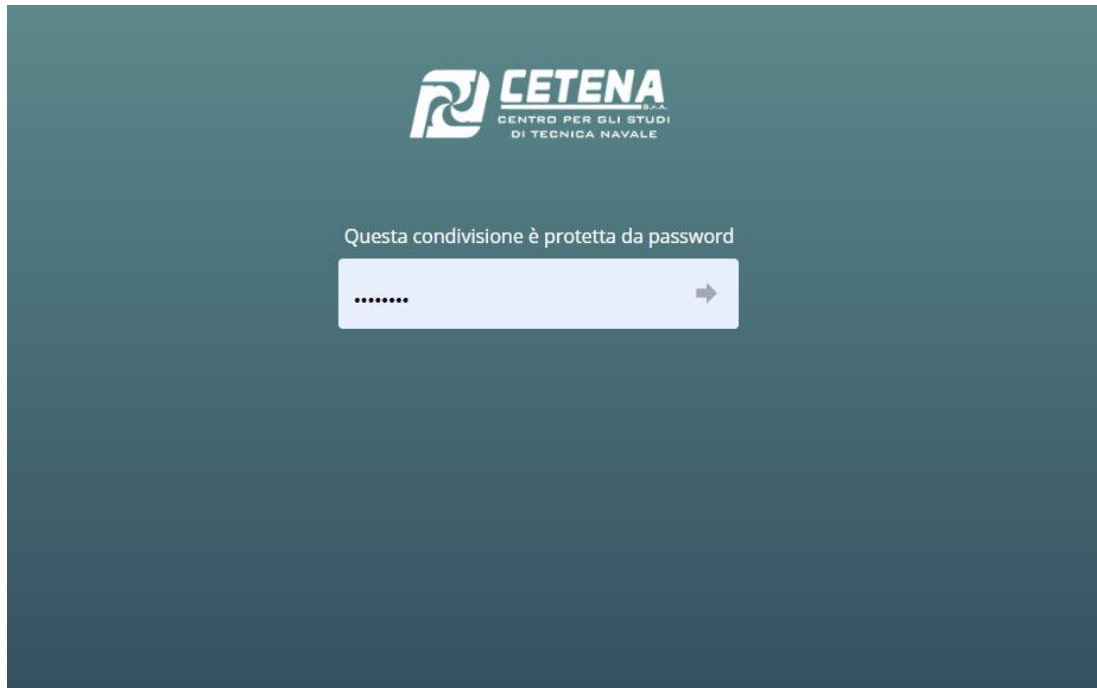
*Fig. B - 1 – Sessione di simulazioni del 16 Novembre 2021.*



*Fig. B - 2 – Sessione di simulazioni del 16 Novembre 2021.*

## 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 involuppate 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.