

APPENDICE B
STUDIO DI MANOVRABILITÀ



RINA INDUSTRY

O&G/LPM/428

TERMINAL ALPI ADRITICO

TERMINALE DI RIGASSIFICAZIONE OFF-SHORE

Studio di Manovrabilità

00	05/02/2008		LPM	ALG	ALG
Rev.	Date		Edited	Checked	Approved



CONTENUTI

1. RIFERIMENTI.....	3
2. INTRODUZIONE.....	4
3. CONCLUSIONI	5
4. CONDIZIONI DI SIMULAZIONE	8
5. IL MODELLO MATEMATICO.....	20
5.1. FORZE DI CARENA	21
5.2. FORZE DOVUTE AL VENTO	22
5.3. FORZE DOVUTE ALLA CORRENTE E AL MOTO ONDOSI	24
5.4. FORZE DELL'ELICA	26
5.5. FORZE DEL TIMONE	27
5.6. FORZE DELLE ELICHE TRASVERSALI DI MANOVRA	27
5.7. FORZE DEI RIMORCHIATORI.....	28
5.8. FORZE DEI CAVI DI ORMEGGIO E DEI PARABORDI.....	29
6. IL SISTEMA DI SIMULAZIONE	31
APPENDICE A: DESCRIZIONE DELLE MANOVRE EFFETTUATE	35



3. RIFERIMENTI

1. S.N.A.M.E., "Principles of Naval Architecture," Vol. 3, 1989.
2. Clarke, D., Gedling, P., Hine, G., "The Application of Manoeuvring Criteria in Hull Design Using Linear Theory," TRINA 1982, Vol. 125, pp. 45-68.
3. Inoue, S., Hirano, M., Kijima, K., "Hydrodynamic Derivatives on Ship Manoeuvring," I.S.P., Vol. 28, May 1981, N° 321, pp.112-125.
4. Sheng. Z. Y., Contribution to the Discussion of the Manoeuvrability Committee Report, Proceedings of 16th ITTC, Leningrad, 1981.
5. Tang, Z., Shi. L., "Wind Coefficients for Fifteen Ship Models
6. Aage, C., "Wind Coefficients for Nine Ship Models", Hydro and Aerodynamics Laboratory Report N.A-3, May 1971.
7. Hirano M., Takashima J., "Ship Turning Trajectory in Regular Waves", Proceedings of 16th ITTC, Leningrad, 1981.
8. Moskowitz L., Pierson W. J., Mehr E., "A Proposed Spectral Form for Fully Developed Wind Seas Based on the Similarity Theory of S. A. Kitaigorodskii", Technical Report for U.S. Naval Oceanographic Office, New York University
9. Van Lammeren W. P.A., van Manen J. D. and Oosterveld M. W. C, "The Wageningen B-Screw Series" SNAME Annual Meeting New York November 1969.
10. Gutsche, F "Die Induktion der axialen Strahlzusatzgeschwindigkeit in der Umgebung der Schraubenebene" Schiffstechnik vol. 3 pp. 31 - 33 1955
11. Oltmann P. and Sharma S. D. "Simulation of Combined Engine and Rudder Maneuvers Using an Improved Model of Hull-Propeller-Rudder Interactions" Fifteenth ONR Symposium on Naval Hydrodynamics Hamburg 3 - 7 september 1984
12. Van Mannen J. D. "Effect of Radial Load Distribution on the Performance of Shrouded Propellers" Spring Meeting S.N.A.M.E., 1962



13. Norrby R. A., Ridley D .E. "Notes on Thrusters for Ship Manoeuvring and Dynamic Positioning" Transaction S.N.A.M.E. Vol. 88, 1980
14. Brix J. "Topical Ship Manoeuvring Problems – International Trends" I.M.A.E.M., Athens, May 1984
15. Yang J. S. "Result of Sea Trials for GOLAR FROST", YUNDAY Heavy Industries CO. LTD., Ulsan Shipyard Korea, December 2003
16. Chilò B., Della Loggia B., Deutsch C., Routin M. "Ship Manoeuvrability and Human Factors", Proceedings of "Organized Aids to Safe Maritime Traffic In Mediterranean Areas" Naples, October 1984
17. Simiu E., Scanlan R. H. "Wind Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design" 3rd Edition Wiley, New York, 1996

2. INTRODUZIONE

È stato svolto, nella sede di RINA INDUSTRY, uno studio dedicato per la verifica delle manovre di approccio e partenza dal previsto terminale offshore di rigassificazione di GNL nel Golfo di Trieste. Lo studio è stato condotto in diverse condizioni meteo marine e in due condizioni di carico (nave gasiera a pieno carico e in zavorra).

Per lo svolgimento è stato impiegato un modello di simulazione di manovra non lineare a parametri concentrati, il quale permette di determinare la traiettoria della nave considerando anche l'azione di disturbi esterni (quali onde, vento e corrente) e l'effetto dei fondali limitati, in risposta ai comandi impartiti sui suoi organi di manovra e di propulsione. Inoltre, il sistema di simulazione impiegato offre la possibilità di azionare su richiesta del comandante della nave, i rimorchiatori e i cavi di ormeggio nella fase finale della manovra di attracco o in quella iniziale di partenza.

Gli scenari meteo marini da considerare, così come le avarie da simulare e la strategia di manovra da adottare (numero e tipo di rimorchiatori, traiettoria, punto di salita pilota e



punto di connessione dei rimorchiatori) sono stati discussi con il comandante Bianchi dei Piloti di Monfalcone, il quale è stato coinvolto nel corso di due incontri: il primo, svoltosi a Monfalcone il 10 gennaio 2007, per la definizione degli scenari e delle strategie, il secondo, svoltosi a Genova il 28 gennaio 2007, per l'illustrazione dei risultati dello studio. Nel corso del secondo incontro, infine, il com.te Bianchi ha potuto assistere all'esecuzione di una manovra dimostrativa di ormeggio, finalizzata a condividere le modalità di funzionamento del simulatore e di esecuzione delle manovre.

3. CONCLUSIONI

Sono descritte, nel seguito del paragrafo, le principali conclusioni dello studio di manovra effettuato.

Condizioni meteo-marine:

Tutte le simulazioni sono state completate con successo, anche con la forza del vento pari a 30 nodi. Pertanto, si ritiene di avere abbondanti margini di sicurezza adottando la soglia normalmente raccomandata dai principali operatori di 25 nodi, al di sopra della quale, comunque, si sconsiglia di effettuare la manovra in condizioni normali.

Durante gli episodi bora, comunque, la decisione di effettuare le operazioni di ormeggio sarà presa dal pilota, anche in base alle previsioni meteo.

Le simulazioni effettuate hanno mostrato che un moto ondoso con altezza significativa fino a 1,5 metri, una corrente marina con intensità fino ad 1 nodo ed una visibilità non inferiore a 2000 m non creano problemi alla possibilità di effettuare in sicurezza le manovre di avvicinamento, accosto ed ormeggio e di disormeggio, distacco ed allontanamento dal terminale.



Avarie:

Sono stati simulati sia casi di avaria al motore, che casi di rottura di un cavo di un rimorchiatore.

Nei casi di avaria al motore, non si sono presentati problemi ad abortire la manovra in sicurezza. In caso di avaria al rimorchiatore, invece, si è riusciti a completare la manovra in sicurezza.

Come è evidente dall'osservazione delle traiettorie effettuate dalla nave nel corso delle manovre simulate (es. fig. 1), la traiettoria seguita dalla nave non incontra ostacoli che possano portare al rischio di collisione e la nave è diretta verso il terminale solo nella fase finale della manovra, quando le velocità in gioco sono tali da non rendere critica un'eventuale avaria.

Per tale circostanza, d'accordo con il com.te Bianchi, si è ritenuta non necessaria la simulazione di avarie multiple a cavo del rimorchiatore ed elica della nave ormeggiante. Analogamente, si è ritenuto che, per via delle basse velocità tenute dalla nave durante la manovra, non fosse necessario simulare l'avaria al timone.



Figura 1 – Indicazione del vettore velocità nel corso della manovra

Rimorchiatori:

Le manovre di ormeggio sono state simulate con una forza del vento fino a 30 nodi, condizione nelle quali è stato necessario un maggiore utilizzo dei rimorchiatori. Nonostante ciò, non è stato necessario superare il limite cautelativo da noi imposto del 70% di Bollard pull nominale.

Per le manovre di arrivo si raccomanda l'impiego di 2 rimorchiatori.

Per le manovre di partenza, invece, solamente con il vento ed il mare che provengono da 60° con forza del vento pari a 30 nodi si è reso necessario l'impiego di due



rimorchiatori. Ciononostante, indipendentemente dalle condizioni meteo, la raccomandazione è di utilizzare due rimorchiatori per le manovre di partenza.

Per quanto attiene i tempi necessari per il completamento delle manovre di arrivo, si stima che occorra, indicativamente, un'ora e mezza dal momento in cui il pilota sale a bordo.

4. CONDIZIONI DI SIMULAZIONE

Tutte le manovre sono state condotte simulando la nave LNG Hyundai 1444, considerata tra le più critiche in quanto dotata di 4 serbatoi sferici che determinano una superficie velica molto estesa, per la quale sono stati messi a punto due modelli matematici: il primo riproducente la condizione di pieno carico e il secondo la condizione di zavorra. La tabella Tab.1 Caratteristiche nave in funzione delle condizioni di carico riporta le principali caratteristiche nelle due condizioni di carico considerate.

CONDIZIONI DI CARICO			
Condizione di carico		Zavorra	Pieno carico
Lunghezza fuori tutto	LoA [m]	288.75	
Lunghezza fra le perpendicolari	LBP [m]	274	
Larghezza	B [m]	48	
Immersione a pieno carico	T [m]	9.75	11.15
Coefficiente di finezza	C _B	0.655	0.690
Dislocamento a pieno carico	Δ [ton]	86100	101125
Area frontale	A _f [m ²]	1667	1600
Area laterale	A _l [m ²]	7101	6717
Area immersa del timone	A _R [m ²]	61.5	68.1
Numero di pale dell'elica	Z	5	
Diametro dell'elica	D [m]	8.6	
Passo/diametro dell'elica	P/D	0.91	
Verso di rotazione		Destorso	
Numero di giri	RPM	85	



CONDIZIONI DI CARICO			
Condizione di carico		Zavorra	Pieno carico
Tipo motore principale		Turbina a vapore	
Potenza motore principale		P [KWatt]	25472

Tab.1 Caratteristiche nave in funzione delle condizioni di carico

Nella fase preliminare con questi due modelli matematici sono state simulate alcune manovre standard e i risultati dei cerchi di evoluzione, condotti con un angolo di timone pari a 35°, sono riportati in Figura 2, Figura 3, Figura 4.

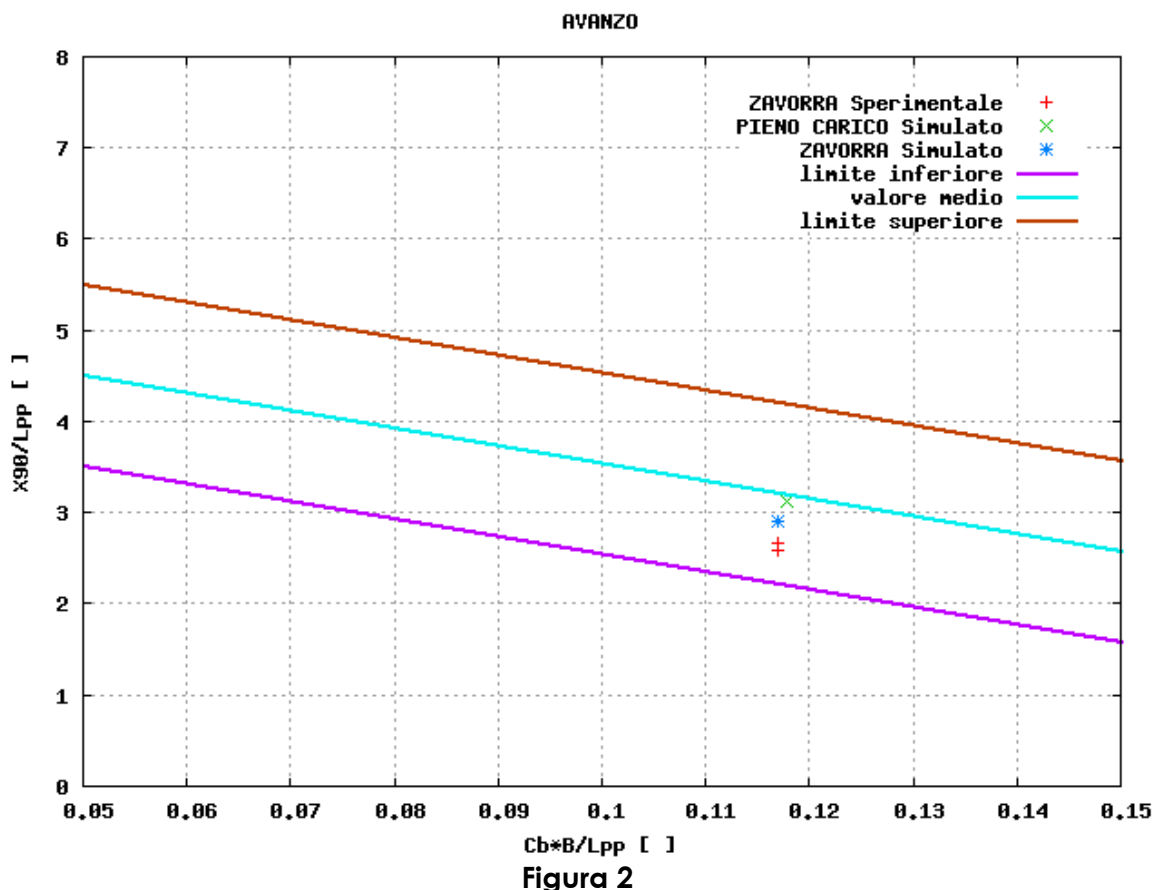


Figura 2



Durante queste simulazioni sono stati rilevati per i due modelli della nave oggetto di questo studio, i valori dell'avanzo, del trasferimento e del diametro tattico che vengono riportati, adimensionalizzati sulla lunghezza nave, rispettivamente in Figura 2, Figura 3, Figura 4 in funzione del coefficiente $C_b \cdot B / L_{pp}$ e messi a confronto con quelli ottenuti nel corso delle prove al vero che sono state condotte nella condizione di zavorra come riportato nella referenza bibliografica [15]. Le figure riportano anche la retta di regressione ottenuta dall'analisi dei dati numerici di queste grandezze, raccolti e riportati nella referenza [16], nonché l'intervallo di confidenza rappresentato dalle due rette parallele. Come si può notare le tre grandezze rientrano in maniera soddisfacente entro gli intervalli di confidenza ottenuti sui risultati rilevati durante le prove di manovrabilità al vero e la differenza fra i valori teorici e quelli sperimentali è limitata in pochi punti percentuali.

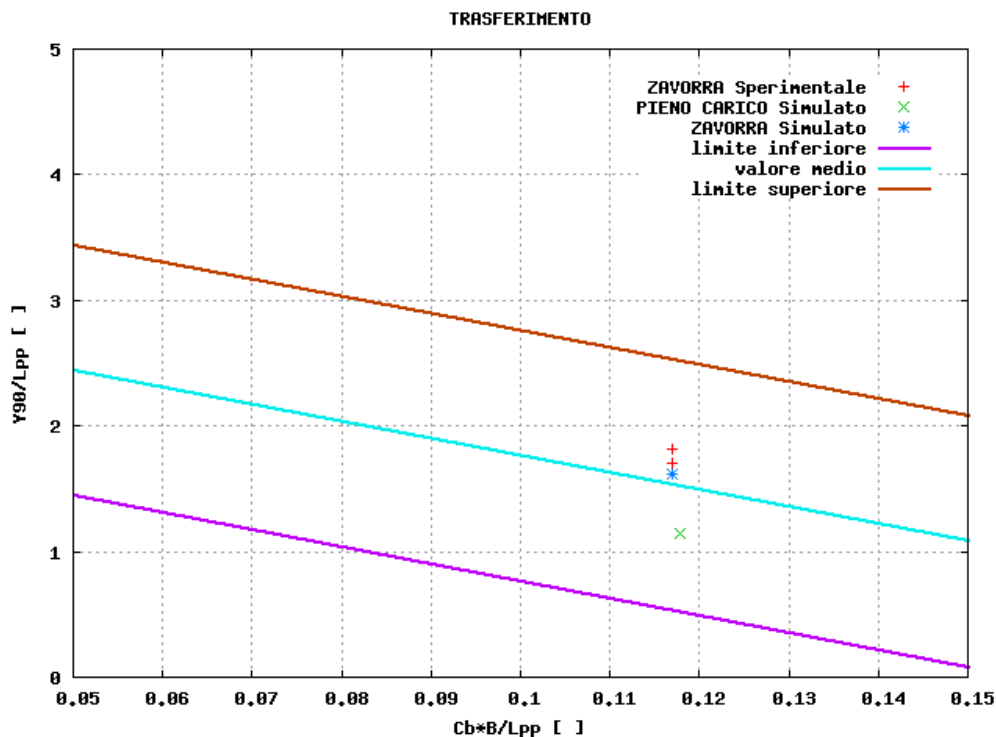


Figura 3

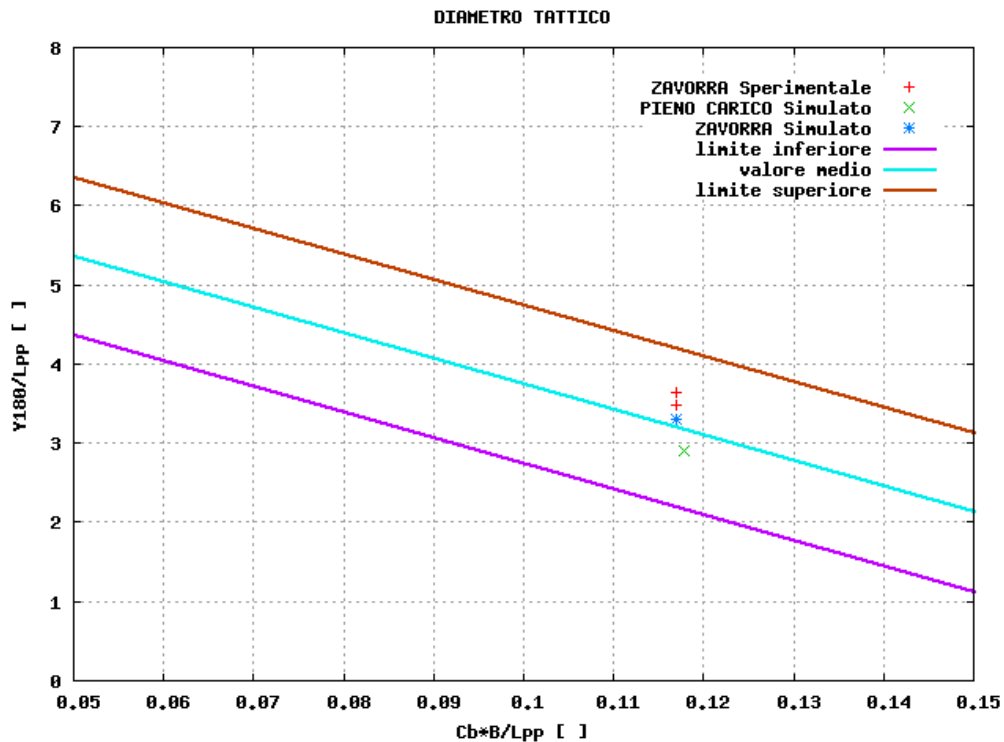


Figura 4

Va tenuto presente che le grandezze fornite nelle figure precedenti sono relative a manovre di evoluzione condotte in acqua profonda e, come noto, esse variano in funzione del rapporto profondità del fondale immersione nave, come si può vedere dalla Figura 5 che riporta la traiettoria della nave oggetto dello studio nella condizione di pieno carico ottenuta durante due prove di evoluzione simulate in acqua profonda (traiettoria di colore giallo) e in basso fondale (traiettoria di colore bianco) con il tracciamento della silhouette della nave ogni 240 secondi (4 minuti). Come si può notare l'effetto dei bassi fondali altera notevolmente le caratteristiche di manovra della nave ed è per questo motivo che la batimetria della zona in esame è stata rilevata con particolare attenzione ed inserita in maniera dettagliata nel data base del simulatore.

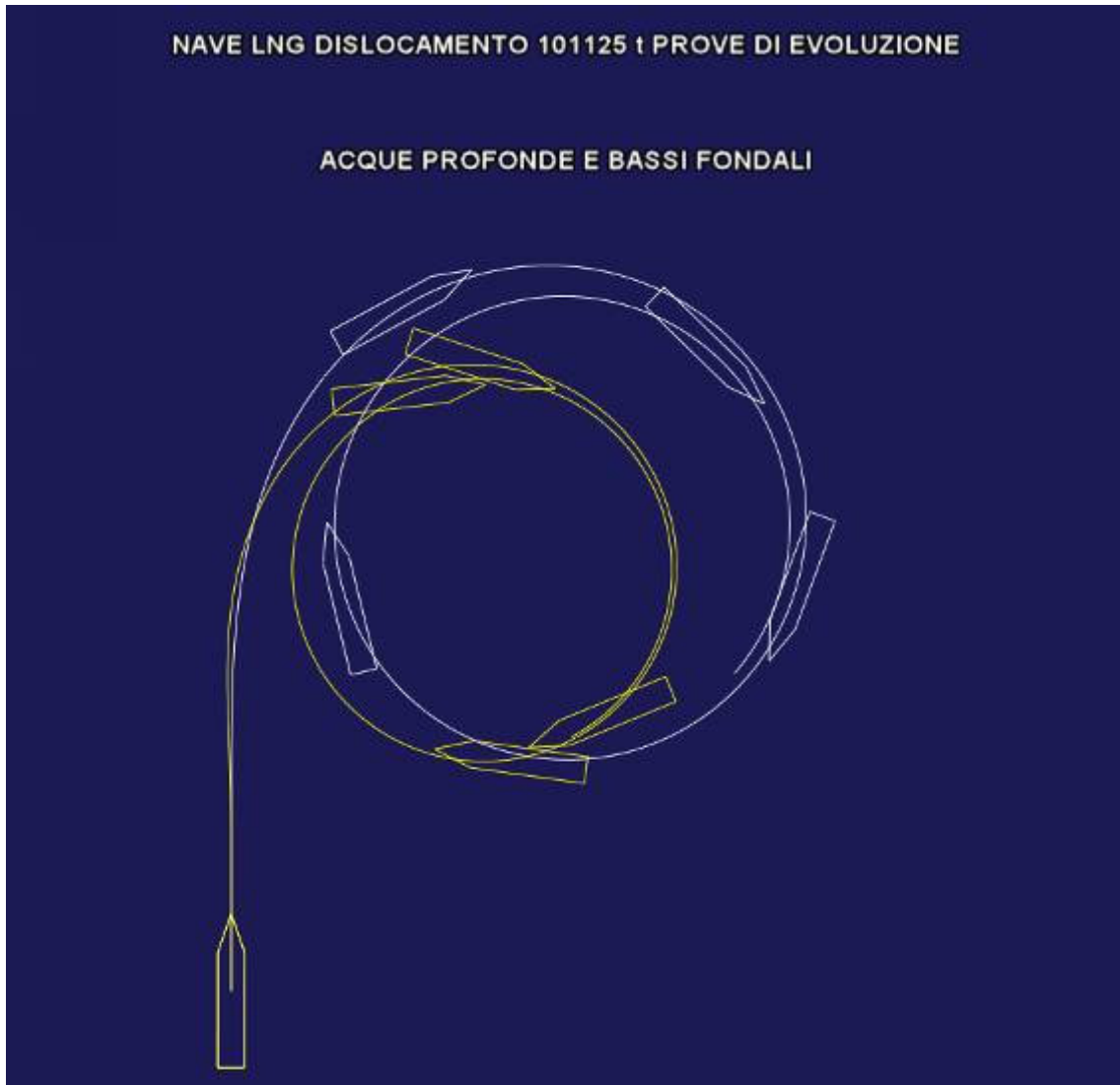


Figura 5

Il terminale offshore di rigassificazione è stato inserito con il centro nel punto di coordinate (45° 36.000' N; 13° 29.500' E) e nel modello di simulazione sono stati inseriti i dati per la sua visualizzazione tridimensionale. La Figura 6, la Figura 7, la Figura 8 e la Figura 9, riportano la vista dei quattro lati del terminale ripresa ad una distanza di circa un quarto di miglio (Figura 6 lato Nord, Figura 7 lato Est, Figura 8 lato Sud e Figura 9 lato Ovest).

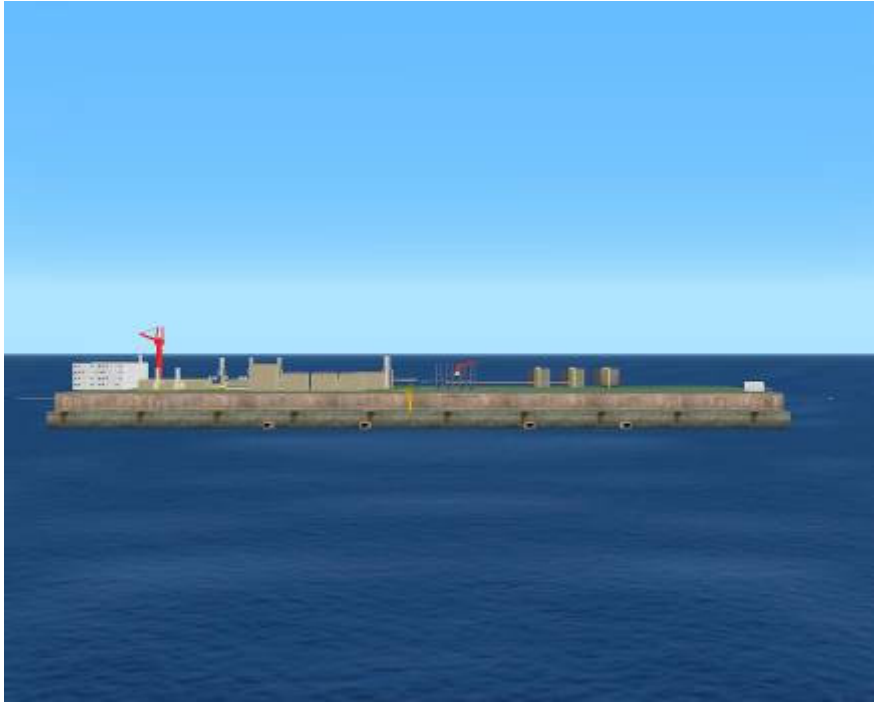


Figura 6



Figura 7



Figura 8

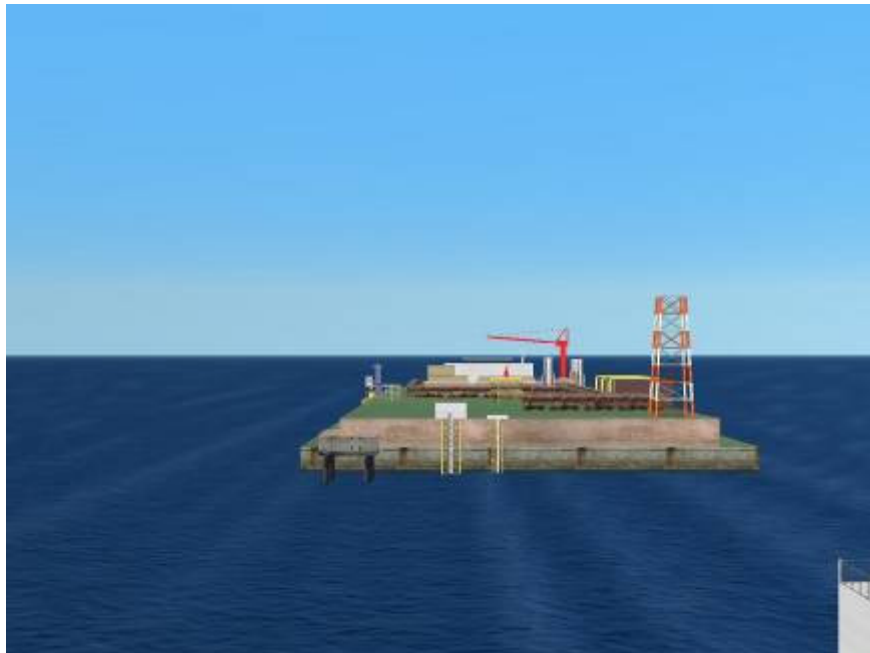


Figura 9



Va notato che le figure sopra riportate sono relative ad una buona visibilità, mentre tutte le manovre sono state effettuate imponendo una visibilità pari a 2 Km.

Tutte le manovre di approccio o di partenza dal terminale sono state eseguite dalla gasiera LNG con l'assistenza dei rimorchiatori, con le seguenti caratteristiche:

- Potenza 6600 KW
- Tiro a punto fisso 100 t

La Figura 10 mostra lo schema della disposizione dei rimorchiatori durante l'esecuzione delle simulazioni delle manovre: il rimorchiatore 1 (rosso) a prora a tirare, il rimorchiatore 2 (verde) a poppa a tirare.



Figura 10

Lo studio è stato condotto considerando una vasta combinazione delle condizioni meteo marine, variando l'intensità e la direzione del vento, l'altezza e il periodo del moto ondoso e considerando possibili avarie al motore o ad un rimorchiatore.

In nessuna delle manovre eseguite è stato utilizzato il bow thruster della gasiera; la forza propulsiva del bow thruster può essere pertanto considerata come una riserva ulteriore in caso di emergenza.

Le condizioni considerate in termini di corrente, moto ondoso e vento sono le seguenti (si veda la figura sottostante Figura 11):



- La corrente (in blu), quando presente, è stata ipotizzata con un'intensità pari a 1 nodo e il suo andamento spaziale nel paraggio oggetto dello studio è stato rappresentato con una linea di flusso di 1 nodo di intensità che si propaga sulla batimetria dei 20 metri in senso antiorario;
- Il vento (in verde) è stato assunto con direzione di provenienza pari a 60°, 120° e 210° con intensità pari a 15 o 30 nodi;
- Il moto ondoso (in rosso) è stato assunto prevalentemente con altezza significativa d'onda pari a 1,5 m e con direzione di provenienza anch'essa pari a 60°, 120° e 210°.

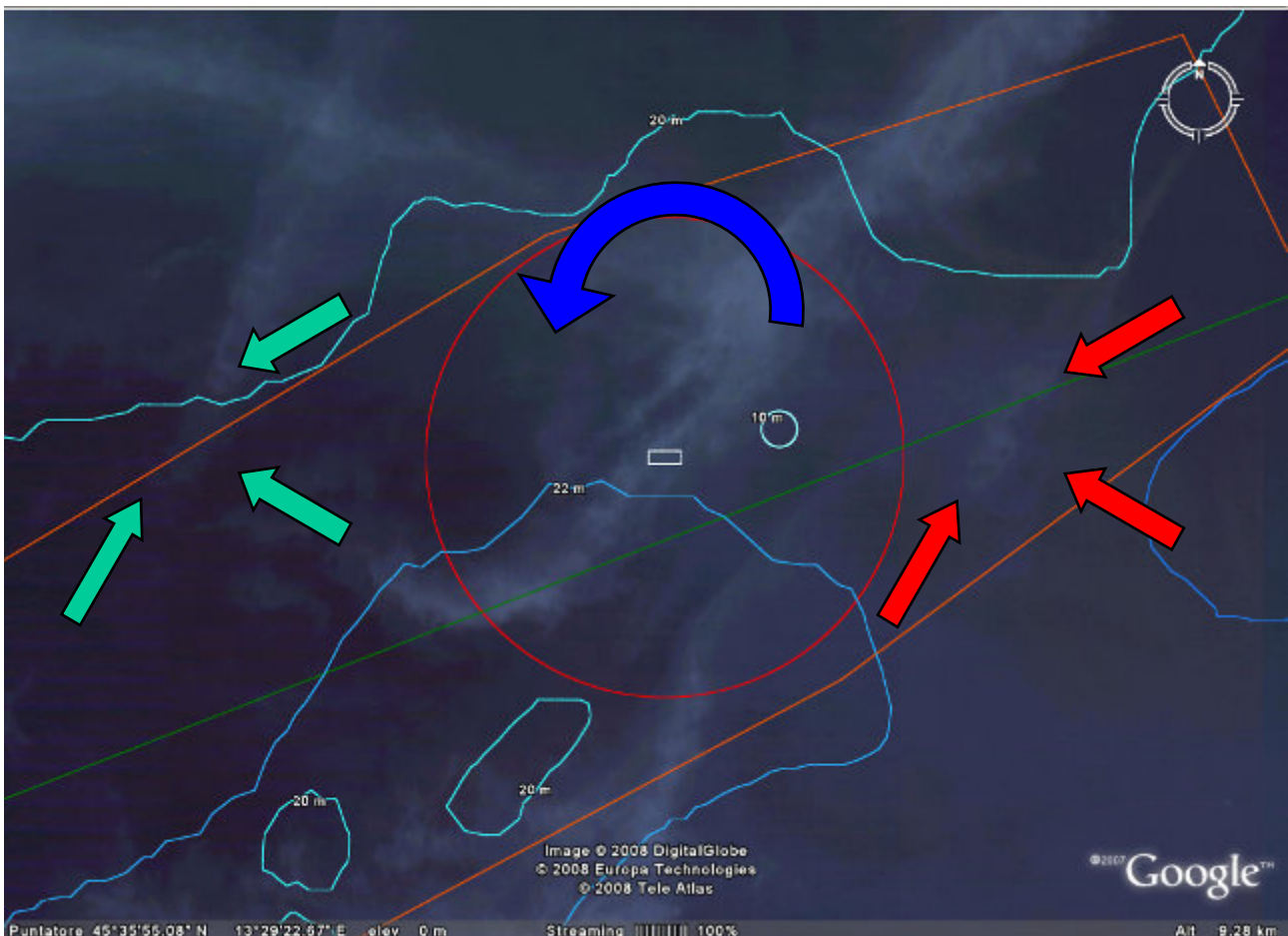
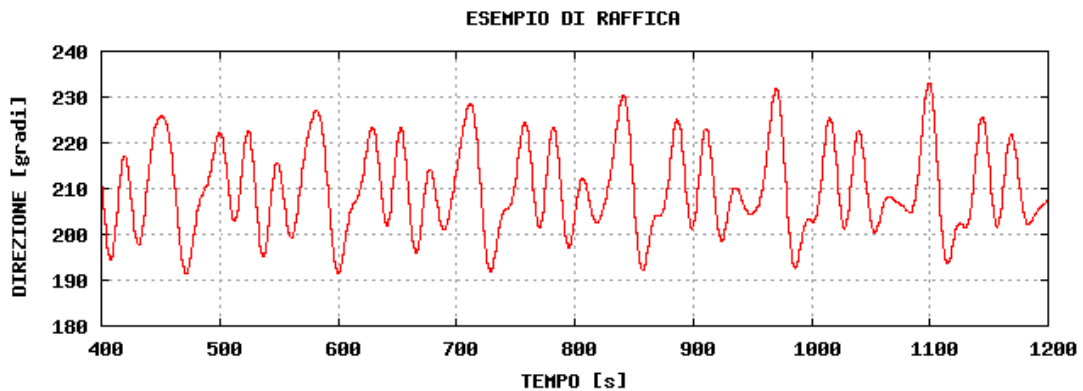
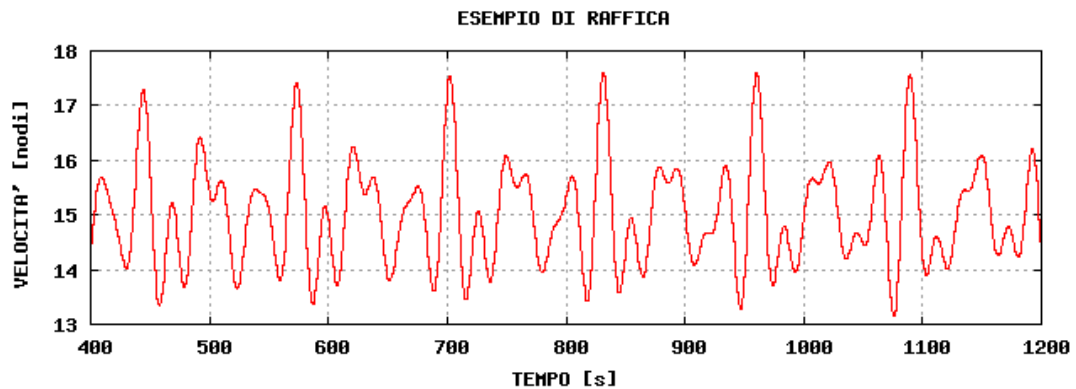


Figura 11



Tutte le condizioni di vento sono state considerate con la presenza di raffiche per la descrizione analitica delle quali si rimanda alla referenza bibliografica [17], un esempio della storia temporale in termini di intensità e direzione viene rappresentato a titolo di esempio in Figura 12 e Figura 13 per la condizione di vento proveniente dai settori meridionali (210°) ed intensità 15 nodi.



La Tab.2 riporta l'elenco delle prove effettuate, mentre la loro descrizione ed i commenti relativi vengono riportati dal Com.te Gian Nicola Brolis (che le ha condotte dal 15.01.2008 al 30.01.2008) all'Appendice A. Va notato che tutte le manovre di arrivo (A nella seconda colonna della tabella) sono state condotte col modello di simulazione



della nave in condizione di pieno carico, mentre quelle di partenza (identificate in tabella con la lettera P) sono state effettuate con la nave in zavorra.

N.	A/P	VENTO		MOTO ONDOSO			CORRENTE		AVARIE	
		Nodi	gradi	m	s	gradi	Nodi	gradi	Rim	Mot.
1	A	0	===	0.0	0	===	0.	===		
2	A	15	60	1.5	5.0	60	1.	*		
3	A	30	60	1.5	5.0	60	1.	*		
4	A	15	210	1.5	5.0	210	1.	*		
5	A	30	210	1.5	5.0	210	1.	*		
6	A	15	120	1.5	5.0	120	1.	*		
7	A	15	60	1.5	5.0	60	1.	*		X
8	P	30	60	1.5	5.0	60	1.	*		
9	A	15	60	1.5	5.0	60	1.	*	X	
10	P	30	210	2.5	6.0	210	1.	*		
11	P	15	120	1.5	5.0	120	1.	*		
12	A	15	210	1.5	5.0	210	1.	*		X
13	A	15	210	1.5	5.0	210	1.	*	X	
14	A	15	210	1.5	5.0	210	1.	*		
15	A	30	210	1.5	5.0	210	1.	*		
16	A	15	60	1.5	5.0	60	1.	*		
17	A	30	60	1.5	5.0	60	1.	*		
18	A	15	120	1.5	5.0	120	1.	*		
19	P	30	120	2.5	6.0	120	1.	*		
20	P	30	120	2.5	6.0	120	1.	*		

Tab.2

L'asterisco (*) nella colonna della direzione della corrente indica che il campo di corrente è stato assunto con le caratteristiche descritte in precedenza.

Nell'esecuzione della manovra è stata tenuta in considerazione la presenza di un Wreck segnalato sulla carta nautica a profondità di 11 m; ciò a massima cautela in quanto tale relitto non dovrebbe essere più in sito essendo stato rimosso durante le operazioni di bonifica del Golfo di Trieste, condotte negli anni cinquanta. Ulteriori verifiche saranno comunque condotte in loco prima della fase di ingegneria di dettaglio del terminale.



Le manovre di avvicinamento sono state eseguite passando tra il terminale ed il Wreck, con una rotta iniziale di 55°, inoltre è stato preso in considerazione l'avvicinamento al terminale provenendo dall'ancoraggio con una rotta iniziale di 230°.

Il punto evidenziato con un cerchio verde, rappresenta la posizione in cui avviene l'entrata nella "Separation Zone". Questa posizione è stata utilizzata come punto di partenza per diverse manovre.

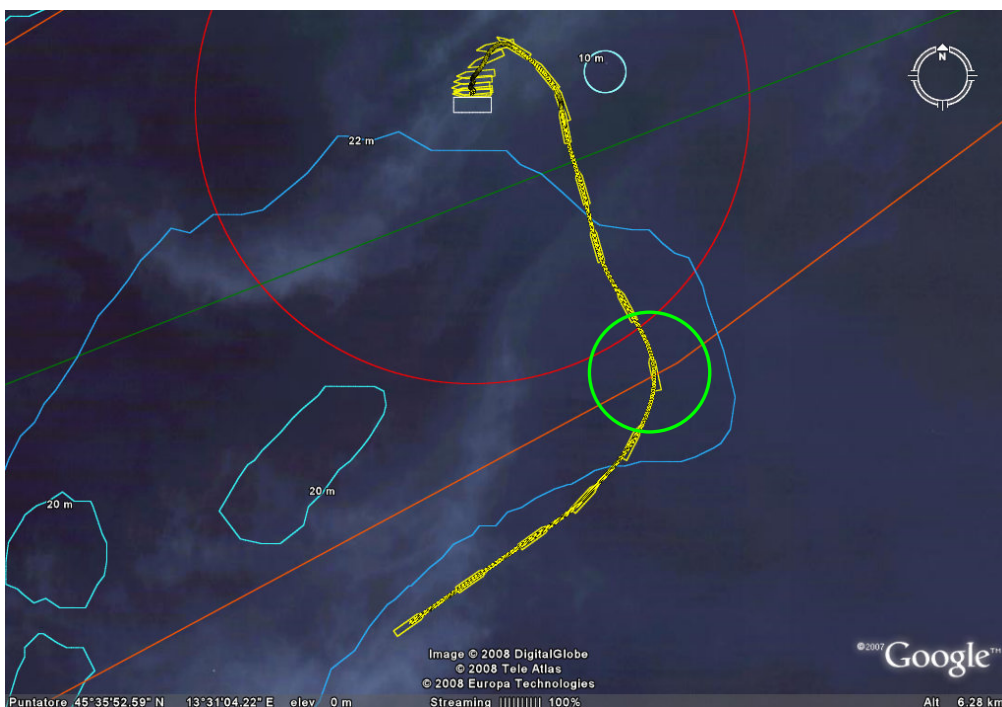


Figura 14

Per ognuna delle 20 manovre riportate nella Tab.2 su supporto informatico viene fornito un file (tipo monprova???.kmz) che può essere aperto con Google Earth. In questa maniera è possibile vedere la traiettoria seguita dalla nave durante l'esecuzione della manovra con la silhouette della nave LNG rappresentata ad intervalli di 240 s (4 minuti), mentre, cliccando sulla traiettoria della nave stessa è possibile avere informazioni circa le



grandezze cinematiche e dinamiche della nave. Questo tipo di informazione è disponibile ogni 5 secondi.

Inoltre, nell'appendice A, per le 20 manovre vengono anche fornite le tre storie temporali delle grandezze più importanti dal punto di vista della conduzione della manovra, più precisamente:

- Telegrafo di macchina (1=AVANTI TUTTA, -1=INDIETRO TUTTA) e angolo di timone, adimensionalizzato sul valore massimo (pari a 35°) positivo a destra;
- Forza dei rimorchiatori;
- Direzione della forza dei rimorchiatori (angolo = 0° rivolta verso la prora nave, angolo = 90° rivolta verso il lato destro della nave).

5. IL MODELLO MATEMATICO

Come in ogni simulatore di manovra, il modello matematico che schematizza il comportamento dinamico della nave al variare delle azioni di controllo rappresenta il nucleo attivo dell'intero sistema. Esso risulta essere in grado di predire nel tempo la rotta e la traiettoria della nave al variare delle azioni di governo e di manovra, prendendo in considerazione l'effetto di disturbi esterni alla nave (mare, vento, corrente) e di particolari condizioni quali i bassi fondali, nonché l'azione di rimorchiatori e cavi di ormeggio e parabordi nella fase finale di ormeggio in banchina.

La nave viene assimilata ad un corpo rigido avente tre gradi di libertà nel piano orizzontale e le tre formulazioni delle forze agenti su di essa possono essere sinteticamente descritte nella seguente forma:

$$m(\dot{u} - vr) = X'$$

$$m(\dot{v} + ur) = Y'$$

$$I_{zz} \dot{r} = N'$$



ove si indicano con:

m = massa della nave

I_{zz} = momento di inerzia intorno all'asse verticale

u, v, r = velocità di abbrivio, di deriva e di imbardata

e il punto sopra la variabile indica la derivata prima temporale della variabile stessa.

Per avere una simulazione il più realistica possibile è necessario anche schematizzare la dinamica della propulsione, che viene descritta dalla seguente equazione differenziale:

$$2\pi I_p \dot{n} = Q_D - Q_P - Q_F$$

ove:

Q_D = coppia fornita dall'apparato motore

Q_P = coppia assorbita dall'elica

Q_F = coppia assorbita dagli attriti del motore e della linea d'assi

I_p = momento di inerzia del propulsore

n = numero di giri

Va notato che di queste equazioni differenziali ne esistono tante quante sono gli assi della nave in esame.

Le forze agenti sulla nave, rappresentate dai termini di destra delle equazioni differenziali precedenti, lungo i suoi tre gradi di libertà nel piano orizzontale, sono state scomposte in contributi attribuibili alla carena (H), all'elica (P), al timone (R), al vento (W), alle onde (S), all'elica trasversale di manovra (B), ai rimorchiatori (T) e ai cavi di ormeggio (L). Nel seguito verrà data una breve descrizione degli approcci alla trattazione dei singoli moduli rappresentanti le varie componenti delle forze.

5.1. Forze di carena

RINA INDUSTRY S.p.A.

Società coordinata dal Socio unico Rina S.p.A.

Via Ilva 2 - 16128 Genova - Italia

Tel. +39 010 53.85.1

Fax +39 010 56.14.99



Al fine di avere un'espressione matematica per questo tipo di forze, che si assume essere quelle provocate dai moti della nave, viene usato uno sviluppo in serie di Taylor a più variabili [1]. Tale sviluppo in serie viene fatto nell'intorno di un punto di equilibrio delle forze agenti sulla nave e cioè per un determinato valore della velocità longitudinale e per valori nulli dell'altra componente lineare e della velocità angolare. Il numero dei coefficienti dello sviluppo in serie, generalmente noti come coefficienti idrodinamici, varia a seconda dello scopo del problema che deve essere affrontato e del grado di sofisticazione con cui sono inseriti nella rappresentazione matematica gli effetti idrodinamici della carena.

La valutazione dei coefficienti idrodinamici è stata effettuata utilizzando approcci di tipo semi empirico (Clarke [2], Kijima [3]) basati sull'analisi statistica di un notevole numero di dati sperimentali. Le formulazioni così ottenute permettono di calcolare le derivate idrodinamiche lineari e non lineari in funzione delle dimensioni e dei rapporti adimensionali principali che definiscono la carena.

Per tenere conto di manovre effettuate in condizioni di basso fondale, è stata utilizzata la formulazione di Sheng [4] per il calcolo delle correzioni da apportare a buona parte delle derivate idrodinamiche di carena. Tali correzioni, dipendenti dall'immersione media e dalla profondità del fondale, sono rappresentate come funzioni non lineari dei rapporti adimensionali larghezza-immersione (B/T) e profondità-immersione (H/T) e vengono applicate limitatamente alle derivate idrodinamiche lineari. Un ulteriore fattore correttivo riguarda invece la resistenza al moto che, in prima approssimazione, si è ipotizzato incrementi linearmente in funzione del rapporto immersione profondità.

5.2. Forze dovute al vento

Soprattutto a basse velocità e per navi aventi un'elevata superficie esposta, le componenti di tali forze possono assumere intensità tali da compromettere, o perlomeno alterare, le capacità di risposta della nave alle azioni di controllo e di governo. Tali



problematiche possono manifestare il loro effetto soprattutto durante la navigazione in aree marittime a traffico controllato (porti, canali, fiordi, ecc.) dove vengono di più esaltati gli aspetti legati alla sicurezza della navigazione.

Nel modello di simulazione utilizzato il vento è considerato a raffiche che variano la sua intensità e la sua direzione media durante tutta la durata della manovra e le forze da esso generate sono ritenute proporzionali al quadrato della velocità relativa nave-vento secondo le seguenti relazioni:

$$X_W = \frac{1}{2} \rho_a V_a^2 A_x C'_x$$

$$Y_W = \frac{1}{2} \rho_a V_a^2 A_y C'_y$$

$$N_W = Y_W L_{OA} C'_N$$

dove:

ρ_a = densità dell'aria

V_a = velocità del vento relativo

A_x, A_y = proiezioni dell'area trasversale e longitudinale

L_{OA} = lunghezza fuori tutto

I tre coefficienti aerodinamici C'_x, C'_y, C'_N sono ottenuti da test effettuati in galleria del vento al variare dell'angolo di incidenza del vettore velocità relativa nave-vento rispetto la prora della nave su numerosi modelli riproducenti in scala le sovrastrutture e l'opera morta (Tang [5], Aage [6]). Per l'effettuazione delle simulazioni presentate si sono scelti nell'ambito dei coefficienti riportati quelli che meglio caratterizzano la nave schematizzata.



5.3. Forze dovute alla corrente e al moto ondoso

Per le verifiche della navigabilità risulta di grande interesse conoscere gli effetti che vengono introdotti dagli agenti meteo-marini e verificarne l'impatto che hanno sullo svolgimento delle varie manovre. Nel modello di simulazione gli effetti della corrente vengono inseriti nel modello matematico sulla base del concetto di velocità relativa. Ciò significa che le forze idrodinamiche vengono valutate non sulla base delle due componenti della velocità lineare della nave, ma considerando le componenti della velocità relativa nave-fluido.

Nel modello di simulazione anche l'azione del moto ondoso viene presa in considerazione attribuendo il suo effetto alla variazione della velocità relativa fluido-carena, intesa in questo contesto come differenza tra la velocità della nave e la componente della velocità orbitale dell'onda e ciò permette di considerare sia gli effetti del primo che del secondo ordine, altrimenti schematizzati con l'introduzione di altri coefficienti, come riportato nella referenza bibliografica [7]. Nell'applicazione si considera che l'opera viva non alteri il potenziale d'onda, cioè vengono trascurati gli effetti delle onde riflesse e difratte dalla carena e di quelle provocate dai moti oscillatori della nave intorno e lungo i suoi assi.

Per il calcolo della velocità orbitale dell'onda si è ipotizzato che lo stato di mare, indipendentemente dalle condizioni ambientali, quali fetches e fondali, sia rappresentato dalla distribuzione spettrale a due parametri di Pierson-Moskowitz [8]. Lo spettro di mare viene schematizzato introducendo cinque contributi energetici ciascuno di pari intensità ($0.2 m_0$) e con una frequenza (ω_i) pari al rapporto fra il momento di ordine uno e quello di ordine zero. Più dettagliatamente, avendo indicato con m_0 :

$$m_0 = \int_0^{\infty} S(\omega) d\omega$$



l'espressione della frequenza (ω_i) può essere esplicitata nel modo seguente:

$$\omega_i = \frac{\int_{\omega_i}^{\omega_{i+1}} \omega S(\omega) d\omega}{\int_{\omega_i}^{\omega_{i+1}} S(\omega) d\omega} = \frac{\int_{\omega_i}^{\omega_{i+1}} \omega S(\omega) d\omega}{\frac{1}{5} m_0}$$

Per ciascuna delle cinque frequenze (ω_i) si determina la velocità orbitale lungo la direzione di propagazione dell'onda che viene proiettata lungo gli assi di un sistema inerziale (X_0, Y_0) secondo le formule seguenti:

$$U_{W_i} = -a \omega_i e^{-Kt} \cos \beta \cos [K(X_0 \cos \beta + Y_0 \sin \beta) - \omega_i t + \varphi_i]$$

$$V_{W_i} = -a \omega_i e^{-Kt} \sin \beta \cos [K(X_0 \cos \beta + Y_0 \sin \beta) - \omega_i t + \varphi_i]$$

avendo indicato con:

T = immersione nave

K = numero d'onda della frequenza ω_i

A = ampiezza d'onda

β = direzione di provenienza del moto ondoso

φ_i = fase casuale alla frequenza ω_i

Le velocità orbitali possono essere proiettate lungo gli assi (x,y) solidali con la nave in accordo alle seguenti relazioni:

$$u_w = U_w \cos \varphi + V_w \sin \varphi$$



$$v_w = -U_w \sin \varphi + V_w \cos \varphi$$

avendo indicato con φ la rotta della nave e con U_w e V_w la somma ottenuta dalle cinque componenti con le quali è stato schematizzato lo spettro del moto ondoso.

5.4. Forze dell'elica

La simulazione del comportamento dinamico della nave in manovra, perché sia corretta, necessita di una accurata schematizzazione analitica della spinta fornita dall'elica. Il tradizionale grafico di elica isolata e la relativa approssimazione polinomiale dei coefficienti K_T e K_Q di spinta e coppia rappresentano la caratteristica di funzionamento nel tradizionale quadrante propulsivo caratterizzato da velocità d'avanzo e giri positivi; questo potrebbe essere sufficiente alla simulazione delle principali manovre standard, ma non adatto alla marcia addietro o alla più complessa simulazione dell'inversione di spinta nelle manovre di arresto, azioni effettuate a bordo nelle fasi di avvicinamento ad un'area portuale.

Per ovviare a questi inconvenienti si è fatto uso della rappresentazione adottata nella referenza [9] per la schematizzazione matematica di questo tipo di forze. In questo lavoro i coefficienti di spinta e di coppia dell'elica vengono riportati in funzione dell'angolo di passo idrodinamico (β) che può assumere valori compresi fra 0 e 2π :

$$C_T = \sum_{k=0}^n [A(k) \cos k\beta + B(k) \sin k\beta]$$

$$C_Q = \sum_{k=0}^n [A(k) \cos k\beta + B(k) \sin k\beta]$$

$$\text{con } \beta = \text{tg}^{-1} \frac{V_a}{0.7 \pi n D}$$



In questa maniera pertanto risulta possibile schematizzare il funzionamento dell'elica anche quando essa opera a giri e/o velocità d'avanzo negativi.

I coefficienti di spinta e coppia, una volta inseriti in un apposito algoritmo matematico e noti i parametri indipendenti (velocità nave, scia, passo effettivo dell'elica e numero dei giri), restituiscono la coppia assorbita e la spinta fornita dall'elica. Quest'ultima grandezza viene introdotta nel modello matematico a meno del coefficiente di risucchio che viene in prima approssimazione assunto costante nonostante il variare della velocità nave.

5.5. Forze del timone

La determinazione delle forze generate dal timone è l'elemento chiave nella simulazione della nave in manovra. Essenzialmente le forze del timone sono quelle generate da una superficie di controllo simmetrica, caratterizzata da coefficienti di resistenza e portanza in funzione dell'angolo di attacco. Detti coefficienti, derivati da misure su profili isolati, rappresentano la risposta del sistema timone ad un flusso comunque orientato. La determinazione della velocità e direzione effettiva del flusso incidente la sua superficie è resa più complessa dalla posizione che il timone normalmente assume, dietro carena e dietro elica. Gli effetti dell'elica sul flusso giocano un ruolo determinante sulla capacità evolutiva. I fenomeni di interferenza sono stati tenuti in considerazione nel modello matematico secondo quanto suggerito nelle referenze [10,11].

5.6. Forze delle eliche trasversali di manovra

La determinazione delle forze generate dalle eliche di manovra riveste una particolare importanza quando vengono effettuate manovre di attracco, specie se non è previsto l'utilizzo di rimorchiatori e pertanto è molto frequente durante l'esecuzione della manovra l'uso di questi apparati.

La spinta esercitata da questo tipo di propulsore trasversale è ovviamente funzione delle sue caratteristiche geometriche e cinematiche, infatti, è ovvio che le condizioni di flusso



sul disco dell'elica e conseguentemente le sue condizioni di funzionamento siano influenzate da queste variabili. Dato che le eliche trasversali prodriere sono generalmente eliche a passo variabile, esse presentano un diagramma di funzionamento relativo al coefficiente di spinta che può essere assunto come un fascio di rette parallele parametrizzate dall'angolo di passo e decrescenti in funzione del coefficiente d'avanzo, come viene suggerito nel riferimento bibliografico [12]. Inoltre poiché generalmente l'impianto di propulsione per questo tipo di eliche è elettrico ed opera praticamente a giri costanti e dato che l'elica funziona in campo libero, in quanto non soggetta a scia, il diagramma di elica isolata può essere riportato facilmente in termini dimensionali, avendo cura di esprimere la velocità come quella trasversale effettiva alla quale è soggetto il propulsore.

L'efficienza di questo tipo di propulsore diminuisce all'aumentare della velocità longitudinale della nave [13,14]. Al fine di tenere conto di questo ultimo fattore nella schematizzazione matematica è stato introdotto un coefficiente di attenuazione di spinta, funzione lineare di questa velocità.

5.7. Forze dei rimorchiatori

Al fine di avere una schematizzazione matematica il più rispondente possibile all'effettivo comportamento idrodinamico e meccanico del complesso sistema motore-elica del rimorchiatore e contemporaneamente un algoritmo non troppo sofisticato per poter essere elaborato in tempo reale, condizione necessaria per tutti i modelli di simulazione, generalmente vengono introdotte le seguenti ipotesi semplificative:

- il rimorchiatore opera con il piano dell'elica sempre normale alla direzione del tiro;



- il motore del rimorchiatore opera a giri costanti e pari a quelli nominali, lasciando alla sola variazione di passo della sua elica il compito di adeguare la spinta secondo le esigenze della manovra;
- il coefficiente di scia del rimorchiatore viene considerato costante in tutto il campo di velocità a cui esso opera.

Sulla base di queste ipotesi, quanto precedentemente illustrato, riguardo all'andamento del coefficiente di spinta in funzione di quello di avanzo e dell'angolo di passo dell'elica trasversale, è estrapolabile anche per la schematizzazione dell'elica dei rimorchiatori. Va tuttavia notato che in questo contesto l'ascissa del diagramma dimensionale deve essere intesa come la proiezione lungo la direzione del tiro del rimorchiatore del vettore velocità del punto di applicazione della forza.

Alla luce di queste considerazioni la spinta esercitata dal rimorchiatore può essere espressa con una retta con coefficiente angolare negativo e termine noto positivo che altro non rappresenta che il tiro a punto fisso del rimorchiatore.

Il tiro fornito dal rimorchiatore ed agente sulla nave è ottenuto dalla differenza fra la spinta fornita dalla sua elica e la resistenza al moto che è supposta funzione quadratica della sua velocità, la cui costante può essere ricavata in base alla conoscenza della resistenza al moto del rimorchiatore.

5.8. Forze dei cavi di ormeggio e dei parabordi

Nel caso in esame nella simulazione delle manovre di accosto una particolare importanza riveste la corretta simulazione delle azioni dinamiche esercitate sulla nave LNG sia dai cavi di ormeggio che dai parabordi.

Circa i cavi di ormeggio va sottolineato che il modello di simulazione è in grado di gestire la lunghezza del cavo e conseguentemente calcolare la forza agente su di esso sulla base della cinematica fra la bitta del terminale e il punto di bloccaggio posto a bordo



RINA INDUSTRY

delle nave. La forza viene considerata puramente elastica con un coefficiente di elasticità che può essere dato in input e l'azione dinamica sulla nave in termini di forze nel piano orizzontale e di momento viene determinata sulla base dell'angolo relativo fra la direzione del cavo e il suo asse longitudinale.

L'azione dei parabordi viene schematizzata nel modello matematico di simulazione come un fenomeno elastico la cui costante è variabile a seconda del grado di compressione raggiunto dal parabordo; anche in questo caso il calcolo delle forze agenti sulla nave tiene conto della sua posizione relativa rispetto al terminale.



6. IL SISTEMA DI SIMULAZIONE

Tutte le simulazioni delle manovre eseguite nello svolgimento del presente studio sono state condotte utilizzando un sistema di simulazione, composto da tre personal computer collegati fra loro in rete.

Ciascun personal computer è dedicato ad una determinata funzione che in questa sede si vuole descrivere brevemente:

Personal computer N° 1

Su questo personal computer, sistemato alla sinistra di tutta la postazione, che nella fase operativa è impiegato dall'operatore, ha la funzione di impostare la manovra scegliendo cioè la nave da assegnare alla stazione di manovra, che verrà descritta in dettaglio nel prosieguo, la posizione iniziale della nave, il suo orientamento, la sua velocità iniziale, le condizioni meteo marine quali il vento in termini di intensità e direzione, il moto ondoso in termini di altezza significativa e periodo medio e direzione di provenienza, la corrente specificandone velocità e direzione, la visibilità, l'eventuale pioggia e la data e l'ora della simulazione, determinando così il fattore giorno o notte in funzione, oltrechè ovviamente dell'ora, della data, della latitudine e della longitudine dell'area teatro delle simulazioni. L'operatore di questo personal computer, che potremmo definire "regista della simulazione", imposta l'inizio e la fine di ogni simulazione e durante l'esecuzione della manovra ha l'opportunità di seguirne l'evolversi in un piano orizzontale ed i vari menù a sua disposizione permettono una ampia scelta per il monitoraggio dei parametri cinematici e dinamici della nave coinvolta nello scenario della simulazione. Inoltre l'operatore ha la possibilità di gestire i rimorchiatori, specificandone la percentuale di tiro e la direzione dello stesso nonché quella di agire sui cavi di ormeggio. Va sottolineato che in questa fase l'operatore del personal computer N° 1 è un mero



esecutore di ordini in quanto le scelte sul tiro dei rimorchiatori e dei cavi vengono effettuate dal comandante che le comunica verbalmente all'operatore stesso.

Personal computer N° 2

All'estrema destra della postazione di simulazione è installato il secondo personal computer, ove è installato il modello matematico di simulazione della nave LNG. Tramite il mouse è possibile azionare il telegrafo di macchina, la ruota del timone e il comando per l'elica di manovra.

La dinamica della nave durante le simulazioni viene rappresentata sullo schermo del personal computer che riproduce in un piano orizzontale la silhouette della nave coinvolta nella manovra e l'operatore durante l'esecuzione delle simulazioni delle manovre ha l'opportunità di scegliere la scala che ritiene più opportuna, zoomando a sua discrezione l'immagine.

Oltre a determinare la cinematica della nave in conseguenza ai comandi impartiti dal comandante sugli organi di governo e di propulsione, questo personal computer gestisce la rappresentazione dei suoi organi di controllo nella parte inferiore dello schermo. Come si può notare nella Figura 15 nella parte inferiore sinistra troviamo l'ecoscandaglio, l'interruttore per attivare la rappresentazione dell'anemometro o del sistema per la gestione della visione tridimensionale, come nel caso della figura proposta. Nella parte centrale dello schermo troviamo l'indicatore del GPS con le coordinate della nave, l'ora e la data, mentre nella parte destra troviamo la bussola, l'indicatore di velocità angolare, il solcometro, l'indicatore del numero di giri del propulsore e dell'angolo di barra del timone.

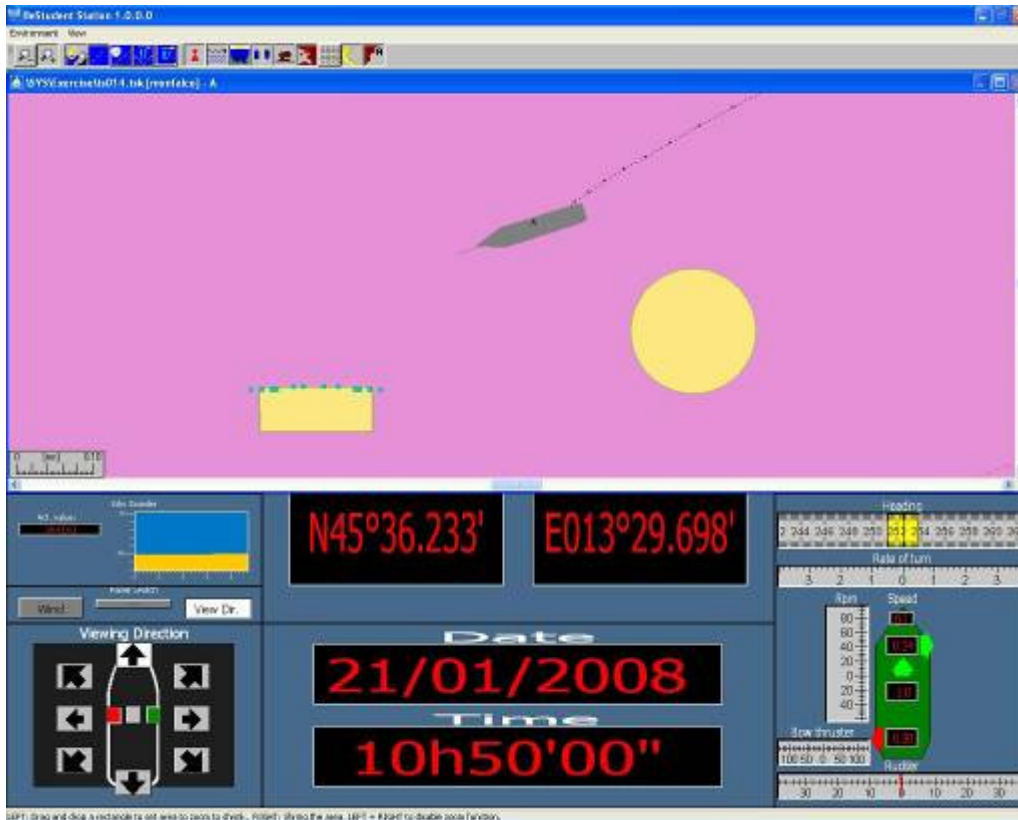


Figura 15

Personal computer N° 3

Fisicamente posto fra i personal computer N° 1 e N° 2 questo personal computer ha la finalità di riprodurre i suoni, relativi a vento, pioggia e motore principale, che si hanno a bordo della nave LNG nonché di rappresentare, a seconda delle modalità impostate tramite il precedente PC, l'immagine 3D che si ha dalla plancia di questa unità e che viene fornita dallo schermo o in alternativa da un proiettore video. Anche per questo personal computer si propone in Figura 16 a titolo di esempio la rappresentazione di una manovra, tenendo presente che essa è relativa all'aletta di plancia di sinistra.



RINA INDUSTRY



Figura 16



APPENDICE A: DESCRIZIONE DELLE MANOVRE EFFETTUATE

SIMULAZIONE NUMERO 01

DATA: 15 Gennaio 2008 09.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
0	0	0 / 0	0	0	0

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	L= 45° 33.995' N Long= 013° 28.958' E
Rotta:	055 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE:

La prima simulazione è stata effettuata con condizioni meteo/marine di calma al fine di verificare i dati inseriti nel simulatore.

Sono stati considerati il pilota già a bordo ed i rimorchiatori in attesa a 2000 metri a Sud del terminale.



La nave ha accostato a sinistra dirigendosi con la prua tra il terminale ed il wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a sud-est del terminale è stata fermata la macchina e data volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati è stata impiegata la macchina indietro al fine di ridurre la velocità nave.

La manovra è stata portata a termine, utilizzando la macchina, il timone ed i rimorchiatori.

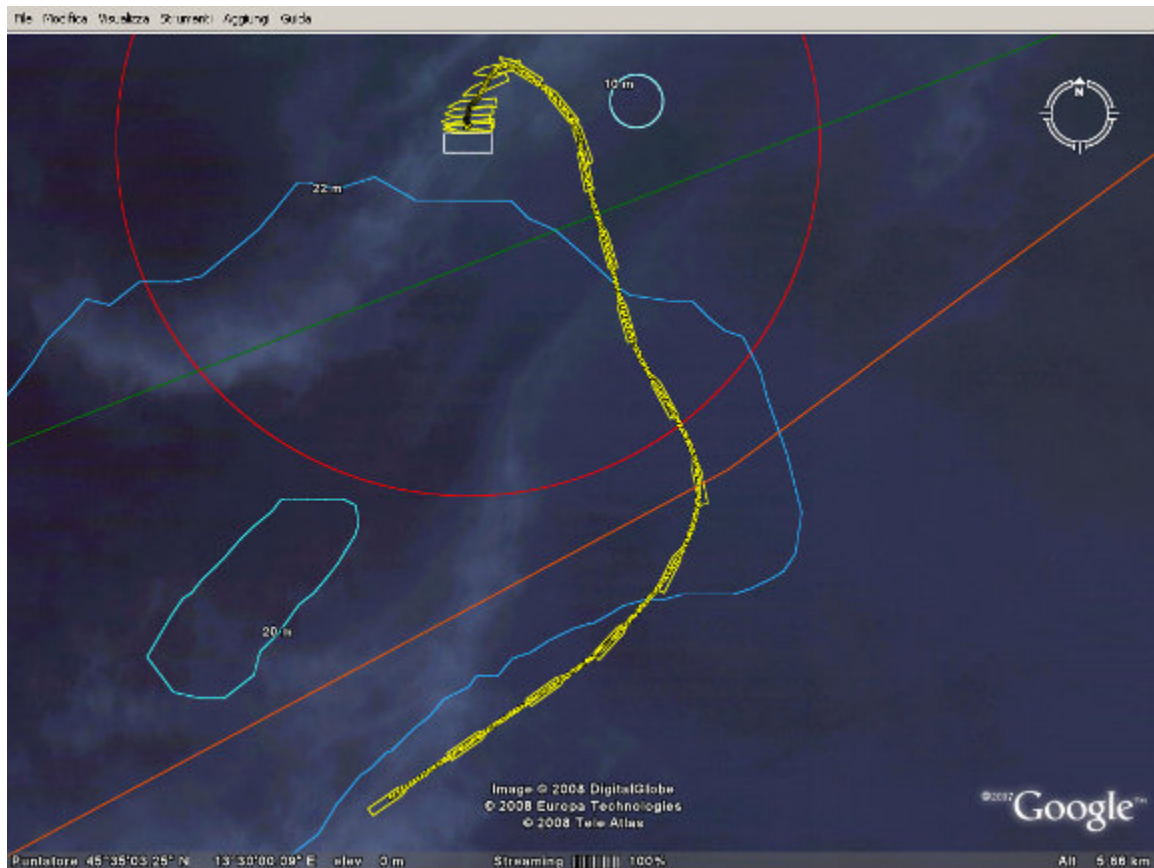


Figura 17

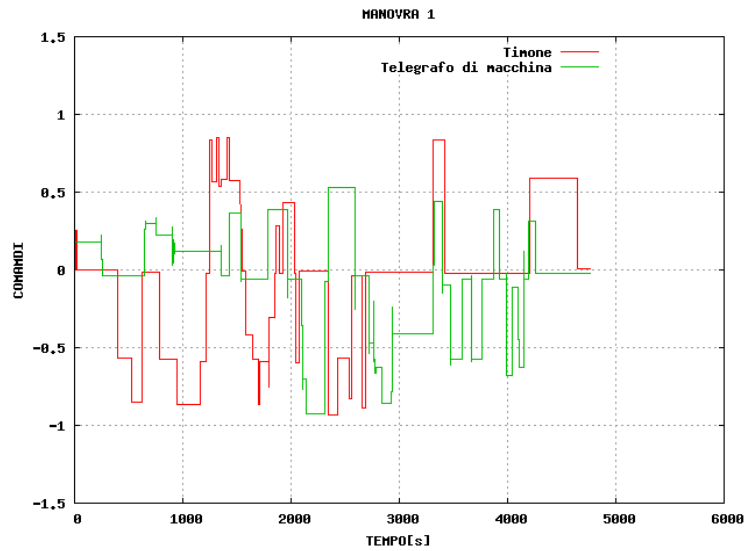


Figura 18

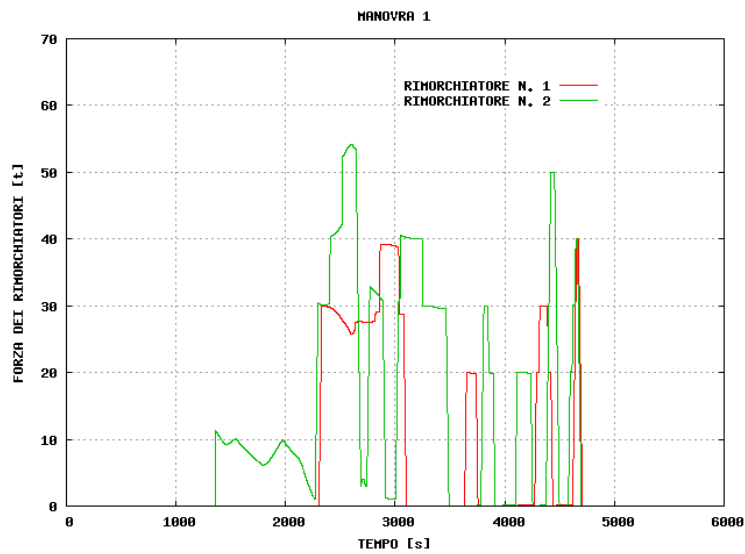


Figura 19

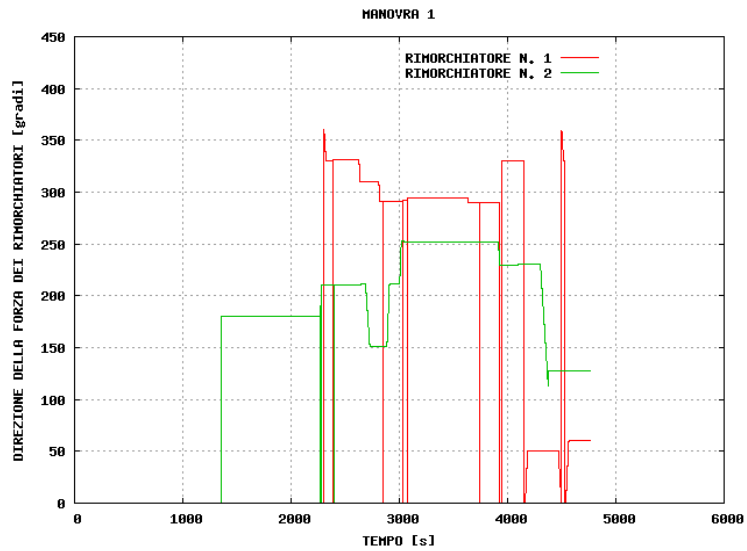


Figura 20



SIMULAZIONE NUMERO 02

DATA: 15 Gennaio 2008 11.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
15	060	5 / 1.5	060	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	L= 45° 33.995' N Long= 013° 28.958' E
Rotta:	055 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE:

Sono stati considerati il pilota già a bordo ed i rimorchiatori in attesa a 2000 metri a Sud del terminale.

La nave ha accostato a sinistra dirigendosi con la prua tra il terminale ed il wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a sud-est del terminale è stata fermata la macchina e data volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati è stata impiegata la macchina indietro al fine di ridurre la velocità nave.



Si è contrastato lo scarroccio, dovuto all'effetto del vento e dalla corrente, utilizzando i rimorchiatori appena questo è stato fattibile.

La manovra è stata portata a termine, utilizzando la macchina, il timone ed i rimorchiatori.

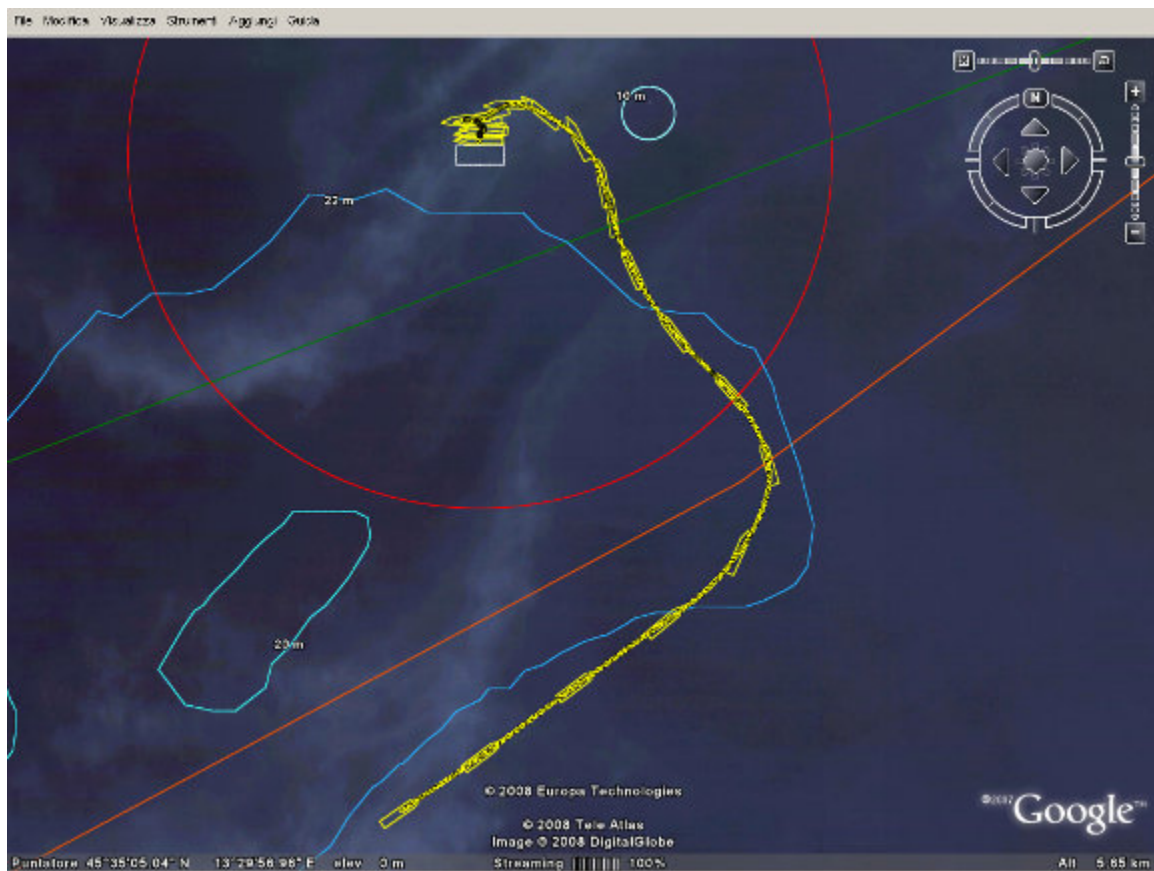


Figura 21

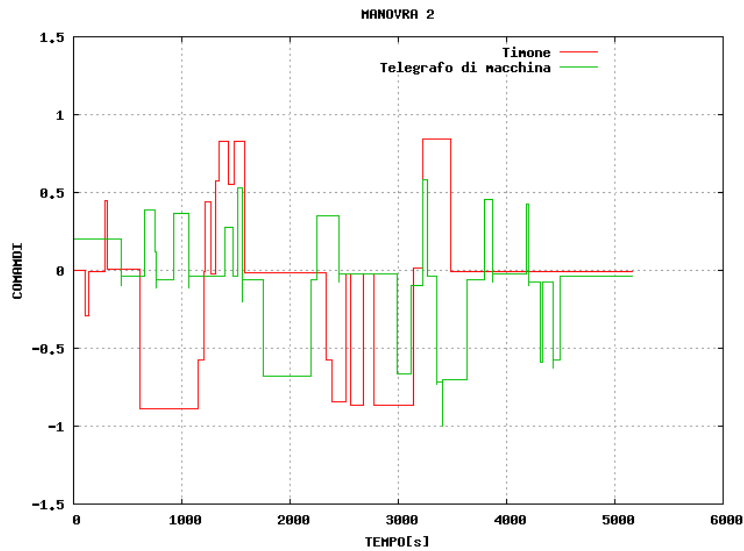


Figura 22

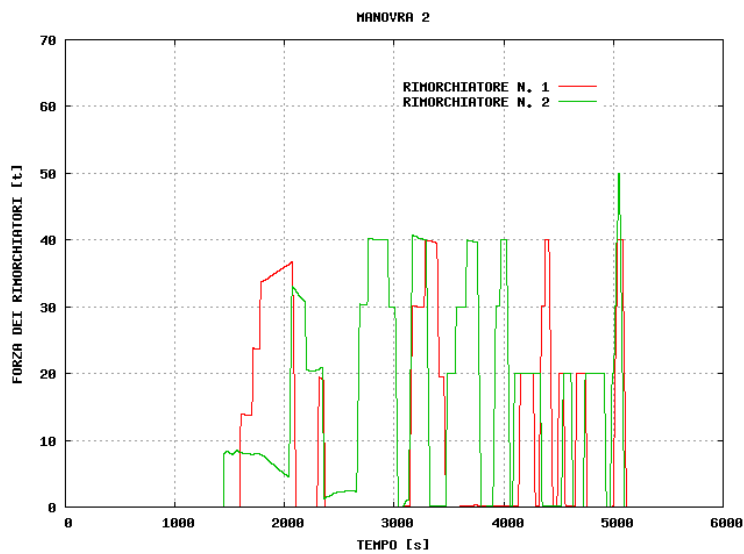


Figura 23

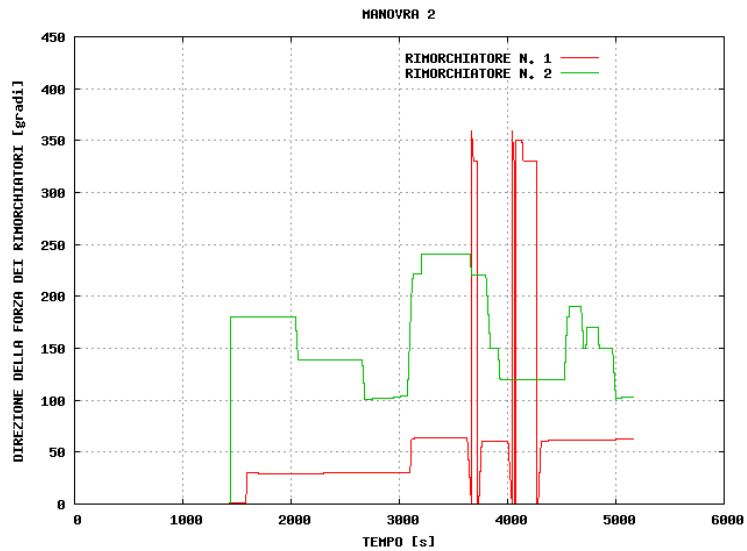


Figura 24



SIMULAZIONE NUMERO 03

DATA: 15 Gennaio 2008 13.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
30	060	5 / 1.5	060	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	Limite sud-est del cerchio dei 2000 metri
Rotta:	360 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE:

Sono stati considerati il pilota già a bordo ed i rimorchiatori in attesa a 2000 metri a Sud del terminale.

La nave si è diretta tra il terminale ed il wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a sud-est del terminale è stata fermata la macchina e data volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati è stata impiegata la macchina indietro al fine di ridurre la velocità nave.



Si è contrastato lo scarroccio, dovuto all'effetto del vento e dalla corrente, utilizzando i rimorchiatori appena questo è stato fattibile.

La manovra è stata portata a termine, utilizzando la macchina, il timone ed i rimorchiatori.

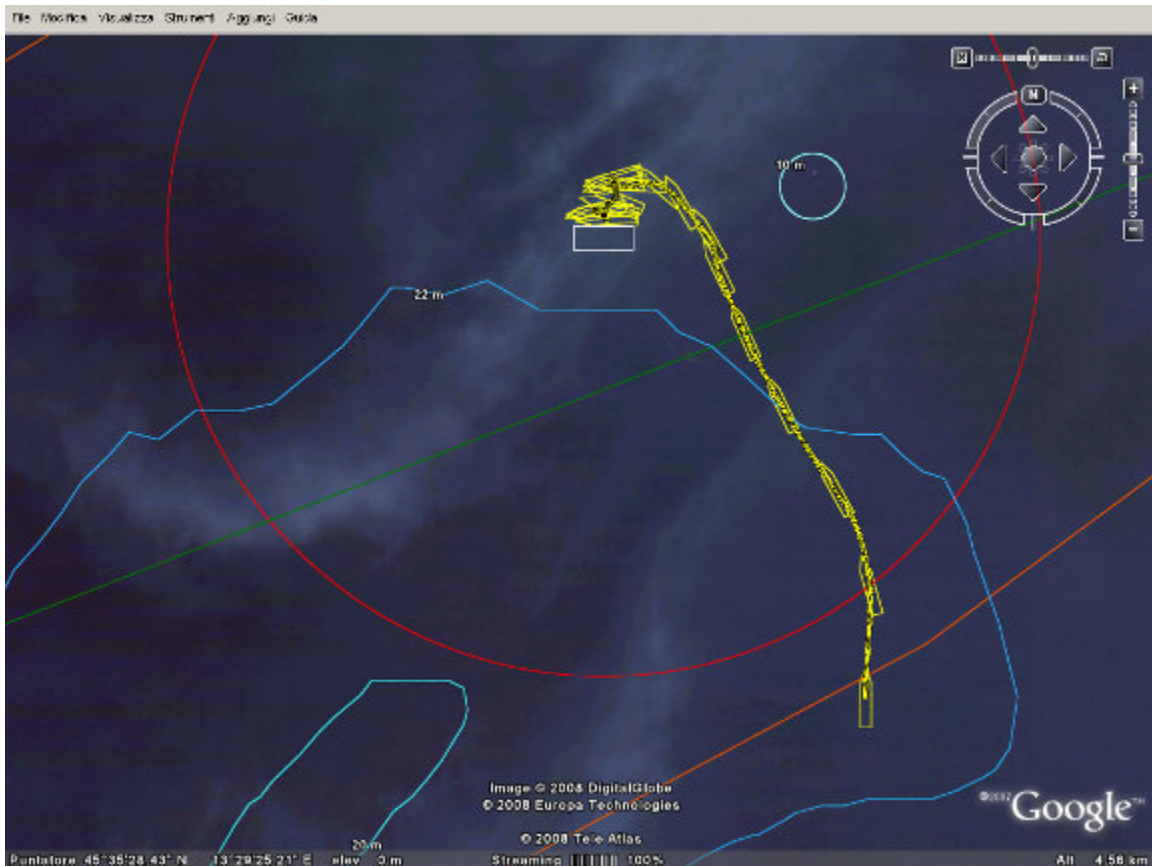


Figura 25

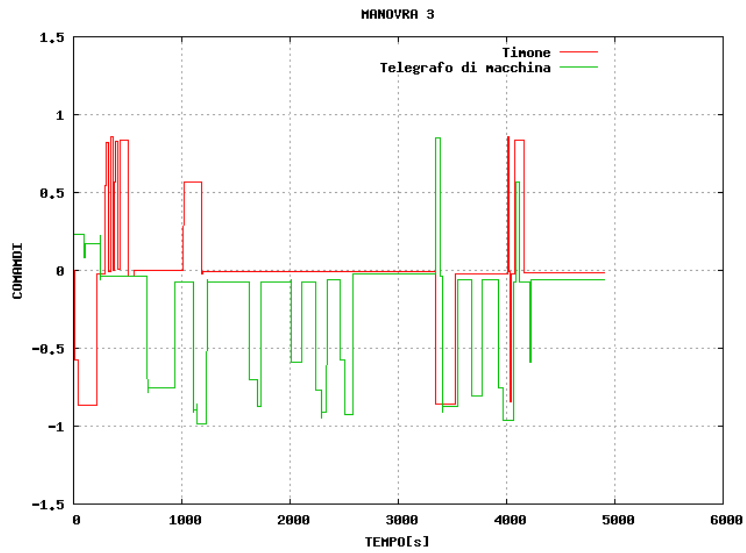


Figura 26

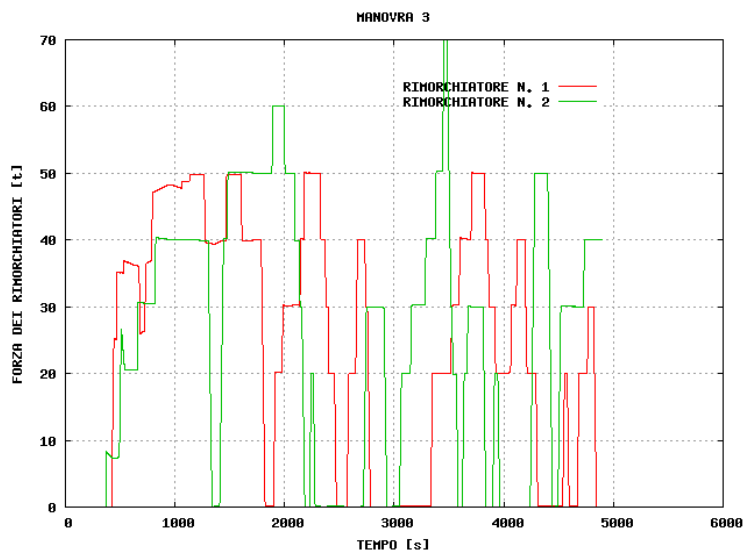


Figura 27

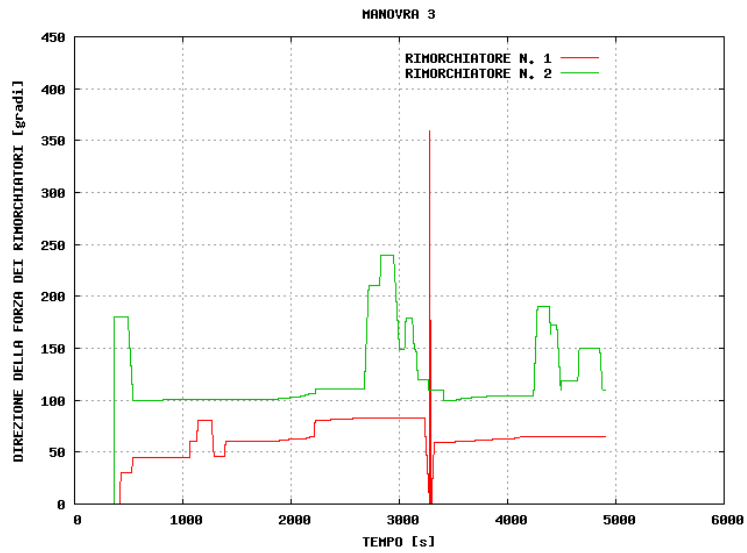


Figura 28



SIMULAZIONE NUMERO 04

DATA: 15 Gennaio 2008 15.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
15	210	5 / 1.5	210	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	Limite sud-est del cerchio dei 2000 metri
Rotta:	340 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE:

Sono stati considerati il pilota già a bordo ed i rimorchiatori in attesa a 2000 metri a Sud del terminale.

La nave si è diretta tra il terminale ed il wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a sud-est del terminale è stata fermata la macchina e data volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati è stata impiegata la macchina indietro al fine di ridurre la velocità nave.



Si è contrastato lo scarroccio, dovuto all'effetto del vento e dalla corrente, utilizzando i rimorchiatori appena questo è stato fattibile.

La manovra è stata portata a termine, utilizzando la macchina, il timone ed i rimorchiatori.

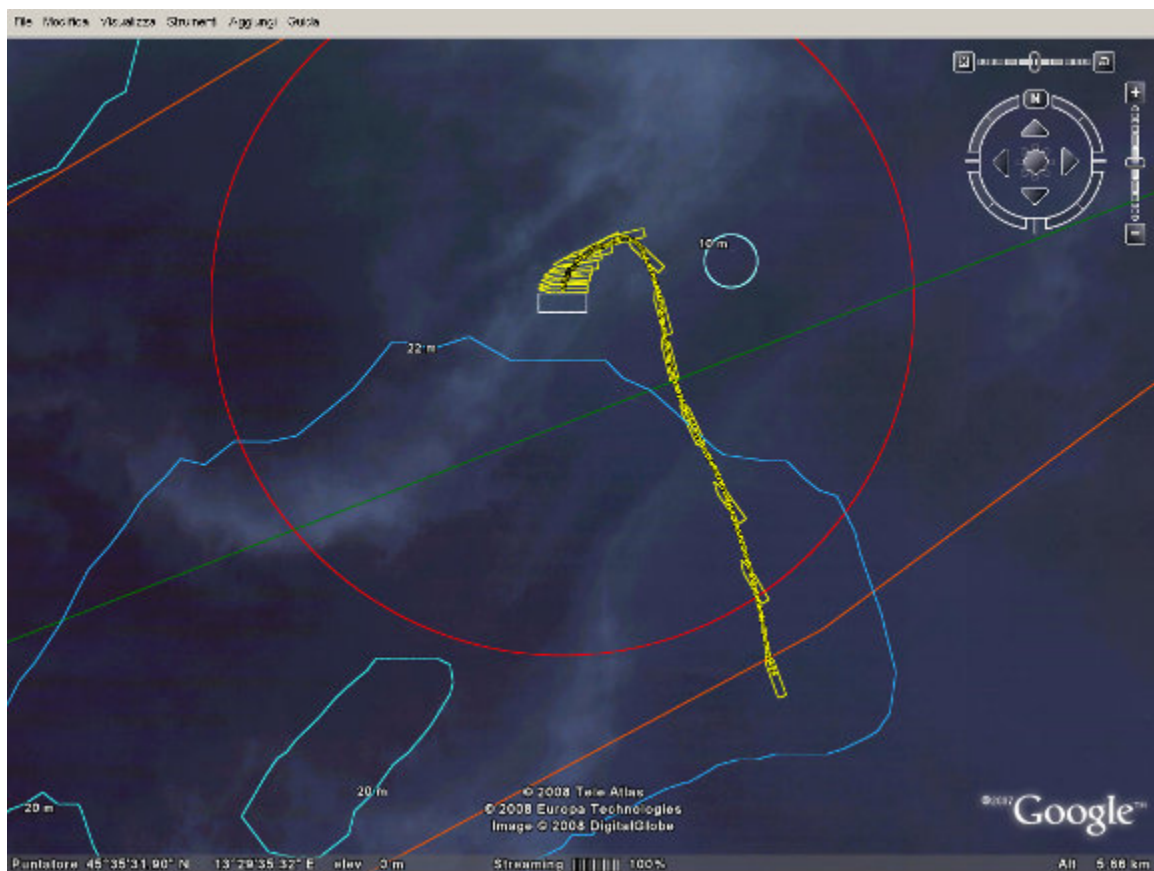


Figura 29

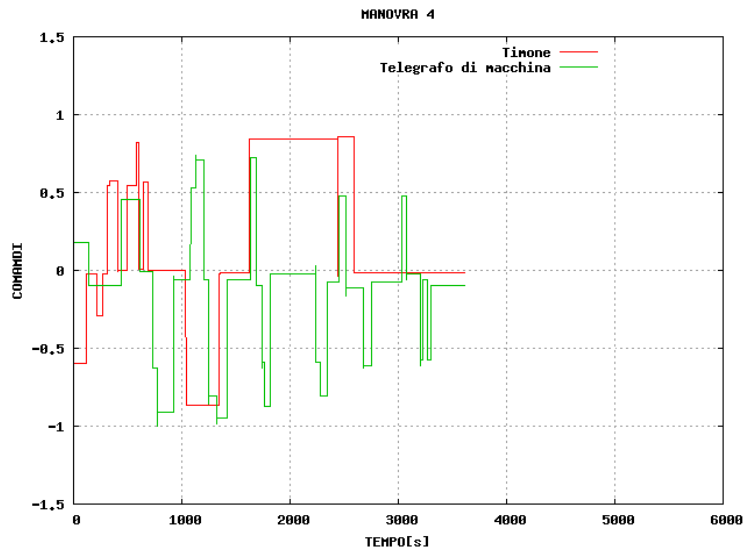


Figura 30

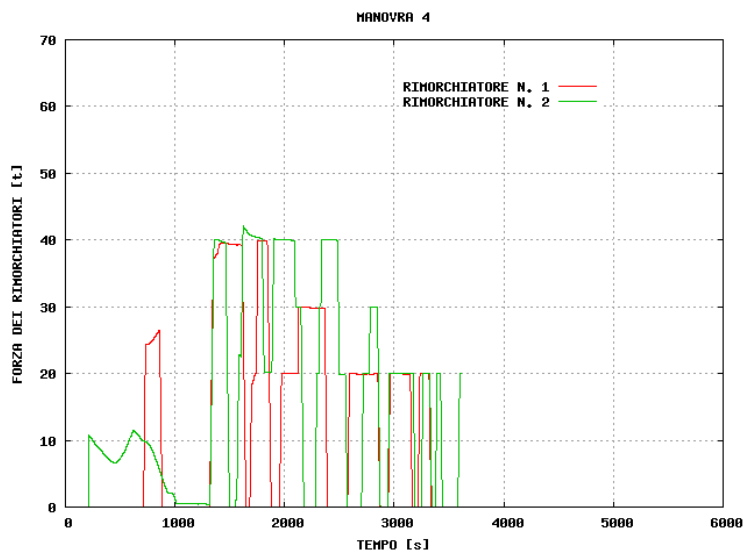


Figura 31

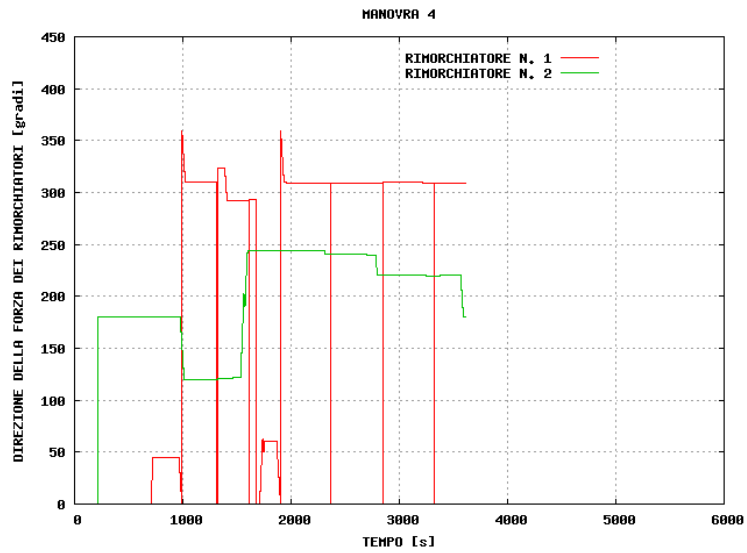


Figura 32



SIMULAZIONE NUMERO 05

DATA: 15 Gennaio 2008 16.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
30	210	5 / 1.5	210	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	Limite sud-est del cerchio dei 2000 metri
Rotta:	340 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE:

Sono stati considerati il pilota già a bordo ed i rimorchiatori in attesa a 2000 metri a Sud del terminale.

La nave si è diretta tra il terminale ed il wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a sud-est del terminale è stata fermata la macchina e data volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati è stata impiegata la macchina indietro al fine di ridurre la velocità nave.



Si è contrastato lo scarroccio, dovuto all'effetto del vento e dalla corrente, utilizzando i rimorchiatori appena questo è stato fattibile.

La manovra è stata portata a termine, utilizzando la macchina, il timone ed i rimorchiatori.

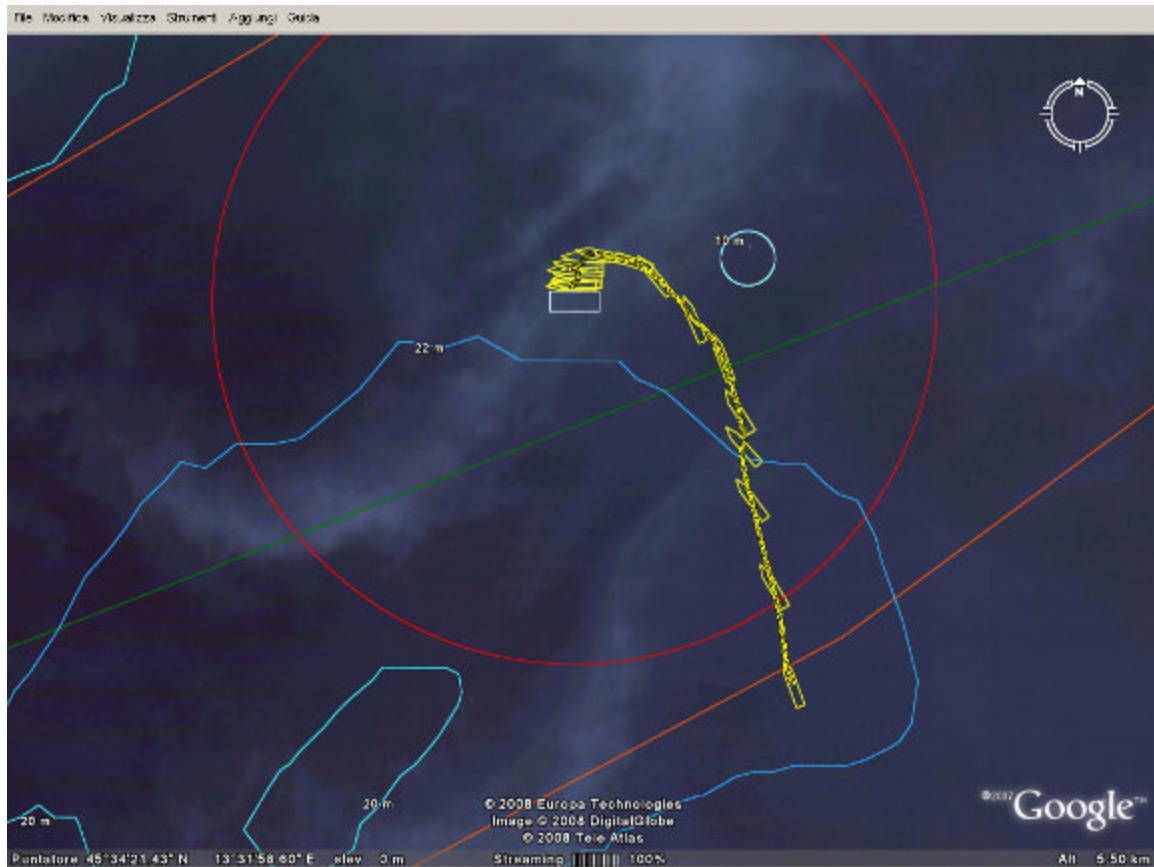


Figura 33

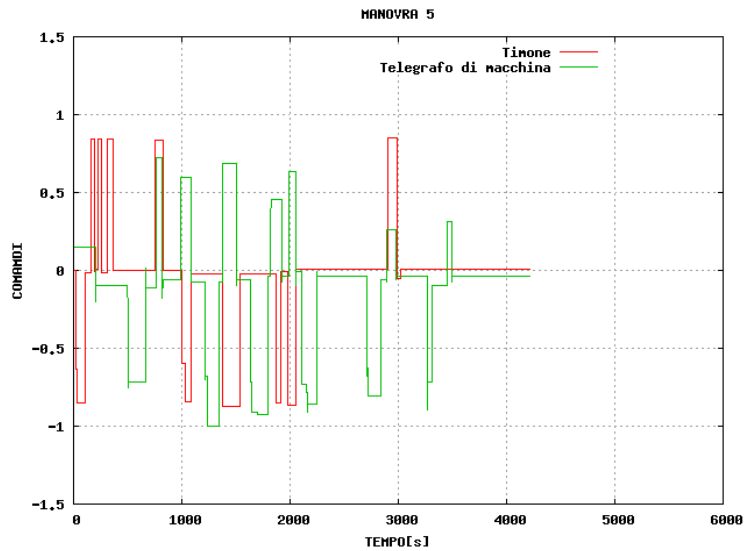


Figura 34

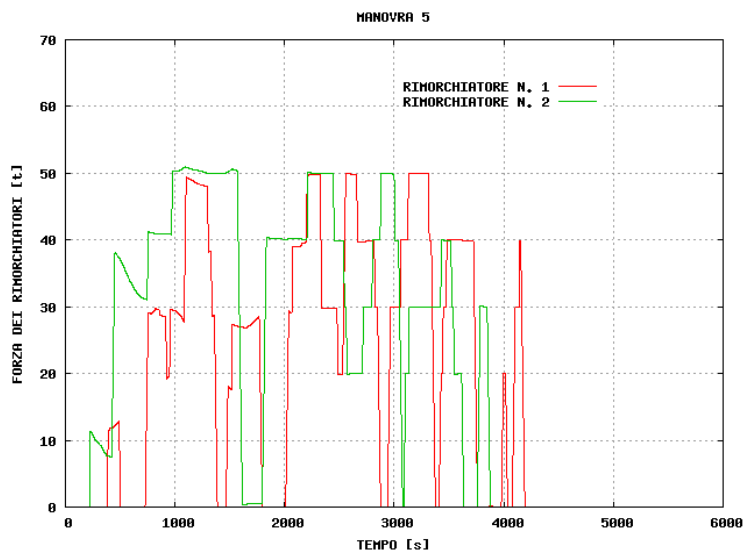


Figura 35

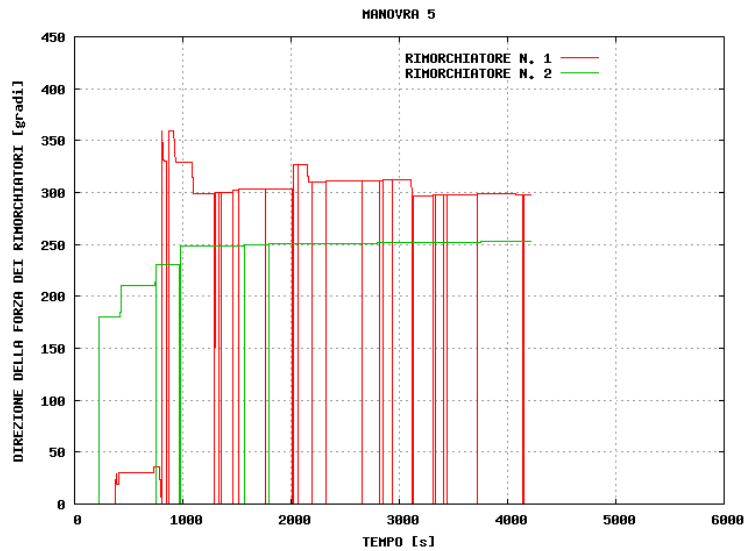


Figura 36



SIMULAZIONE NUMERO 06

DATA: 18 Gennaio 2008 10.00

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
15	120	5 / 1.5	120	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	Limite sud-est del cerchio dei 2000 metri
Rotta:	340 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE:

Sono stati considerati il pilota già a bordo ed i rimorchiatori in attesa a 2000 metri a Sud del terminale.

La nave si è diretta tra il terminale ed il wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a sud-est del terminale è stata fermata la macchina e data volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati è stata impiegata la macchina indietro al fine di ridurre la velocità nave.



Si è contrastato lo scarroccio, dovuto all'effetto del vento e dalla corrente, utilizzando i rimorchiatori appena questo è stato fattibile.

La manovra è stata portata a termine, utilizzando la macchina, il timone ed i rimorchiatori.

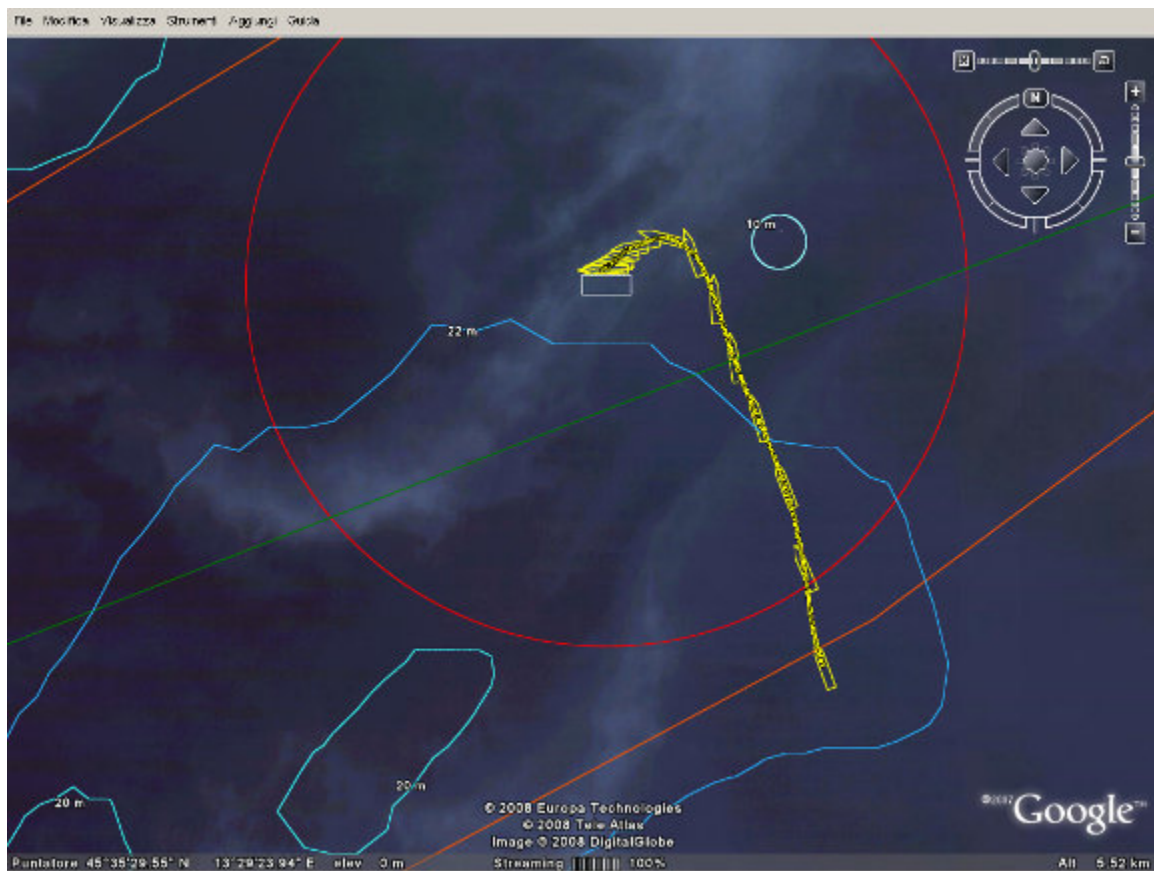


Figura 37

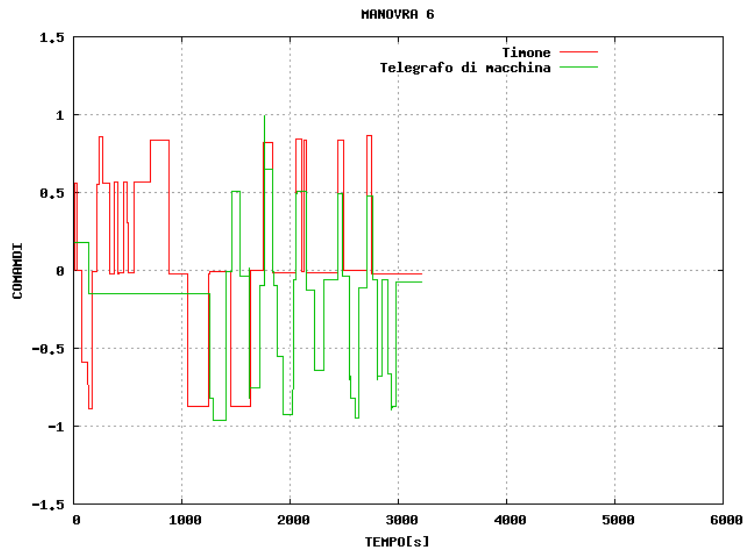


Figura 38

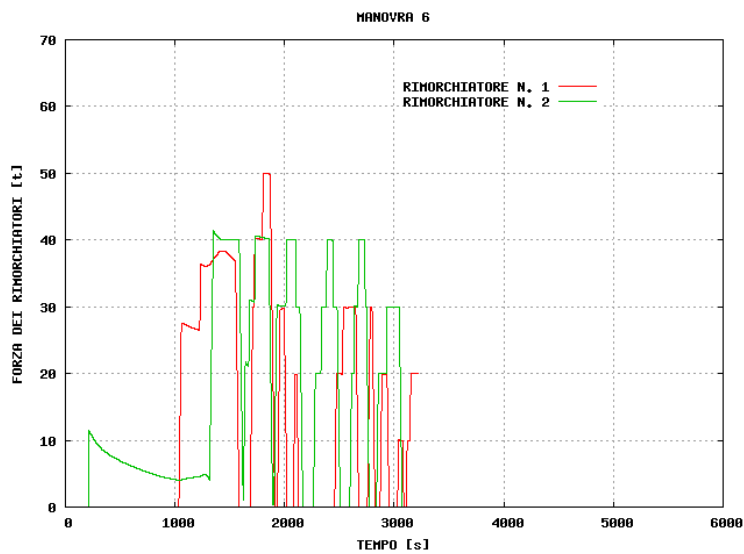


Figura 39

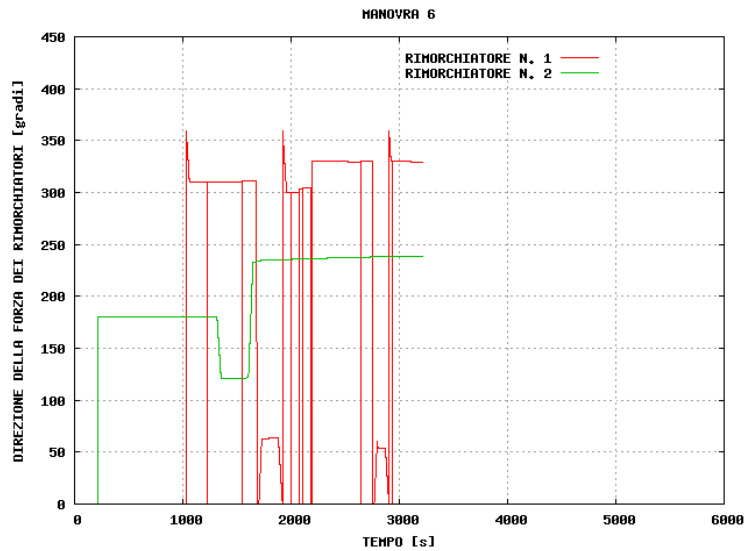


Figura 40



SIMULAZIONE NUMERO 07

DATA: 18 Gennaio 2008 11.00

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
15	60	5 / 1.5	60	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	Limite sud-est del cerchio dei 2000 metri
Rotta:	340 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE: avaria al motore nave gasiera.

Sono stati considerati il pilota già a bordo ed i rimorchiatori in attesa a 2000 metri a Sud del terminale.

La nave si è diretta tra il terminale ed il wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a sud-est del terminale è stata fermata la macchina e data volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Una volta che i rimorchiatori sono in posizione con i cavi assicurati, all'ordine di macchina indietro è stata simulata un'avaria alla macchina.



Pertanto è stato deciso di abortire la manovra facendo intervenire i rimorchiatori al fine di accostare a dritta e rallentare la velocità.

La manovra evasiva è stata portata a termine con l'utilizzo dei rimorchiatori.

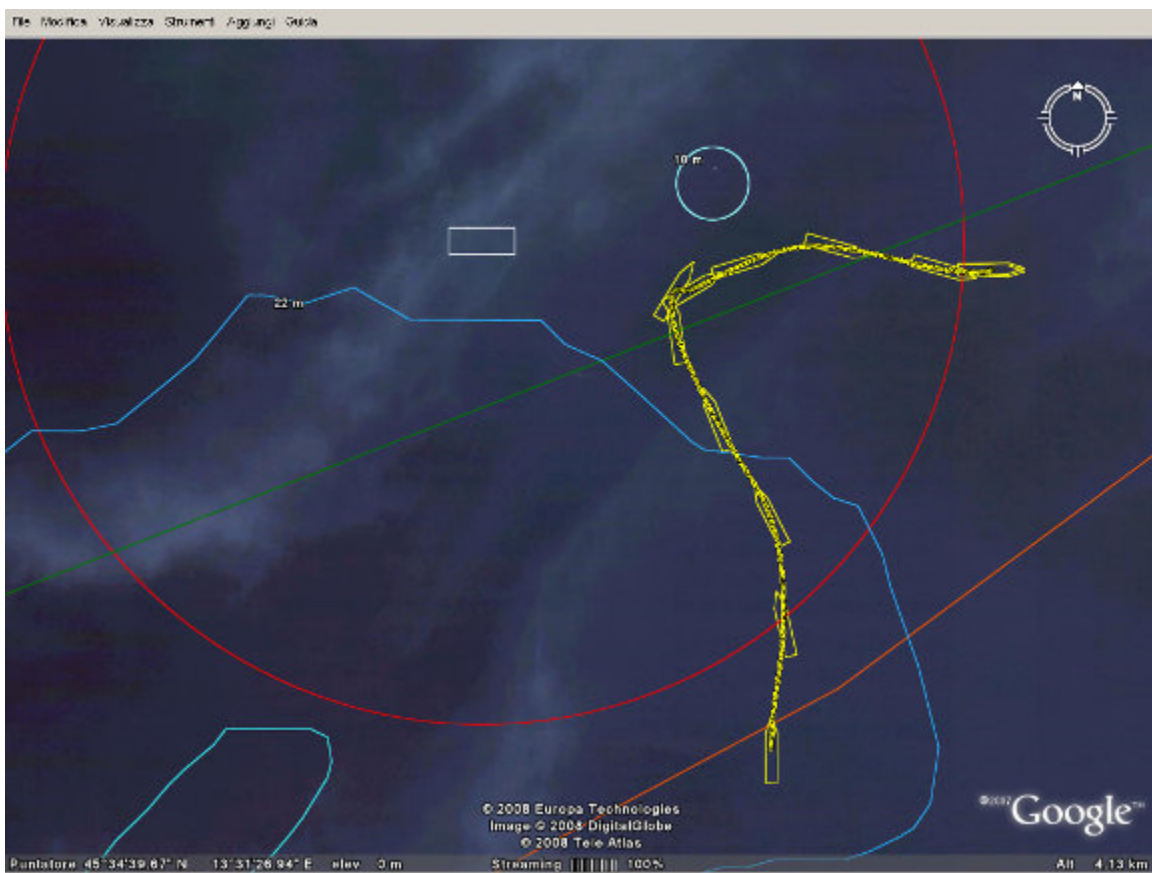


Figura 41

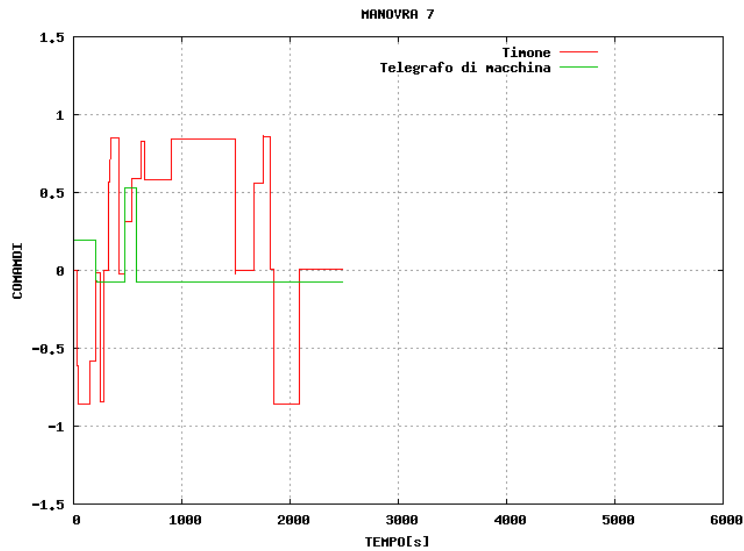


Figura 42

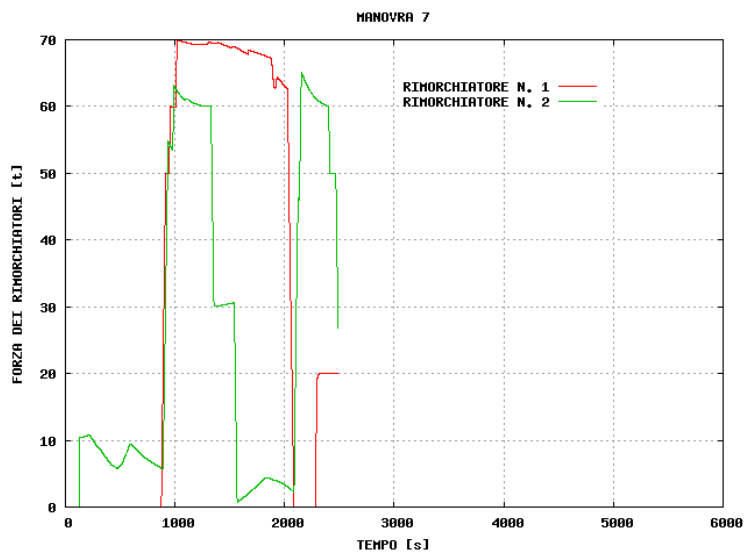


Figura 43

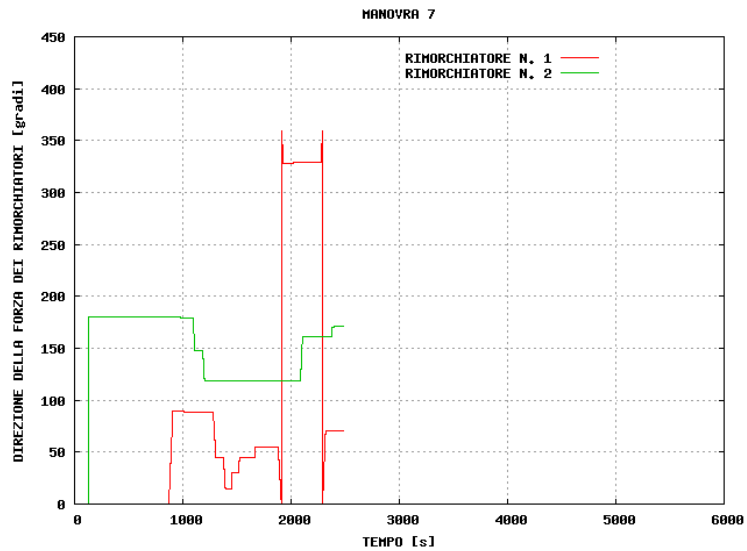


Figura 44



SIMULAZIONE NUMERO 08

DATA: 18 Gennaio 2008 16.00

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
30	60	5 / 1.5	60	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Zavorra	
Posizione nave:	Ormeggiata lato sinistro terminale GBS
Rotta:	270 °
Velocità:	0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE:

E' stata simulata una manovra di partenza.

Si sono resi necessari due rimorchiatori per allontanare la nave dal terminale. Appena è stata raggiunta una distanza di sicurezza sono stati impiegati la macchina e il timone per effettuare l'allontanamento.

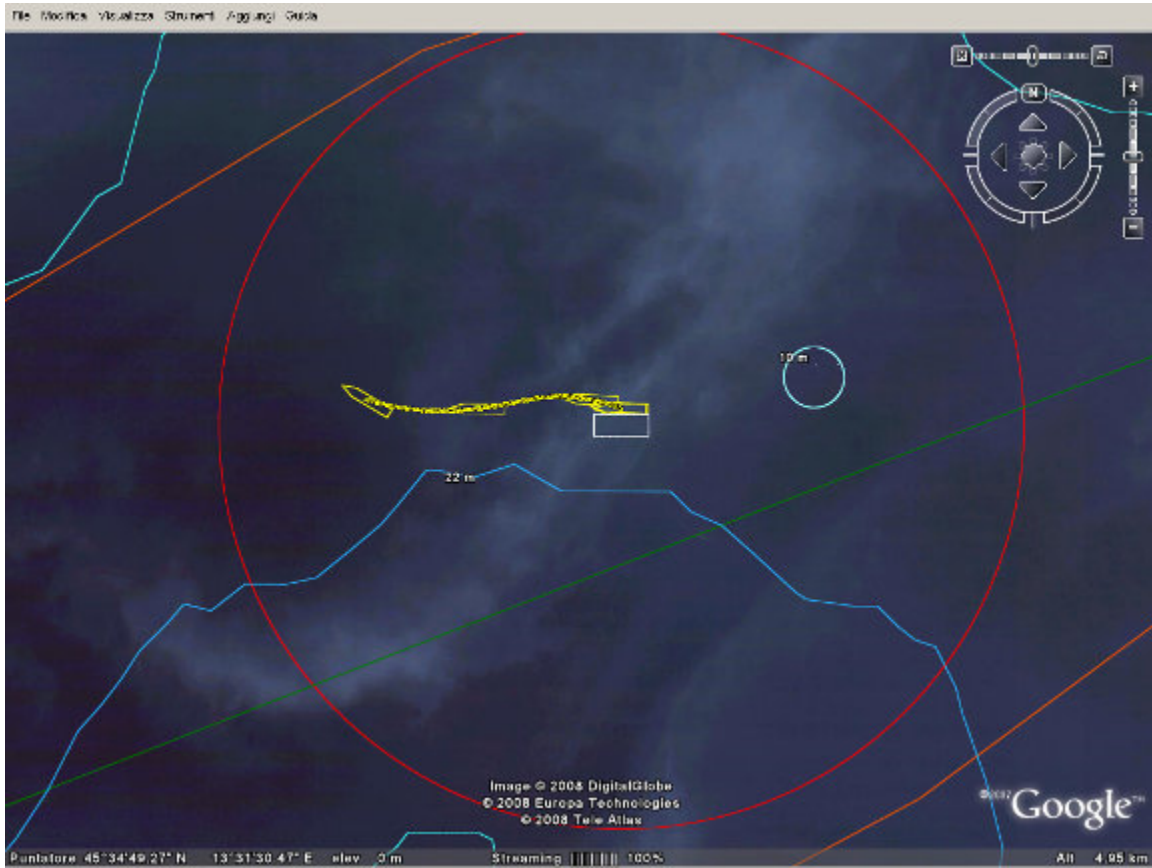


Figura 45

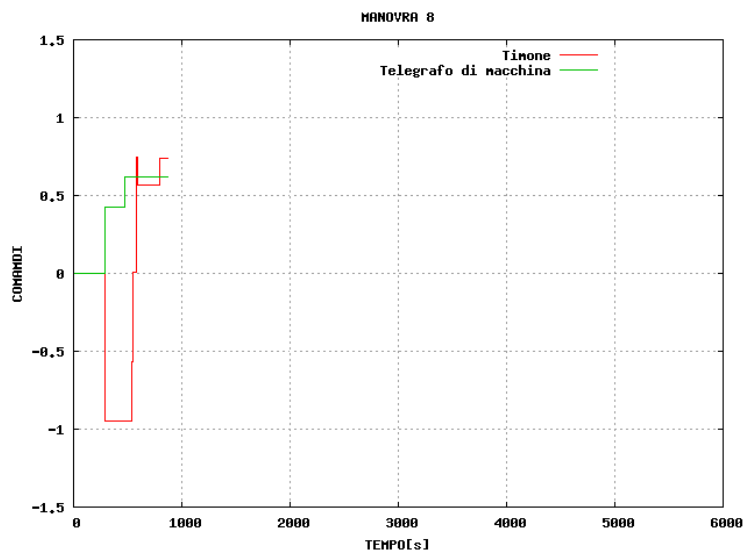


Figura 46

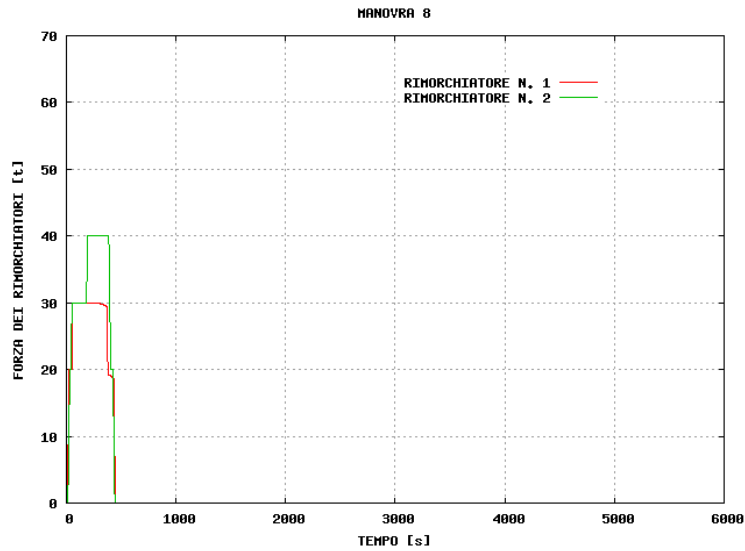


Figura 47

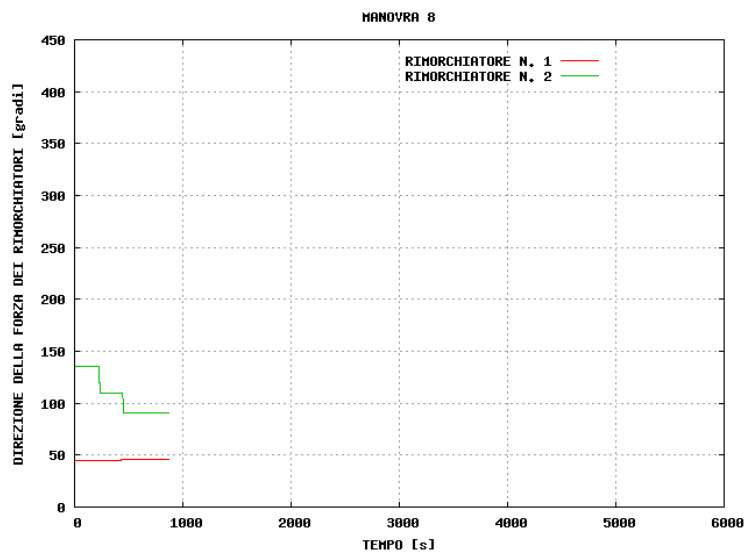


Figura 48



SIMULAZIONE NUMERO 09

DATA: 18 Gennaio 2008 12.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
15	60	5 / 1.5	60	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	Limite sud-est del cerchio dei 2000 metri
Rotta:	340 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE: simulata la rottura del cavo del rimorchiatore di prua.

Sono stati considerati il pilota già a bordo ed i rimorchiatori in attesa a 2000 metri a Sud del terminale.

La nave si è diretta tra il terminale ed il wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a sud-est del terminale è stata fermata la macchina e data volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati è stata impiegata la macchina indietro al fine di ridurre la velocità nave.



Si è contrastato lo scarroccio, dovuto all'effetto del vento e dalla corrente, utilizzando i rimorchiatori appena questo è stato fattibile.

E' stata simulata la rottura del cavo del rimorchiatore di prua mentre si stava cercando di fare abbattere la prua a sinistra.

La nave è stata fermata utilizzando il rimorchiatore di poppa e la macchina indietro.

A nave quasi ferma si è atteso che il cavo a prua fosse sostituito e dopo circa 15 minuti si è proceduto all'ormeggio.

La manovra è stata portata a termine utilizzando la macchina, il timone ed i rimorchiatori.

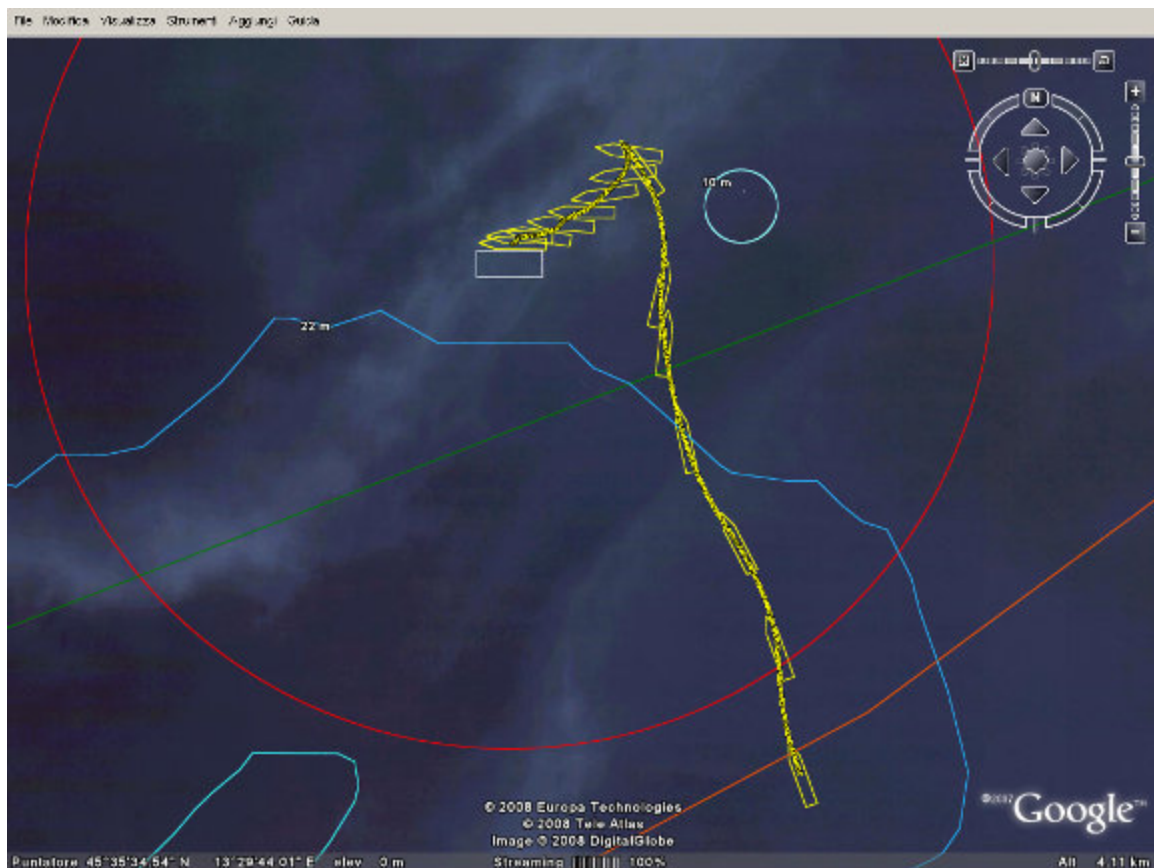


Figura 49

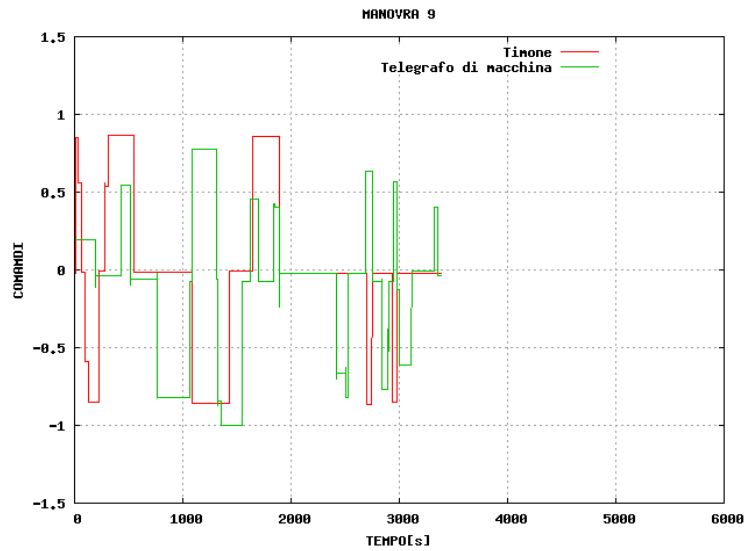


Figura 50

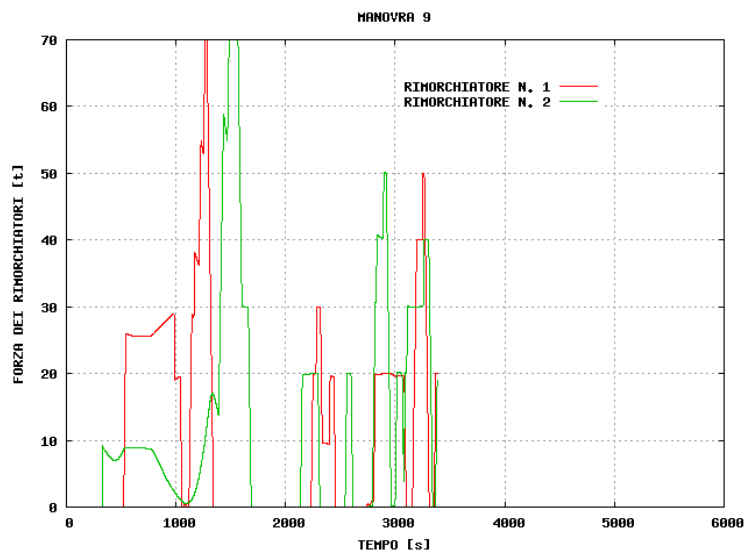


Figura 51

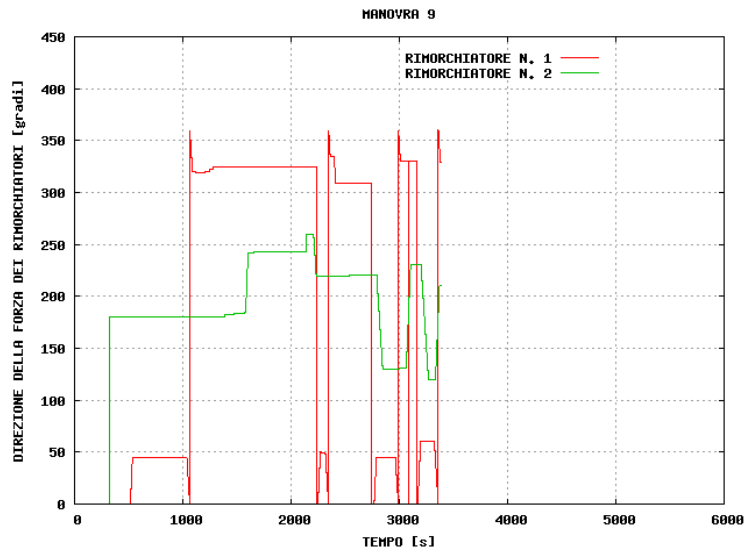


Figura 52



SIMULAZIONE NUMERO 10

DATA: 18 Gennaio 2008 16.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
30	210	5 / 1.5	210	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Zavorra	
Posizione nave:	Ormeggiata lato sinistro terminale GBS
Rotta:	270 °
Velocità:	0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 0

NOTE:

E' stata simulata una manovra di partenza.

Non sono stati necessari i due rimorchiatori, in quanto la nave è stata allontanata dal terminale dall'effetto del vento.

Non appena è stata raggiunta una distanza di sicurezza, sono stati impiegati la macchina e il timone per effettuare l'allontanamento in sicurezza.

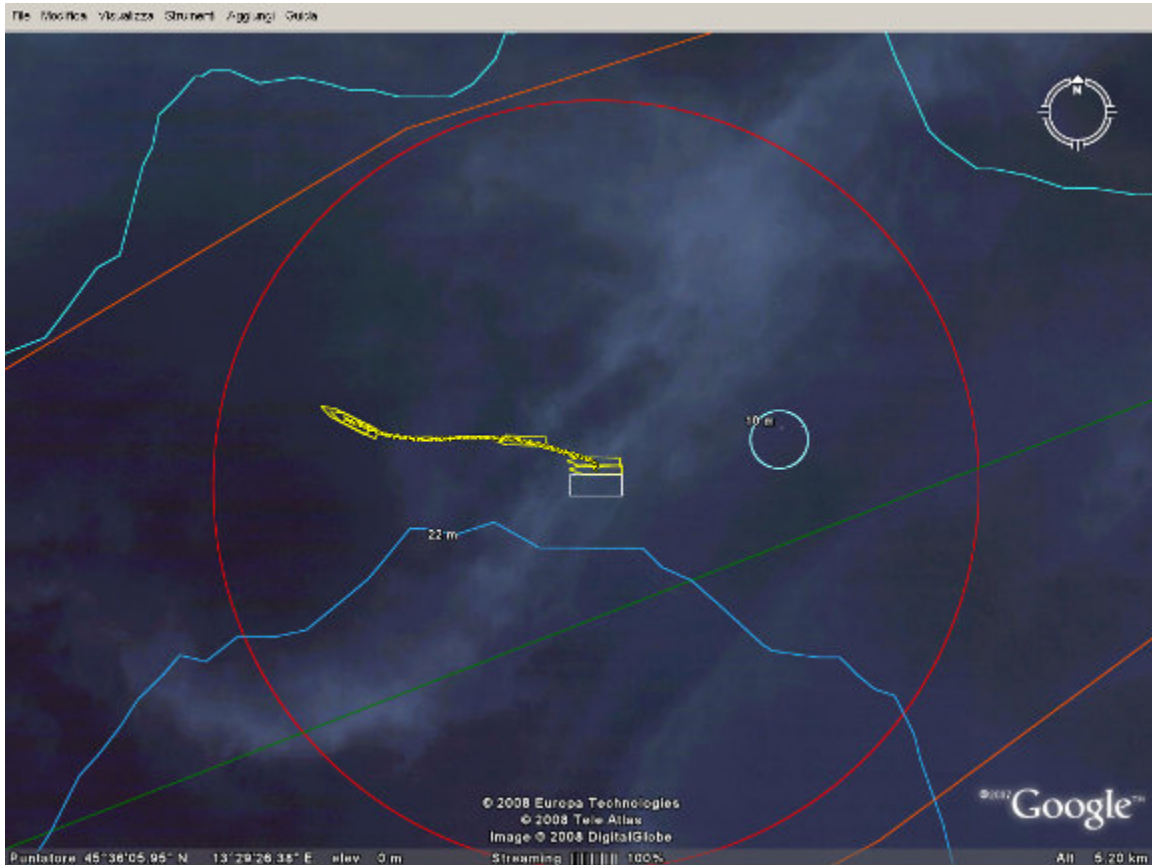


Figura 53

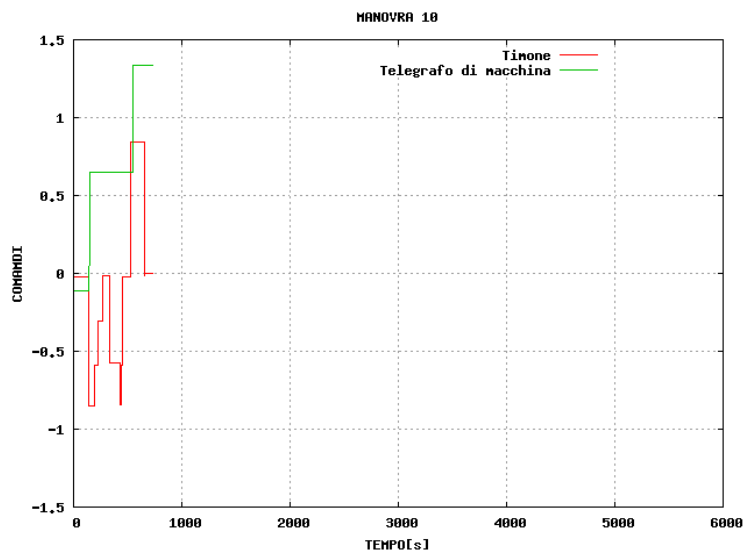


Figura 54

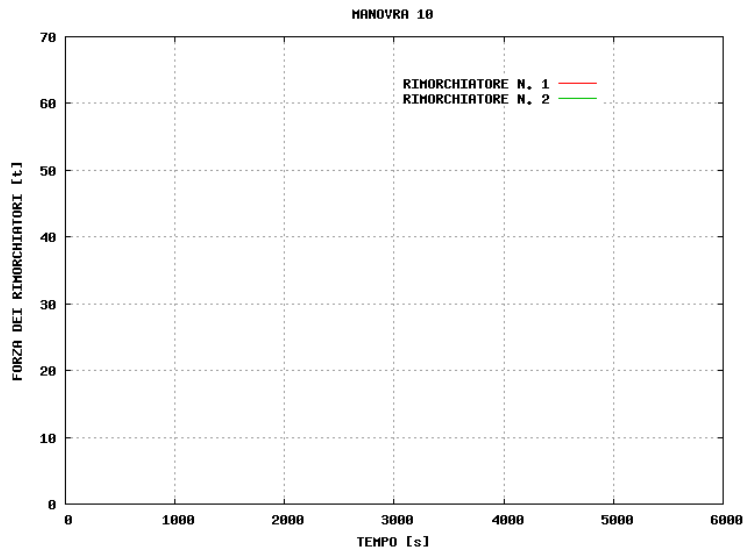


Figura 55

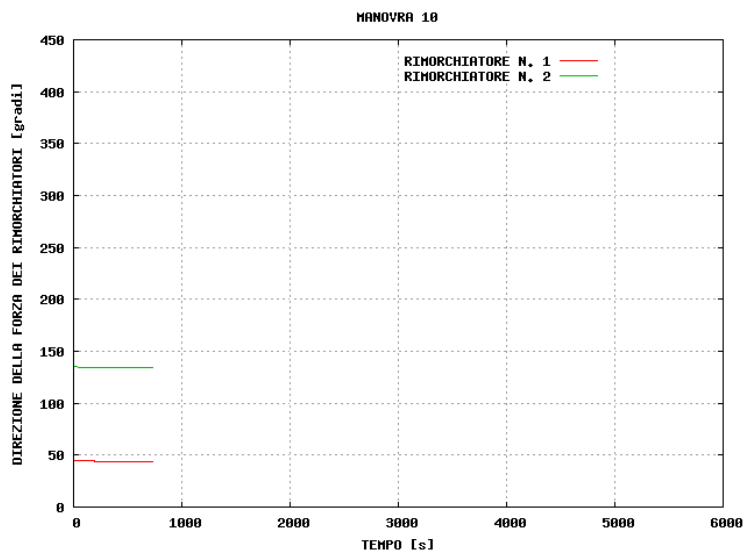


Figura 56



SIMULAZIONE NUMERO 11

DATA: 18 Gennaio 2008 16.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
15	120	5 / 1.5	120	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Zavorra	
Posizione nave:	Ormeggiata lato sinistro terminale GBS
Rotta:	270 °
Velocità:	0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 1

NOTE:

E' stata simulata una manovra di partenza.

Si è reso necessario l'utilizzo di un rimorchiatore a prua perché l'effetto del vento facesse abbattere la nave con la prua in banchina, mentre la poppa tendeva ad allargarsi.

Appena è stata raggiunta una distanza di sicurezza, l'allontanamento è stato portato a termine grazie l'effetto combinato di macchina e timone.

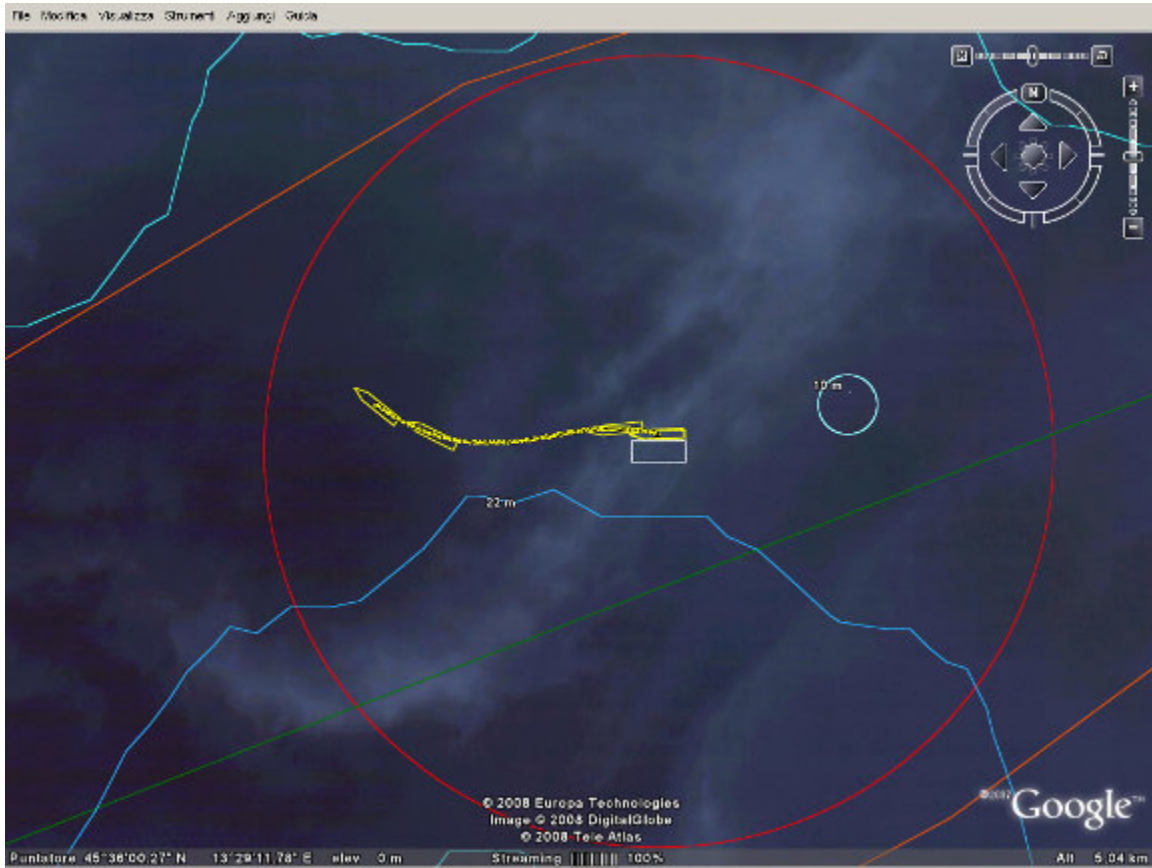


Figura 57

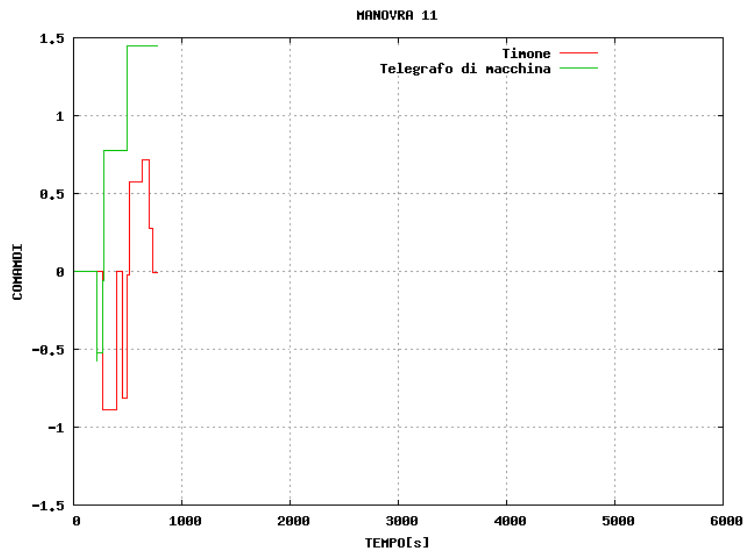


Figura 58

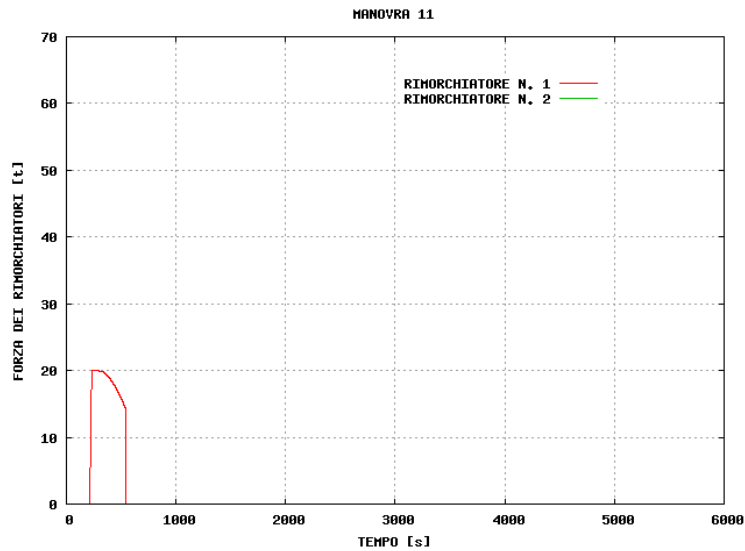


Figura 59

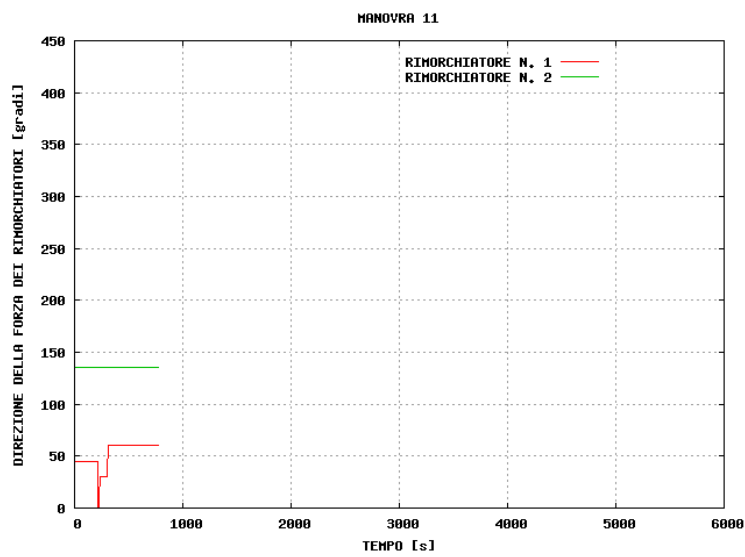


Figura 60



SIMULAZIONE NUMERO 12

DATA: 21 Gennaio 2008 08.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
15	210	5 / 1.5	210	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	Limite sud-est del cerchio dei 2000 metri
Rotta:	340 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE: avaria al motore nave gasiera

Sono stati considerati il pilota già a bordo ed i rimorchiatori in attesa a 2000 metri a Sud del terminale.

La nave si è diretta tra il terminale ed il wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a sud-est del terminale, è stata fermata la macchina e data volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

E' stato simulato che, con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati all'ordine di macchina indietro la macchina non partiva.



Pertanto è stato deciso di abortire la manovra facendo intervenire i rimorchiatori in modo da accostare a dritta e rallentare la velocità nave.

La manovra evasiva è stata portata a termine con l'utilizzo dei rimorchiatori.

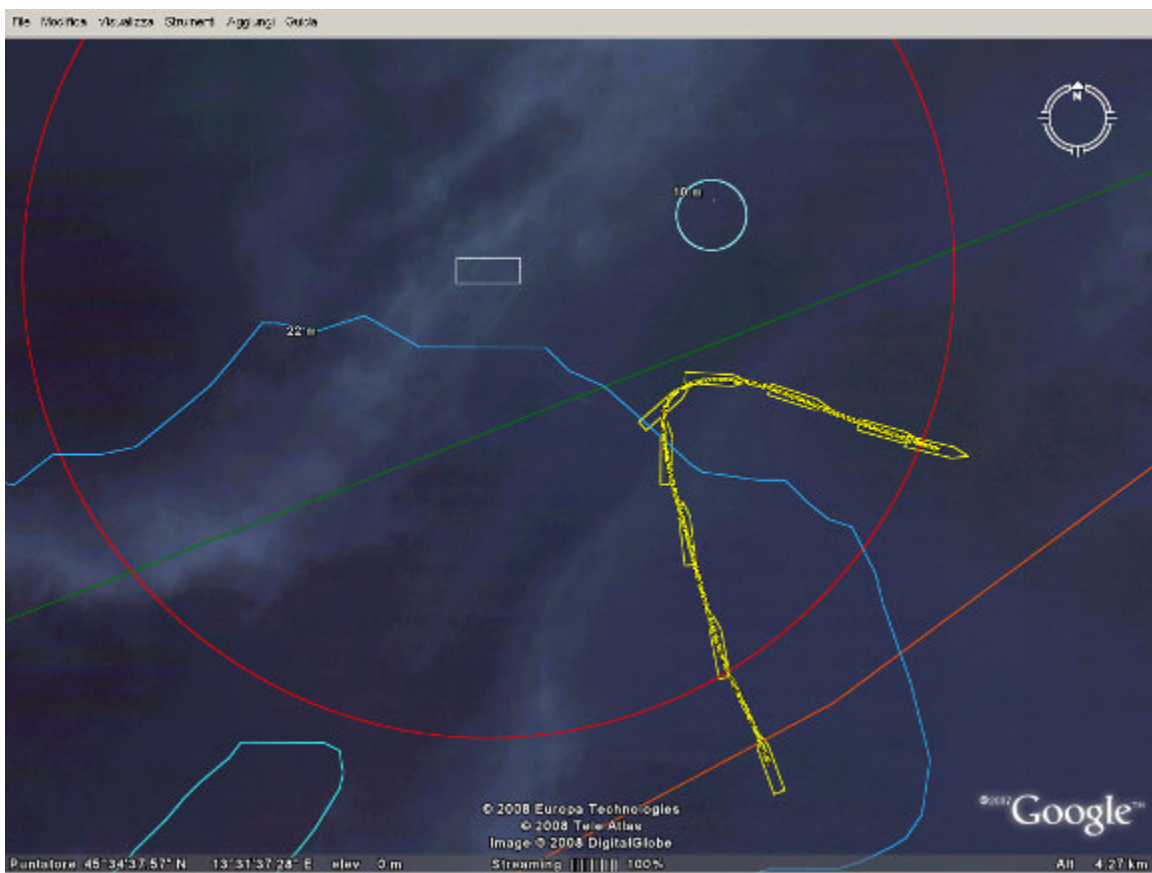


Figura 61

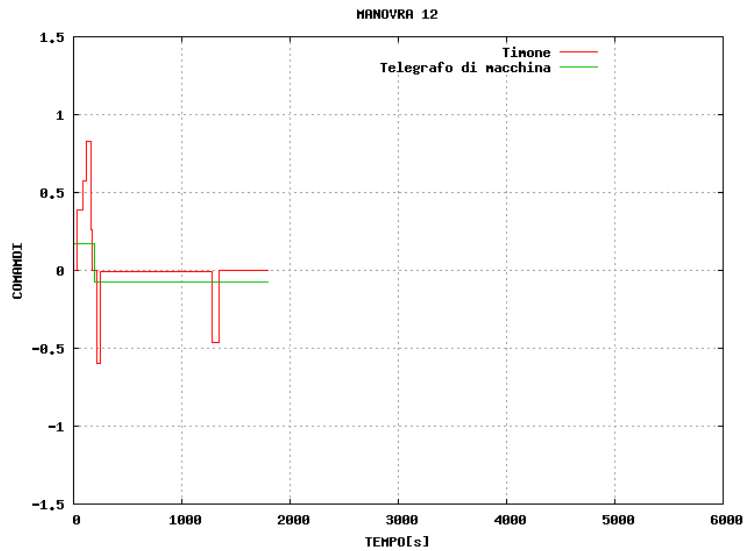


Figura 62

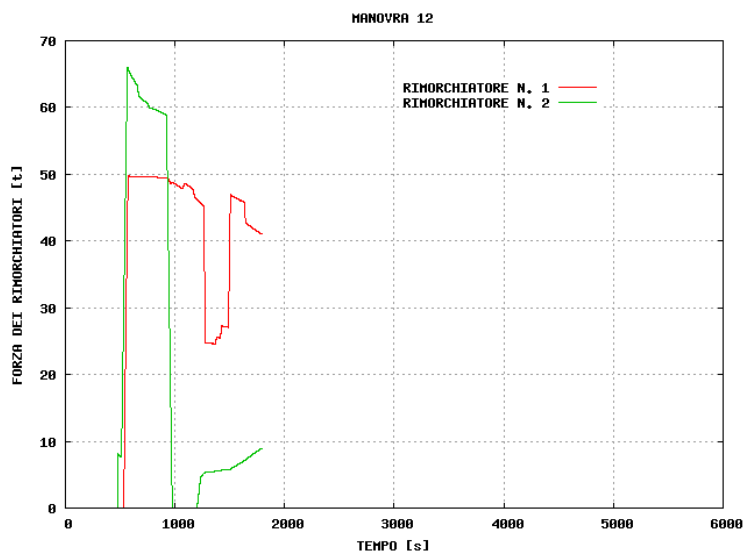


Figura 63

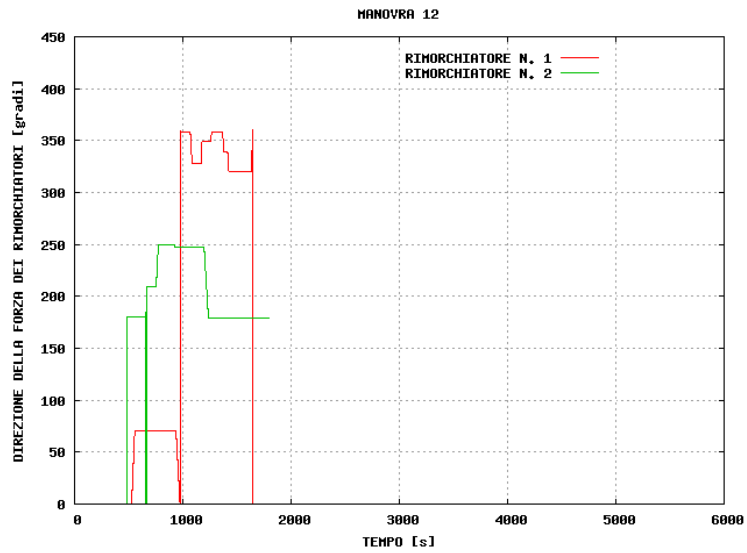


Figura 64



SIMULAZIONE NUMERO 13

DATA: 21 Gennaio 2008 09.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
15	210	5 / 1.5	210	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	Limite sud-est del cerchio dei 2000 metri
Rotta:	340 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE: simulata la rottura del cavo al rimorchiatore di prua

Sono stati considerati il pilota già a bordo ed i rimorchiatori in attesa a 2000 metri a Sud del terminale.

La nave si è diretta tra il terminale ed il wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a sud-est del terminale è stata fermata la macchina e data volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati è stata impiegata la macchina indietro al fine di ridurre la velocità nave.



Si è contrastato lo scarroccio, dovuto all'effetto del vento e dalla corrente, utilizzando i rimorchiatori appena fattibile.

E' stata simulata la rottura del cavo del rimorchiatore di prua mentre si stava cercando di fare abbattere la prua a sinistra.

La nave è stata fermata utilizzando il rimorchiatore di poppa e la macchina indietro.

A nave quasi ferma si è atteso che il cavo a prua fosse sostituito e dopo circa 15 minuti si è proceduto all'ormeggio.

La manovra è stata portata a termine utilizzando la macchina, il timone ed i rimorchiatori.

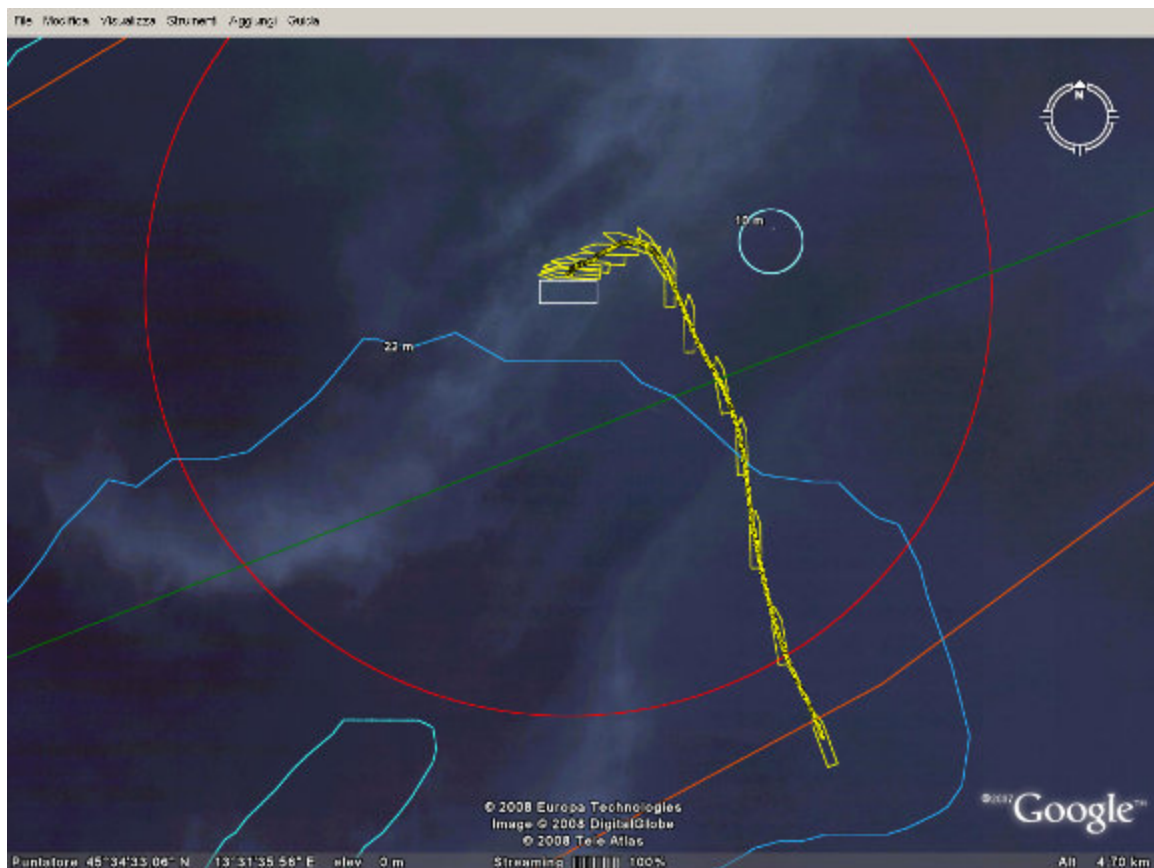


Figura 65

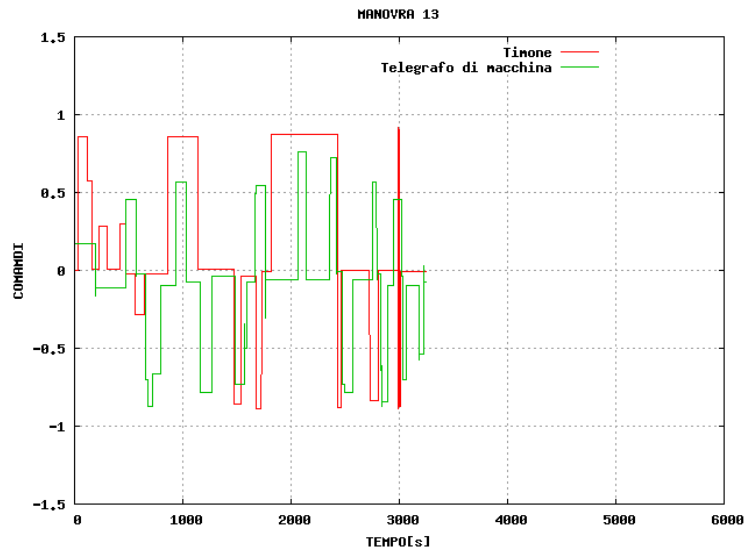


Figura 66

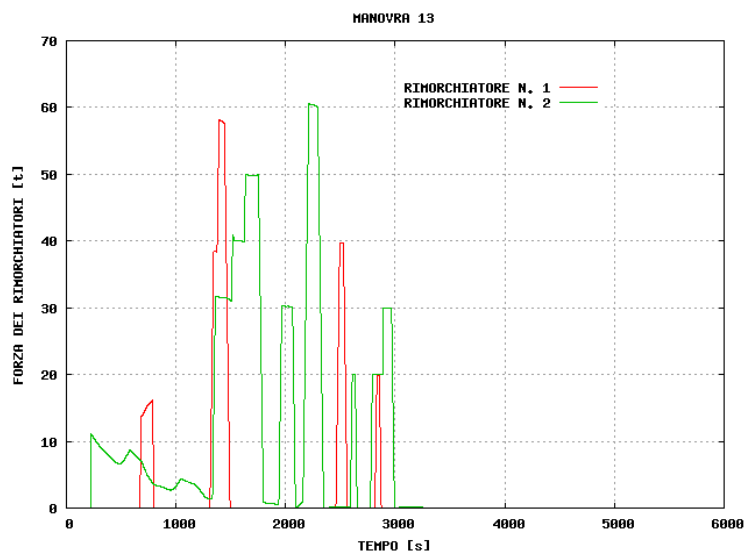


Figura 67

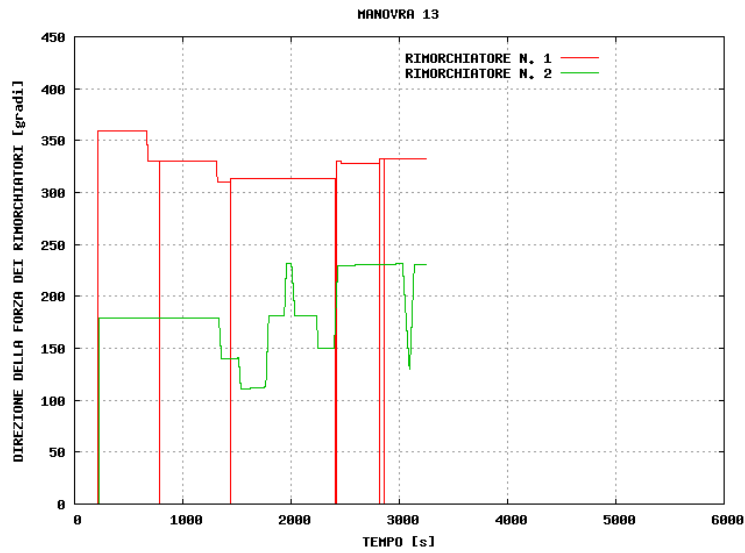


Figura 68



SIMULAZIONE NUMERO 14

DATA: 21 Gennaio 2008 10.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
15	210	5 / 1.5	210	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	Nave LNG proveniente da ancoraggio
Rotta:	230 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE:

La nave si è diretta verso il terminale passando a nord del wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a est del terminale è stata fermata la macchina e data volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati è stata impiegata la macchina indietro al fine di ridurre la velocità nave.



Si è contrastato lo scarroccio, dovuto all'effetto del vento e dalla corrente, utilizzando i rimorchiatori appena questo è stato fattibile. Si evidenzia che il vento di prua non aiuta nel controllo della nave.

La manovra è stata portata a termine, utilizzando la macchina, il timone ed i rimorchiatori.

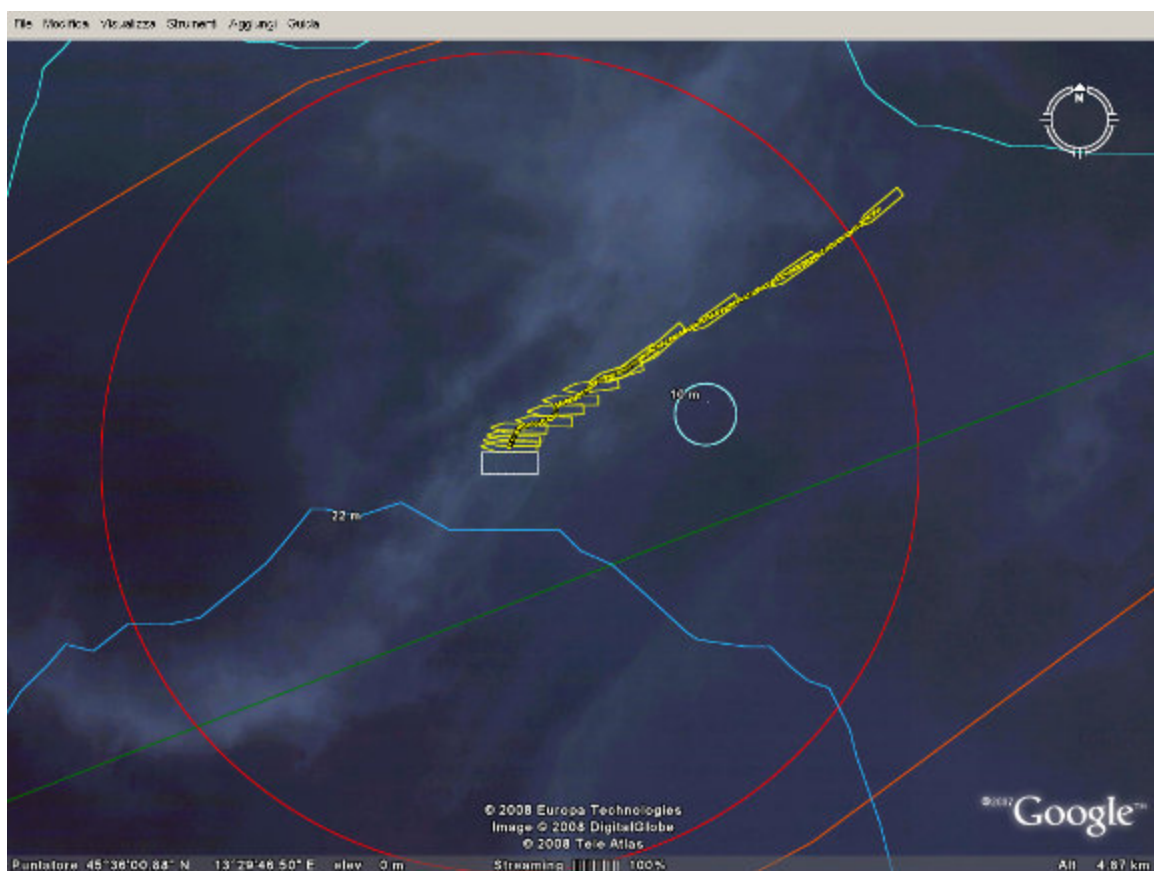


Figura 69

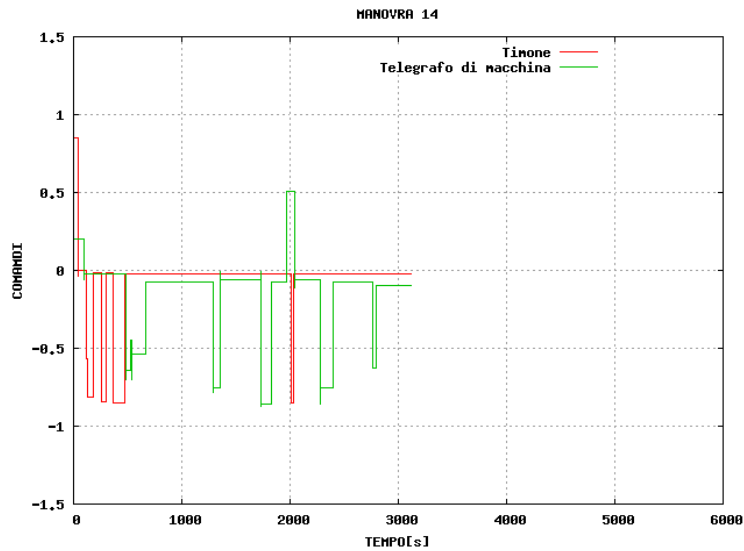


Figura 70

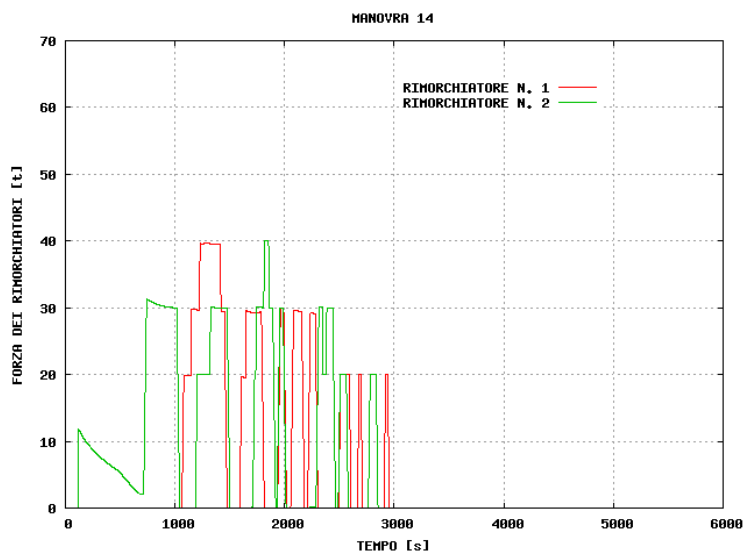


Figura 71

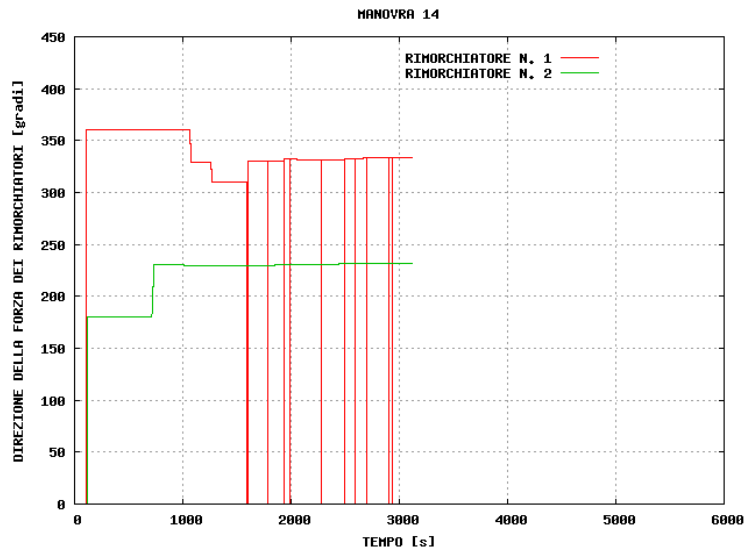


Figura 72



SIMULAZIONE NUMERO 15

DATA: 21 Gennaio 2008 11.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
30	210	5 / 1.5	210	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	Nave LNG proveniente da ancoraggio
Rotta:	230 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE:

La nave si è diretta verso il terminale passando a nord del wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a est del terminale è stata fermata la macchina e dato volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati è stata impiegata la macchina indietro al fine di ridurre la velocità nave.



Si è contrastato lo scarroccio, dovuto all'effetto del vento e dalla corrente, utilizzando i rimorchiatori appena questo è stato fattibile. Si evidenzia che il vento di prua non aiuta nel controllo della nave.

La manovra è stata portata a termine, utilizzando la macchina, il timone ed i rimorchiatori.

Con questo vento pari a 30 nodi proveniente da 210°, si devono utilizzare maggiormente i rimorchiatori per mantenere il controllo della direzione.



Figura 73

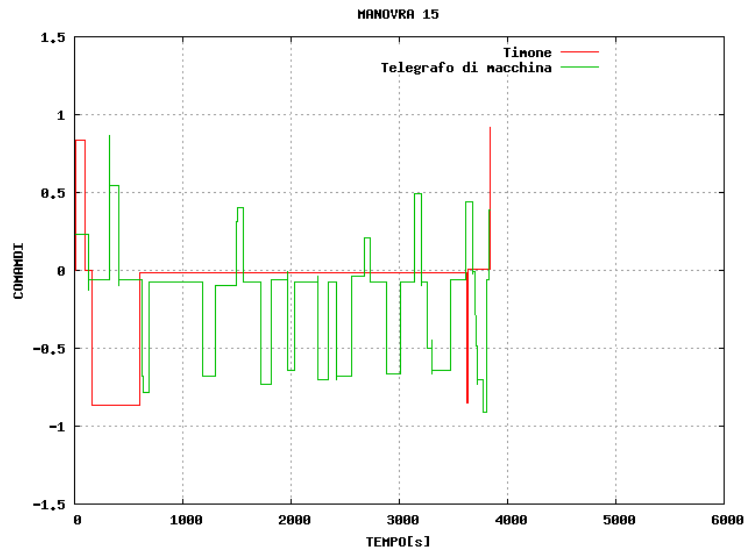


Figura 74

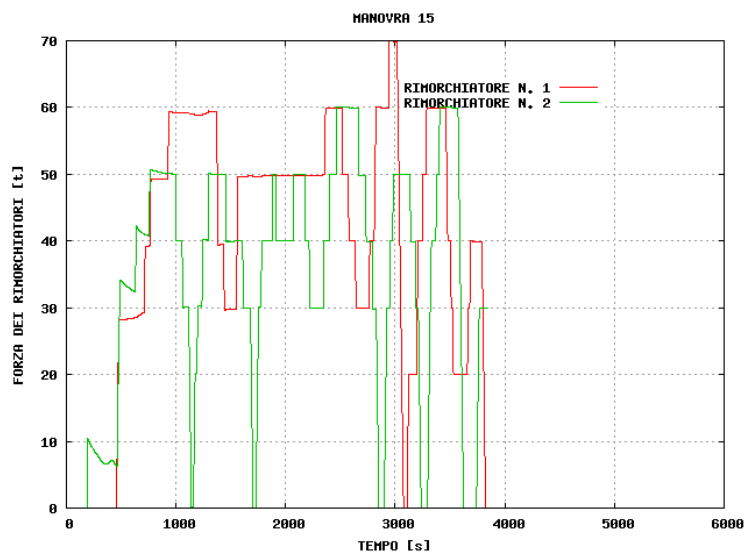


Figura 75

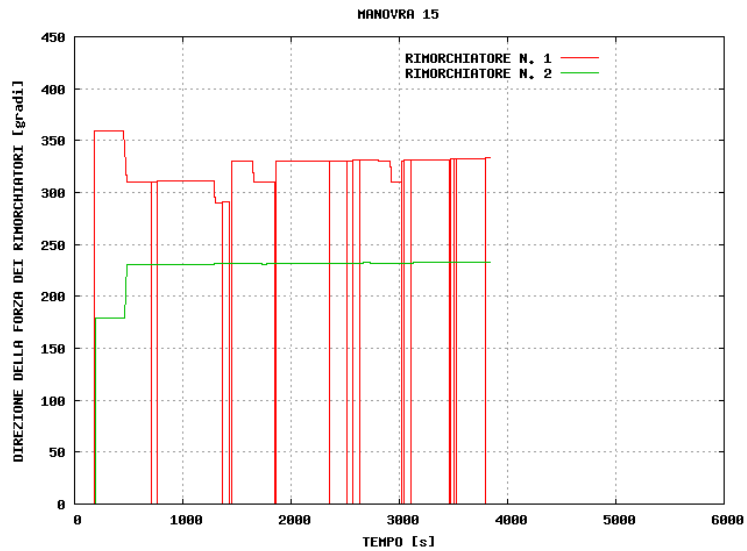


Figura 76



SIMULAZIONE NUMERO 16

DATA: 21 Gennaio 2008 13.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
15	060	5 / 1.5	060	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	Nave LNG proveniente da ancoraggio
Rotta:	230 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE:

La nave si è diretta verso il terminale passando a nord del wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a est del terminale è stata fermata la macchina e dato volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati è stata impiegata la macchina indietro al fine di ridurre la velocità nave.

Si evidenzia che il vento e la corrente di poppa aiutano nel controllo della nave.

RINA INDUSTRY S.p.A.

Società coordinata dal Socio unico Rina S.p.A.
Via Ilva 2 - 16128 Genova - Italia
Tel. +39 010 53.85.1
Fax +39 010 56.14.99



La manovra è stata portata a termine utilizzando limitatamente la macchina, il timone ed i rimorchiatori.

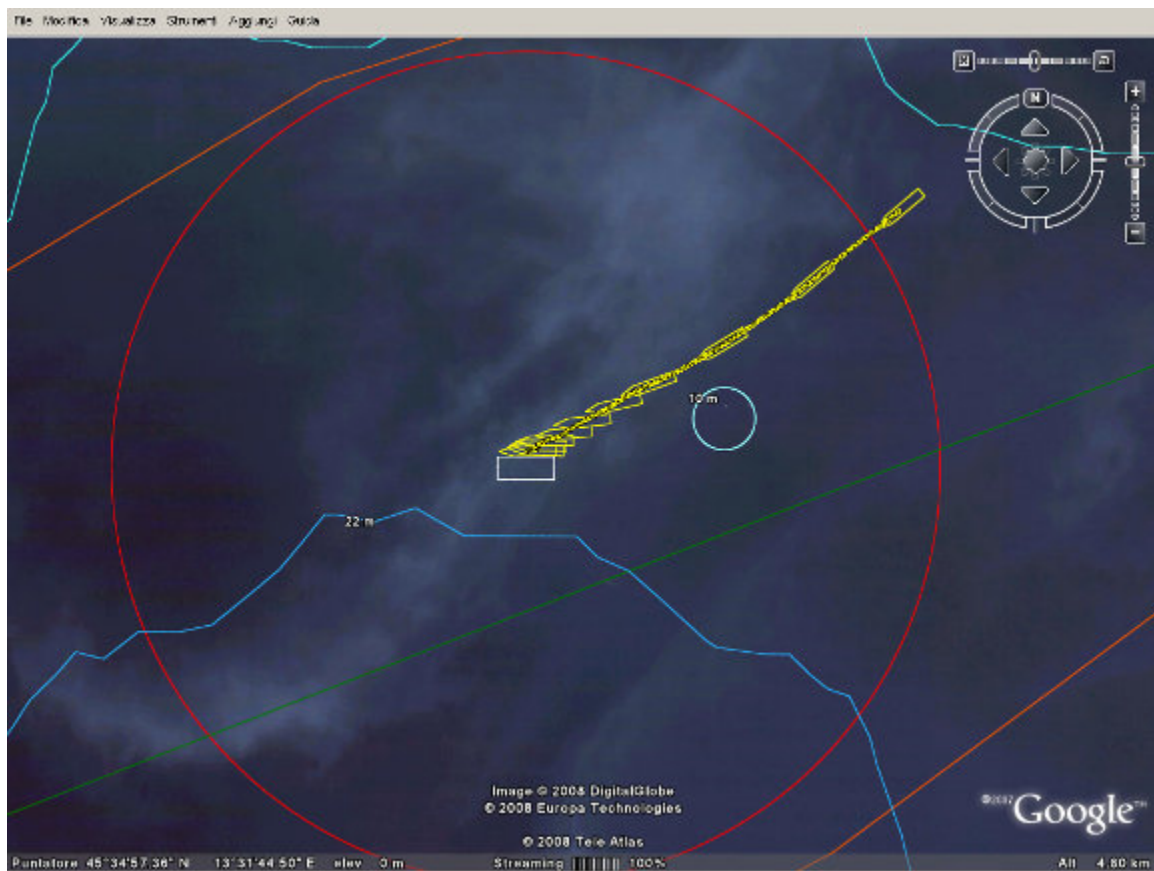


Figura 77

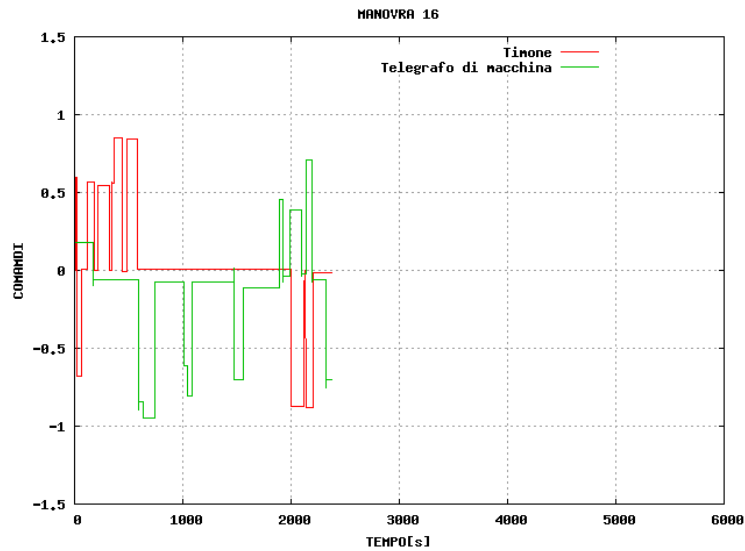


Figura 78

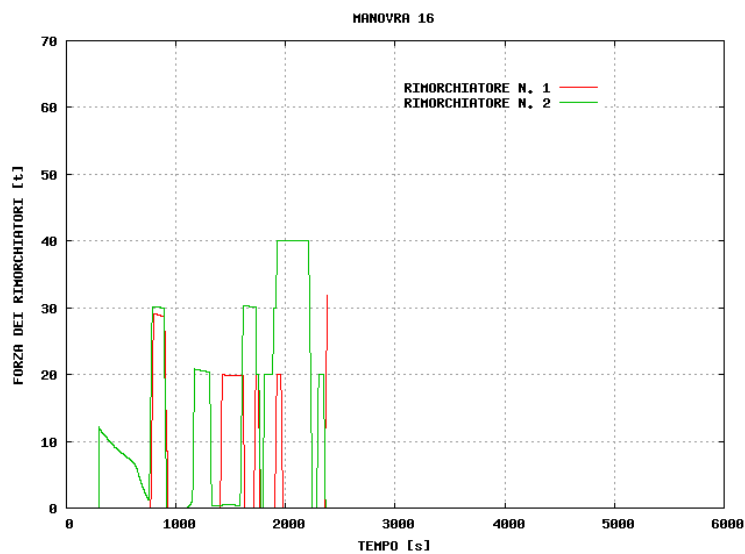


Figura 79

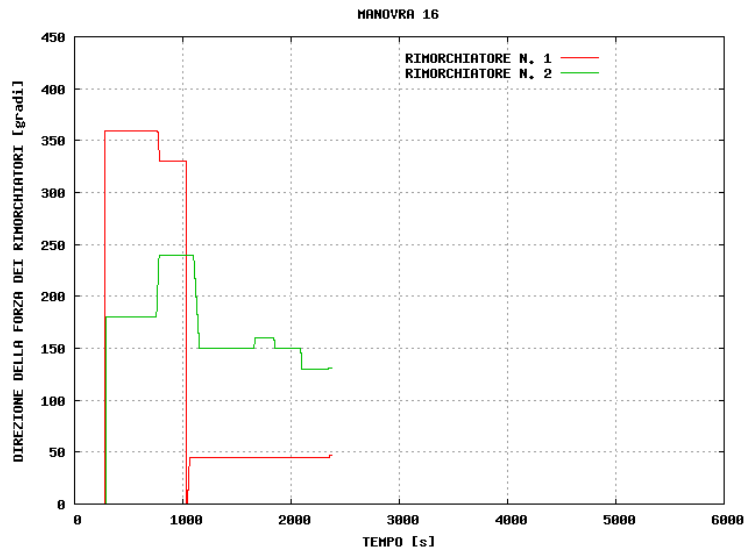


Figura 80



SIMULAZIONE NUMERO 17

DATA: 21 Gennaio 2008 14.00

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
30	060	5 / 1.5	060	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	Nave LNG proveniente da ancoraggio
Rotta:	230 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE:

La nave si è diretta verso il terminale passando a nord del wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a est del terminale è stata fermata la macchina e dato volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati è stata impiegata la macchina indietro al fine di ridurre la velocità nave.

Sono stati impiegati i rimorchiatori appena fattibile, e, il vento e la corrente di poppa hanno aiutano nel controllo della nave.



La manovra è stata portata a termine utilizzando in modo limitato la macchina, il timone. Con vento di 30 nodi proveniente da 60°, si devono utilizzare i rimorchiatori a livelli abbastanza elevati per mantenere il controllo della direzione.

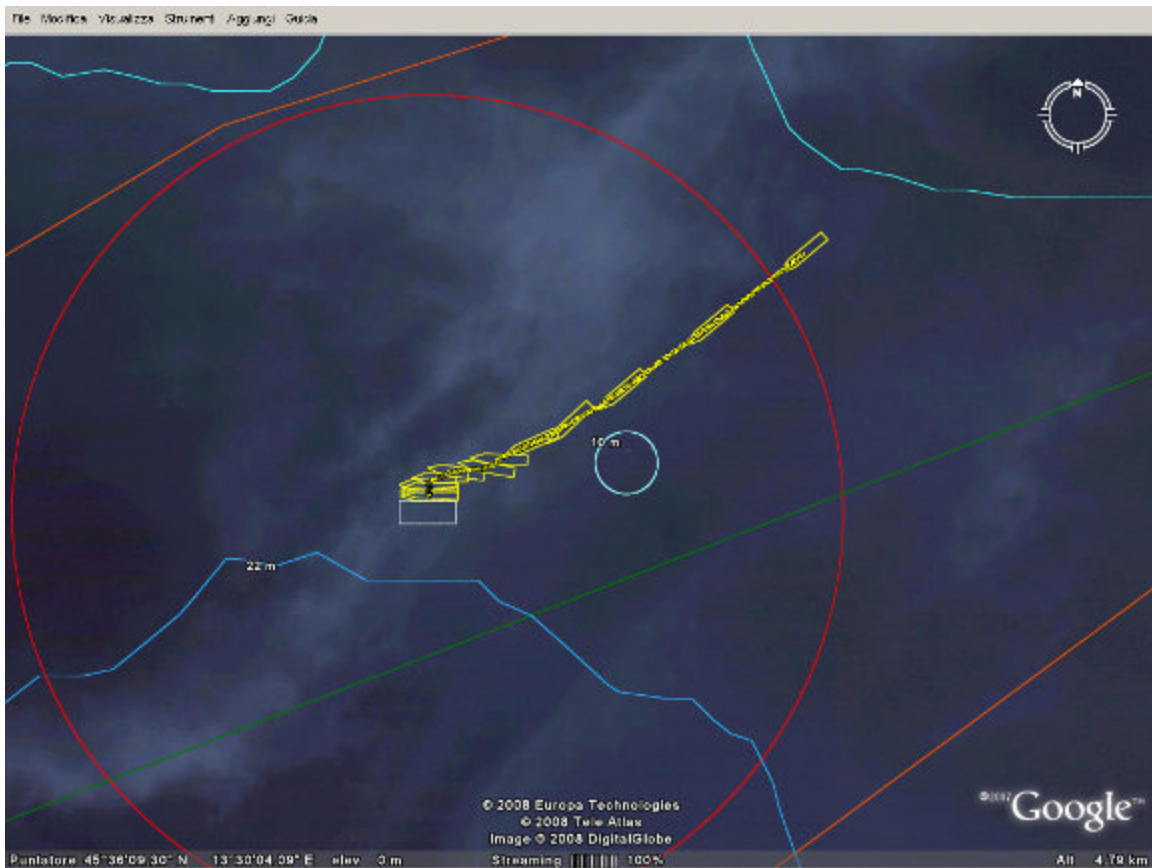


Figura 81

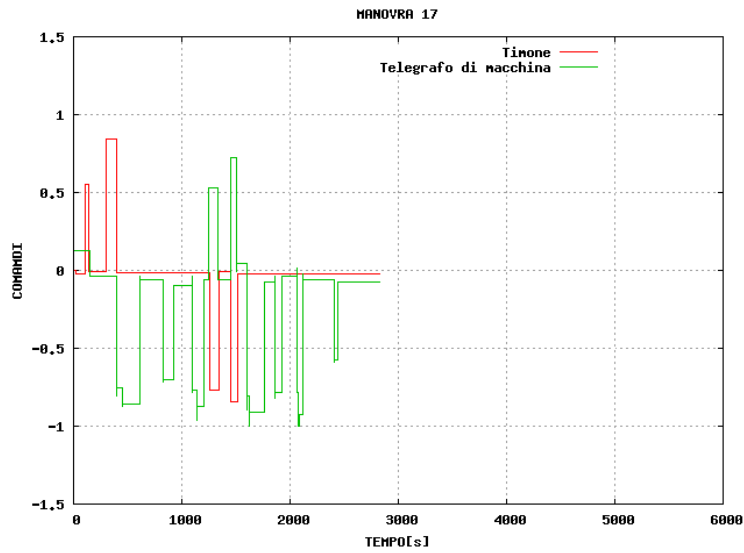


Figura 82

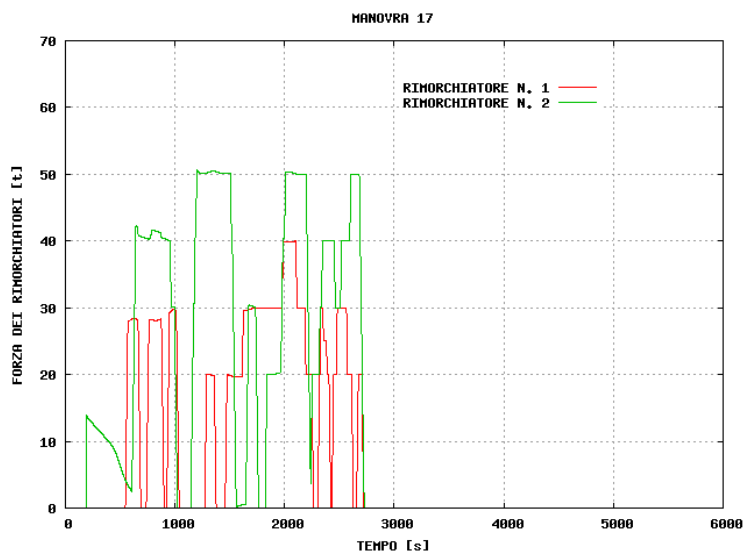


Figura 83

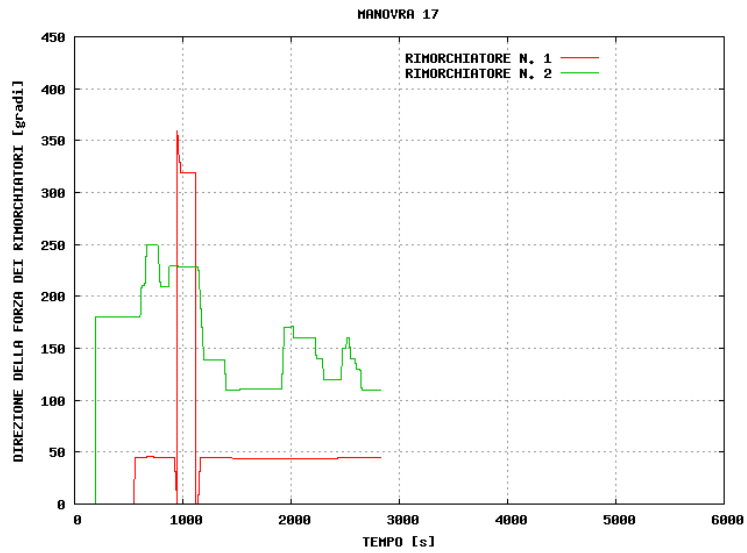


Figura 84



SIMULAZIONE NUMERO 18

DATA: 21 Gennaio 2008 15.30

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
15	120	5 / 1.5	120	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Pieno carico	
Posizione nave:	Nave LNG proveniente da ancoraggio
Rotta:	230 °
Velocità:	4.0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 2

NOTE:

La nave si è diretta verso il terminale passando a nord del wreck, e, alla distanza di circa 2000 metri a est del terminale è stata fermata la macchina e dato volta ai cavi del rimorchiatore di prua e poppa.

Con i rimorchiatori in posizione e con i cavi assicurati è stata impiegata la macchina indietro al fine di ridurre la velocità nave.



Sono stati impiegati i rimorchiatori appena possibile, e l'effetto del vento al traverso e l'effetto della corrente di poppa devono essere contrastati con i rimorchiatori per permettere il controllo della direzione della nave.

La manovra è stata portata a termine utilizzando in modo limitato la macchina, il timone e i rimorchiatori.



Figura 85

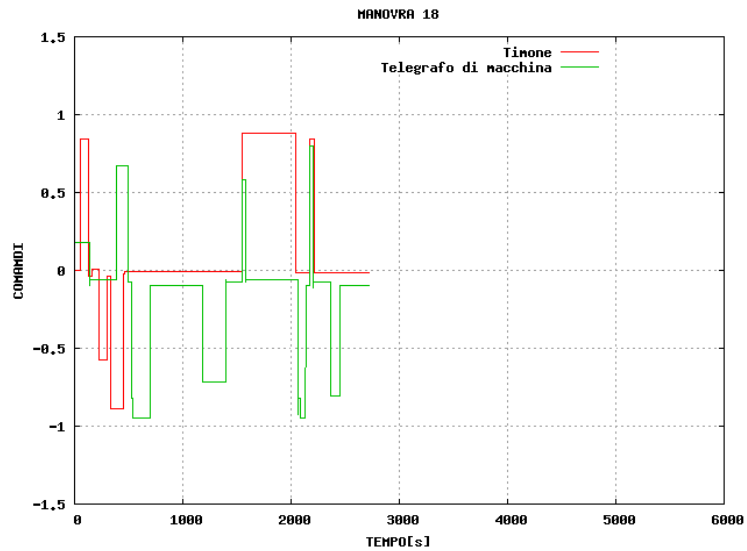


Figura 86

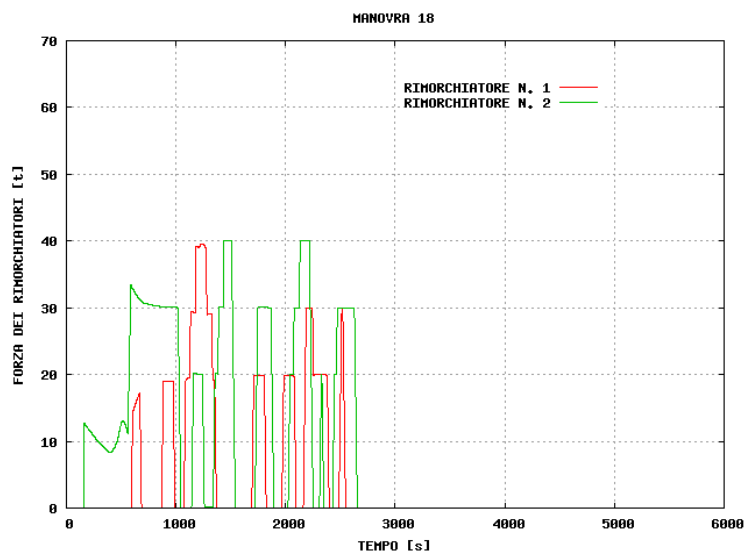


Figura 87

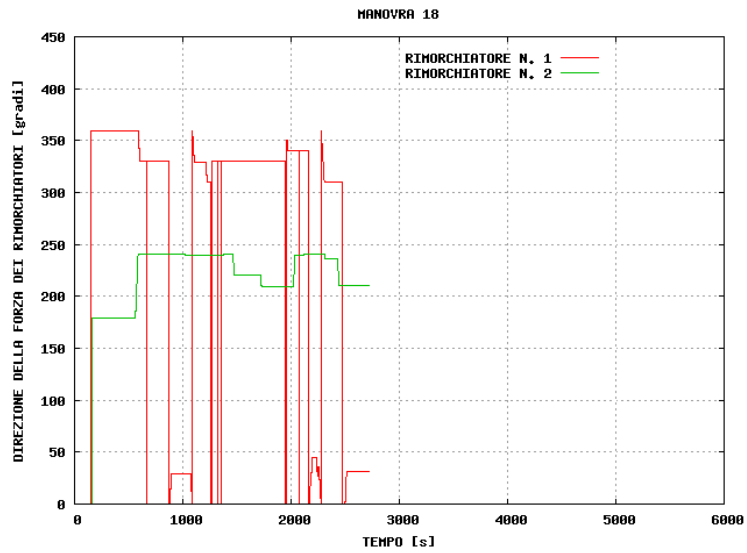


Figura 88



SIMULAZIONE NUMERO 19

DATA: 30 Gennaio 2008 09.00

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
30	120	6 / 2.5	120	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Zavorra	
Posizione nave:	Ormeggiata lato sinistro terminale GBS
Rotta:	270 °
Velocità:	0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 1

NOTE:

E' stata simulata una manovra di partenza.

Si è reso necessario l'utilizzo di un rimorchiatore a prua in quanto l'effetto del vento faceva abbattere la nave con la prua in banchina mentre la poppa tendeva ad allargarsi.

Appena si è giunti ad una distanza di sicurezza, grazie all'effetto di macchina e timone è stato effettuato l'allontanamento.

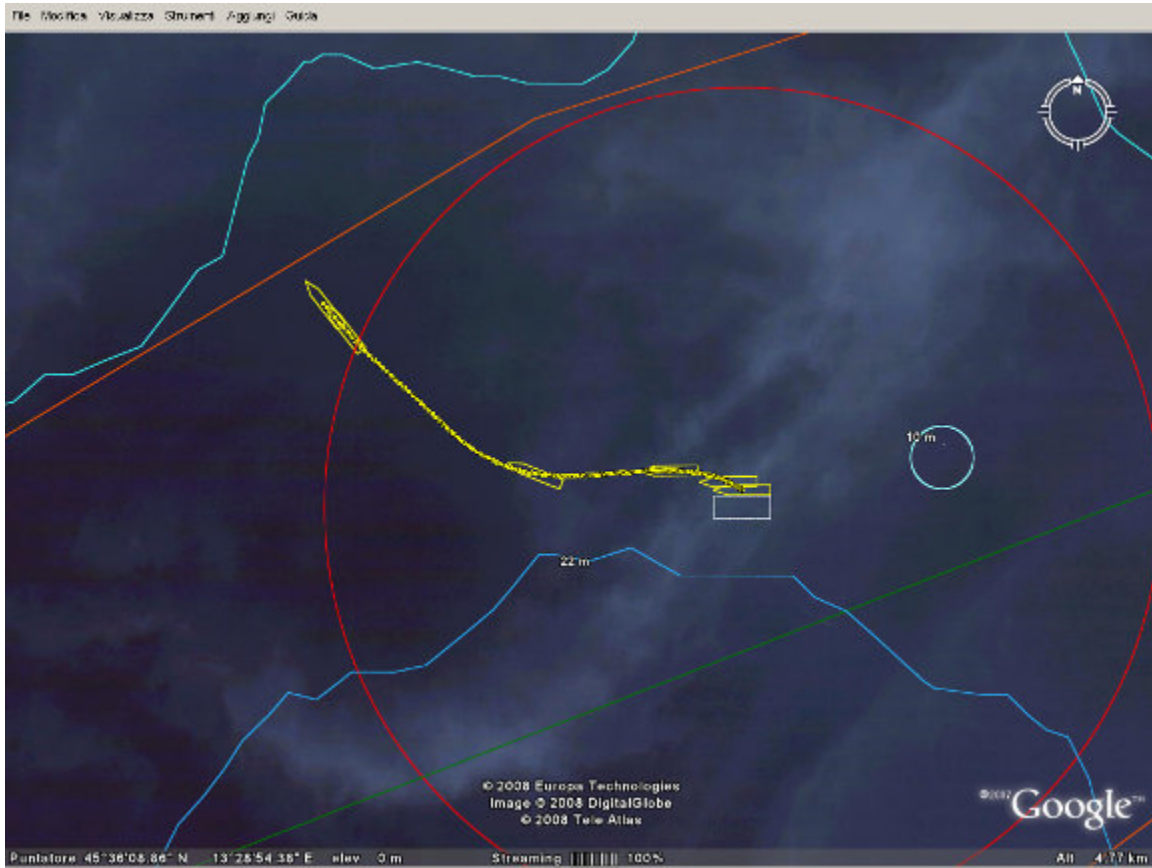


Figura 89

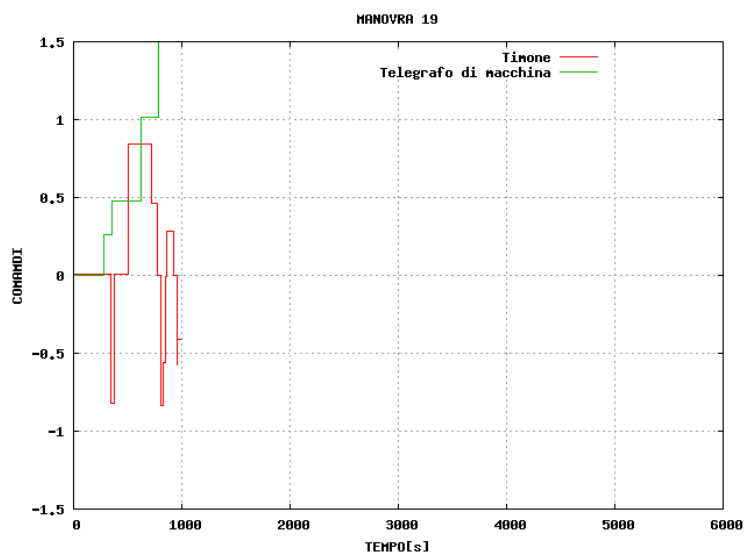


Figura 90

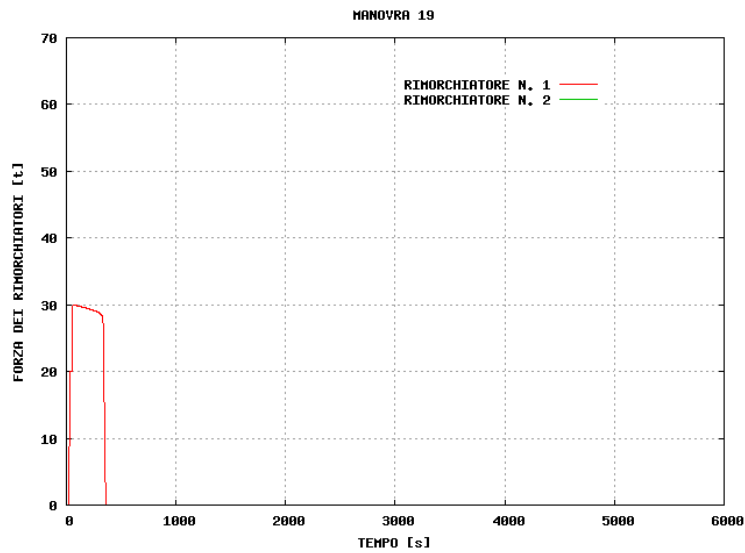


Figura 91

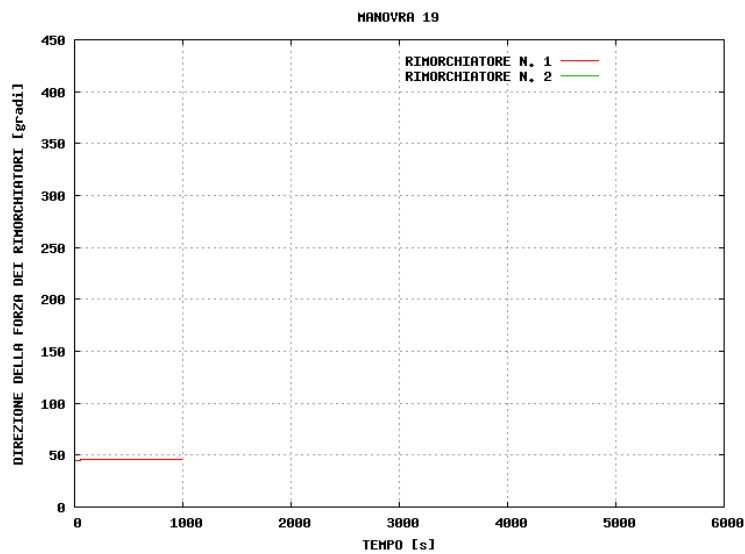


Figura 92



SIMULAZIONE NUMERO 20

DATA: 30 Gennaio 2008 10.00

COMANDANTE: Capt. G.N. Brolis

CONDIZIONI METEO					
VENTO		MARE		CORRENTE	
KTS	DIR	HS (m) / Tp (s)	DIR	KTS	DIR
30	120	6 / 2.5	120	1	Var.

CONDIZIONI INIZIALI:	
Condizione di carico: Zavorra	
Posizione nave:	Ormeggiata lato sinistro terminale GBS
Rotta:	270 °
Velocità:	0 kts

NUMERO RIMORCHIATORI IMPIEGATI: 0

NOTE:

Si è voluta verificare la manovra di disormeggio senza l'impiego del rimorchiatore di prua. Come nella manovra descritta in precedenza (N° 19), l'effetto del vento fa abbattere la nave con la prua in banchina mentre la poppa tende ad allargarsi. Per contrastare questo effetto si è utilizzata la macchina avanti con timone a dritta.

Si è riusciti a contrastare, ma in modo limitato, l'abbattimento della prua.

E' consigliato pertanto l'utilizzo del rimorchiatore di prua.

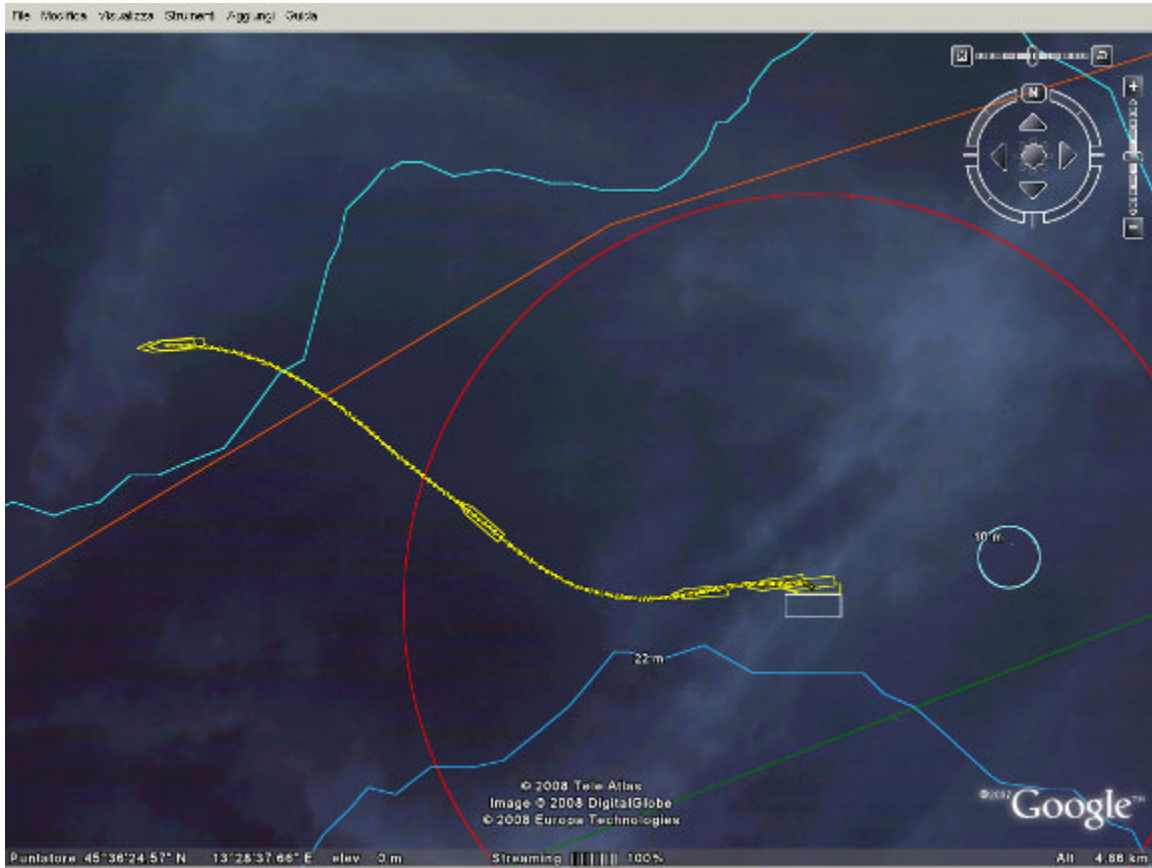


Figura 93

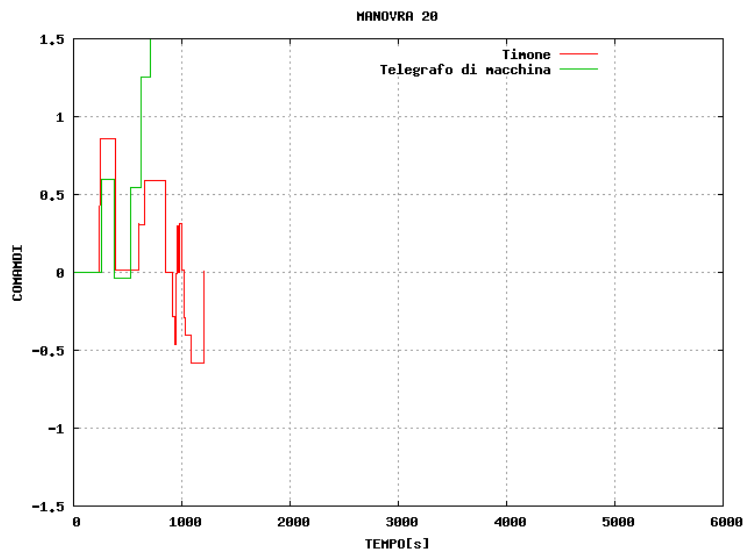




Figura 94

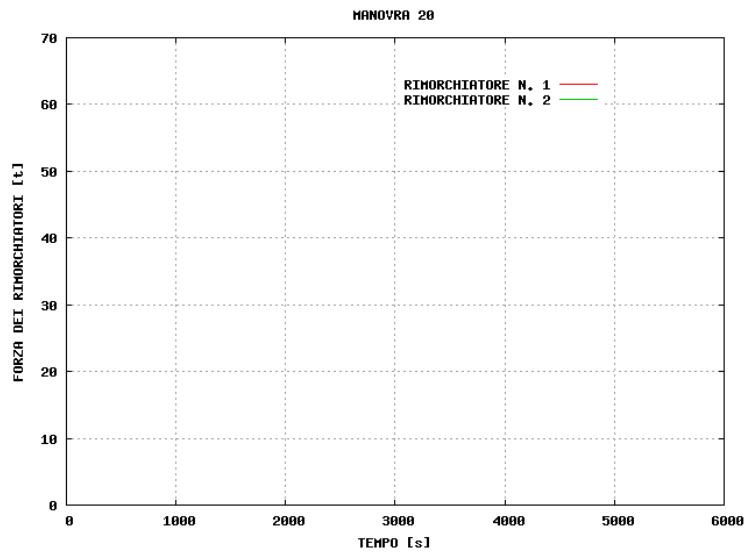


Figura 95

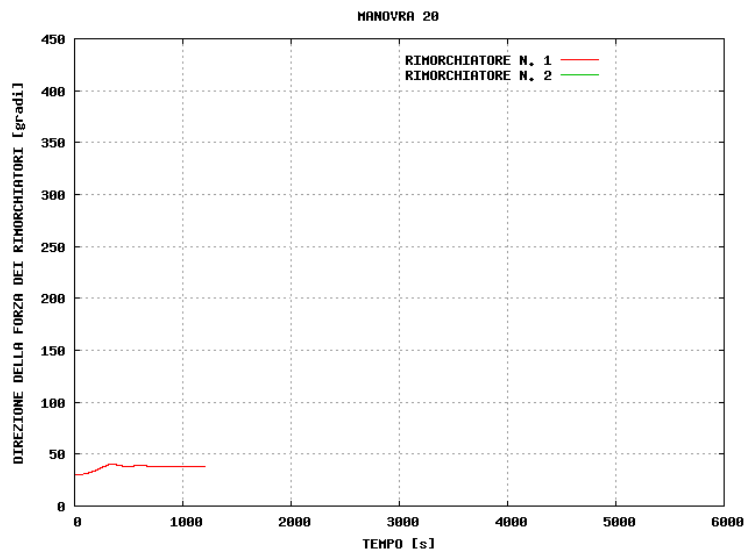


Figura 96