



Brindisi, 08.03.2018  
Prot. DIRE/U/002226  
[Direzione br@pec.versalis.eni.com](mailto:Direzione_br@pec.versalis.eni.com)

**Stabilimento di Brindisi**  
Via E. Fermi, 4  
72100 Brindisi - Italia  
Tel. centralino +39 08315701  
[stabilimento.brindisi@versalis.eni.com](mailto:stabilimento.brindisi@versalis.eni.com)

**Direzione e Uffici Amministrativi**  
Piazza Boldrini, 1 - 20097 San Donato Milanese (MI)  
Tel. centralino: +39 02 5201  
[www.versalis.eni.com](http://www.versalis.eni.com) - [info@versalis.eni.com](mailto:info@versalis.eni.com)

Spett.le  
Ministero dell'Ambiente e della  
Tutela del territorio e del Mare  
Direzione Generale per le Valutazioni e  
Autorizzazioni Ambientali  
Divisione II Sistemi di Valutazione  
Ambientale

[Dgsalvanguardia.ambientale@pec.minambiente.it](mailto:Dgsalvanguardia.ambientale@pec.minambiente.it)

## NOTA TECNICA VERSALIS

Osservazioni in merito al progetto definitivo "Lavori per il completamento dell'infrastrutturazione portuale mediante banchinamento e realizzazione della retrostante colmata tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est" (il "Progetto")

**versalis s.p.a.**

Stabilimento di Brindisi

Il Direttore  
Marcello Perra

**Versalis spa**

Sede Legale: San Donato Milanese (MI) - Piazza Boldrini, 1 - Italia  
Capitale sociale interamente versato: Euro 1.364.790.000,00  
Codice Fiscale e Registro Imprese di Milano-Monza-Brianza-Lodi 03823300821  
Part. IVA IT 01768800748  
R.E.A. Milano n. 1351279  
Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Eni S.p.A.  
Società con socio unico



La scrivente Versalis S.p.A. (“Versalis”), ha in concessione, presso il proprio stabilimento petrolchimico di Brindisi (lo “Stabilimento”), da parte dell’Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale (l’“Autorità”), l’infrastruttura portuale (atto di concessione n°183/2013 Reg. N°1/2013) ed alcune aree demaniali marittime (atto di concessione n°184/2013), entrambe funzionali alla movimentazione di prodotti petrolchimici e, quindi, allo svolgimento delle attività produttive all’interno dello Stabilimento.

In particolare:

- la summenzionata infrastruttura portuale (il “Pontile”) è costituita da un compendio demaniale marittimo portuale (34.732 mq) sul quale insistono tre punti di ormeggio, denominati n° 5, n° 7 e n° 12, con accosti aventi profondità da 6 a 10 m, e relative pertinenze accessorie;
- le summenzionate aree demaniali marittime (51.952 mq) (le “Aree Demaniali”) sono in parte scoperte ed in parte occupate da impianti, denominati “policentriche Nord”, “policentriche Nord-Est”, “policentriche Est” e “policentriche Sud”.

All’interno dello Stabilimento sono effettuate lavorazioni di derivati del petrolio che comportano la movimentazione presso il Pontile di materie prime e di prodotti finiti, quali virgin nafta, benzina da cracking, propilene, etilene, miscela C4, butadiene, raffinato 1, esene, olio da cracking e soda caustica.

In relazione al volume annuo dei suddetti prodotti movimentati presso di esso, il Pontile rappresenta una tra le unità fondamentali dello Stabilimento la cui efficienza operativa risulta determinante per ivi garantire il normale svolgimento delle attività industriali.

Lo Stabilimento è soggetto, tra l’altro, alle disposizioni di cui al D.Lgs. 105/15 relative al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con l’utilizzo di determinate sostanze pericolose.

Esso inoltre è esercito nel rispetto delle prescrizioni rilasciate dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (il “MATTM”) con il decreto di Autorizzazione Integrata Ambientale (rif. prot. N°DVA-DEC-2011-0000514 del 16/09/2011).

In particolare, in relazione alle sostanze pericolose detenute e movimentate presso di esso e con riferimento ai criteri riportati nell’Allegato 1 (parte 1 e parte 2) al sopra richiamato D.Lgs. 105/15, lo Stabilimento, in ragione dei quantitativi di sostanze pericolose ivi detenuti, si classifica come “stabilimento di soglia superiore” con obbligo di notifica, scheda di informazione e rapporto di sicurezza (ultima edizione anno 2016) e piano di emergenza interno.



Ciò necessariamente premesso, a seguito dell'analisi della documentazione presentata dall'Autorità in relazione al Progetto, al momento in fase di istruttoria VIA, Versalis rileva le seguenti criticità.

- a) Il progetto di realizzazione di una cassa di colmata, da ubicare nel porto esterno di Brindisi in un'area compresa tra il Pontile e la Costa Morena Est, così come presentato dall'Autorità nella sua stesura finale, non presenta sufficienti garanzie in termini di possibilità di ormeggio contemporaneo di due navi presso il Pontile per ridotto spazio di manovra presso il punto di ormeggio n° 7.

In particolare, l'elaborato n° B 06 07 denominato "Relazione sul censimento e sulla risoluzione delle interferenze" non tiene conto delle risultanze dello "Studio di manovrabilità" redatto dalla società RINA in data 21 marzo 2013, inviato ufficialmente già in forma di bozza da Versalis all'Autorità in data 11 marzo 2013. Nel suddetto studio si evidenzia che per garantire la normale operatività del Pontile al punto di ormeggio n° 7 è necessario prevedere una distanza minima tra la nuova banchina e la radice di detto punto di ormeggio di almeno 60 (sessanta) metri, al fine di riservare alle navi ed agli ormeggiatori uno spazio di manovra sufficiente. A seguito di successive ulteriori verifiche ed approfondimenti effettuati con il Corpo Piloti del Porto di Brindisi e con la società RINA, risulta più precisamente che la distanza tra la nuova banchina e la radice del punto di ormeggio n° 7 dovrebbe essere compresa tra gli 80 (ottanta) e i 100 (cento) metri; una distanza opportuna, compresa tra i 100 (cento) e i 150 (centocinquanta) metri, dovrebbe essere mantenuta anche in larghezza, ovvero ortogonalmente al Pontile e verso lo specchio d'acqua antistante.

Inoltre, il progetto di banchinamento prevedrà il dragaggio dei punti di ormeggio n° 7 e n° 12 fino ad una profondità di 12 m (rif. elaborato n° E.01 12 pag 143). Le suddette distanze e dragaggi, evidenziati tra le ipotesi dello studio di movimentazione redatto dalla società RINA, costituiscono una condizione imprescindibile per un recupero di flessibilità operativa del Pontile anche tenuto conto della prevista eliminazione definitiva del punto di ormeggio n° 5.

Si evidenzia che il Progetto presentato dall'Autorità prevede una distanza di soli 15 (quindici) metri tra la banchina e la radice del punto di ormeggio n° 7 e di soli 30 (trenta) metri in larghezza, ovvero in direzione ortogonale al Pontile e verso lo specchio d'acqua antistante.

- b) Durante la fase di banchinamento deve essere altresì tenuta in debita considerazione la necessità di mantenere e di garantire la normale operatività del Pontile, sia avuto riguardo alla frequenza di attracco presso di esso delle navi per il carico/scarico delle materie prime e dei prodotti finiti sia per quanto concerne gli aspetti di sicurezza.



In particolare, nella definizione delle interferenze tra le attività di banchinamento e l'operatività del Pontile è necessario tenere in considerazione che:

- i. l'attività di carico/scarico di materie prime e di prodotti finiti presso il Pontile prevede l'ormeggio presso di esso di circa 250 navi/anno, pari ad una quantità media annua di materie prime e di prodotti finiti movimentata presso di esso di circa 1.700.000 t.;
  - ii. Il Pontile è presidiato 24 ore su 24 da personale di Versalis in turno. Gli impatti ambientali generati dall'attività di banchinamento nelle fasi di cantierizzazione e di realizzazione del Progetto (emissioni acustiche, olfattive, ...) dovranno risultare compatibili con la costante presenza di detto personale presso il Pontile;
  - iii. il Pontile è un luogo di lavoro soggetto a rischio di incidente rilevante con scenari incidentali di tipologia Flash fire, Jet fire e Pool fire per la presenza di linee adibite alla movimentazione di sostanze pericolose (materie prime e prodotti finiti). Tali scenari danno luogo ad aree di danno che superano i confini del Pontile e rientrano tra gli scenari incidentali con impatto verso l'esterno (rif. DM 09/05/2001). Inoltre, in corrispondenza della spianata prospiciente la radice del Pontile sono ubicati gli impianti di captazione vapori correlati alle operazioni di carico e di scarico delle navi e gli apprestamenti di emergenza per incidenti agli ormeggi; tale area, prospiciente alla banchina di nuova realizzazione, è infatti sede dei sistemi di "comando e controllo" per la gestione delle situazioni di emergenza presso il Pontile.
- b) Le operazioni di dragaggio e di riempimento della colmata previste dal Progetto dovranno essere realizzate in modo tale da evitare che i sedimenti possano raggiungere la presa acqua mare del molo canale. Tale presa garantisce l'alimentazione dell'acqua di raffreddamento e dell'acqua antincendio agli impianti dello Stabilimento; l'arrivo di sedimenti può determinare una perdita di efficienza sulle utenze di raffreddamento e sui sistemi antincendio degli impianti, dando luogo ad una condizione di emergenza per l'intero Stabilimento. La mancanza di acqua di raffreddamento, infatti, comporta l'attivazione automatica dei sistemi di sicurezza e degli apprestamenti funzionali (valvole di sicurezza, over pressure, logiche di blocco) deputati alla messa in sicurezza e conseguente fermata degli impianti, mentre la presenza di sedimenti e depositi può compromettere l'efficienza dei sistemi antincendio alimentati con acqua mare.



- c) Per garantire la minima congestione dell'area portuale che deriverà dalla presenza dei mezzi di dragaggio sarebbe auspicabile che, prima dell'avvio dei lavori, l'Autorità provvedesse a:
- i. ripristinare il sistema di Port Entry Light (PEL), in ottemperanza a quanto previsto dal nuovo sistema di instradamento obbligatorio e disciplina del traffico in ingresso/uscita dal porto di Brindisi predisposto dalla Capitaneria di Porto (rif. Ordinanza 72/2013);
  - ii. ripristinare il livello di profondità del punto di ormeggio n° 7 attraverso un'attività di livellamento (rif. nota dell'Autorità di Sistema del Mare Adriatico Meridionale, prot. 5777 del 01/06/2017).

L'effettuazione dei suddetti due interventi costituisce elemento necessario a conseguire l'autorizzazione all'ormeggio notturno di navi con stazza superiore a 150 m per il punto di ormeggio n° 12 e di 110 m per il punto di ormeggio n° 7 del Pontile da parte della Capitaneria di Porto.

Inoltre, l'attuale penalizzazione sul livello di pescaggio sul punto di ormeggio n° 7 rende necessaria la movimentazione di navi verso il punto di ormeggio n° 12 durante le fasi di carico e di scarico delle navi, aumentando il traffico nello specchio d'acqua antistante il Pontile con anche un pesante aggravio economico per Versalis.

- d) Per quanto riguarda l'interferenza idraulica, deve essere garantito che il punto di scarico denominato "Policentrica Nord" (denominato "Policentrica Ovest" nell'AIA di Versalis), indicato dalla freccia D della fig 2.4 del documento B 0607, sia rilocato nel rispetto delle prescrizioni ministeriali attualmente in vigore. Infatti, relativamente a tale punto di scarico, che risulta georeferenziato all'interno del Decreto AIA DVA-DEC-2011-0000514 del 16/09/2011 rilasciato dal MATTM allo Stabilimento, il Gestore Versalis deve *"garantire l'accessibilità per il campionamento da parte dell'autorità competente per il controllo"*.
- e) In relazione al raddoppio del Pontile previsto dal Progetto, si fa presente che:
- i. anche per tale attività valgono le le osservazioni in materia di sicurezza (scenari incidentali interferenti, aspetti ambientali, ...) e di esercibilità del Pontile qui formulate in merito alla fase di realizzazione della nuova banchina;
  - ii. Versalis ha in concessione il Pontile da parte dell'Autorità a titolo esclusivo, come previsto dall'art. 1 dell'atto di concessione n°183/2013 Reg. N°1/2013 ai sensi dell'art. 18 della Legge 84/94 e s.m.m.. In caso di raddoppio del Pontile tale concessione dovrà essere appropriatamente riformulata in relazione all'uso (esclusivo) del Pontile stesso a Versalis.



Allegati:

1. Studio di verifica del Progetto dell'Autorità per l'intervento di banchinamento e di ampliamento del Pontile – STUDIO DI MANOVRABILITA' (Prot. N° RSSE/ADVS/ROBLO/46961 del 06/11/2013, Rev 01)
2. Studio di verifica del Progetto dell'Autorità per l'intervento di banchinamento e di ampliamento del Pontile – STUDIO LOGISTICO (Prot. N° RSSE/OIL/PPN/41708 del 24/09/2014, Rev 00)
3. Studio di verifica del Progetto dell'Autorità per l'intervento di banchinamento e di ampliamento del Pontile – ANALISI DELLO STUDIO DI SICUREZZA DEL PONTILE COSTA MORENA EST: POLIMERI E COPEROIL (Prot. N° RSSE/ADVS/ROBLO/46961 del 06/11/2013, Rev 01b)

**Modulo per la presentazione delle osservazioni per i piani/programmi/progetti sottoposti a procedimenti di valutazione ambientale di competenza statale**

**Presentazione di osservazioni relative alla procedura di:**

- Valutazione Ambientale Strategica (VAS) – art.14 co.3 D.Lgs.152/2006 e s.m.i.  
 Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) – art.24 co.3 D.Lgs.152/2006 e s.m.i.  
 Verifica di Assoggettabilità alla VIA – art.19 co.4 D.Lgs.152/2006 e s.m.i.

Il/La Sottoscritto **PERRA MARCELLO**

in qualità di legale rappresentante della Società

**VERSALIS S.p.A sito di Brindisi**

**PRESENTA**

ai sensi del D.Lgs.152/2006, le **seguenti osservazioni** al

- Piano/Programma, sotto indicato  
 Progetto, sotto indicato.

**“Completamento della infrastrutturazione portuale mediante banchinamento e realizzazione della retrostante colmata tra il pontile petrolchimico e costa Morena”**

**OGGETTO DELLE OSSERVAZIONI**

Aspetti di carattere generale (es. struttura e contenuti della documentazione, finalità, aspetti procedurali)

- Aspetti programmatici (coerenza tra piano/programma/progetto e gli atti di pianificazione/programmazione territoriale/settoriale)  
 Aspetti progettuali (proposte progettuali o proposte di azioni del Piano/Programma in funzione delle probabili ricadute ambientali)  
 Aspetti ambientali (relazioni/impatti tra il piano/programma/progetto e fattori/componenti ambientali)

**X Altro**

**“Interferenze con attuale attività produttiva del sito industriale Versalis di Brindisi”**

**ASPETTI AMBIENTALI OGGETTO DELLE OSSERVAZIONI**

- Atmosfera  
 Ambiente idrico  
 Suolo e sottosuolo

- Rumore, vibrazioni, radiazioni
- Biodiversità (vegetazione, flora, fauna, ecosistemi)
- Salute pubblica
- Beni culturali e paesaggio
- Monitoraggio ambientale
- Altro

## **Manovrabilità navi presso molo del Petrolchimico**

---

### **TESTO DELL' OSSERVAZIONE**

**Il progetto definitivo presentato dall'Autorità Portuale del Mare Adriatico Meridionale non garantisce la normale attività produttiva del sito industriale Versalis per i ridotti spazi di manovrabilità delle navi al punto di carico 7 (vedi relazione e allegati).**

**Inoltre la fase di realizzazione del progetto deve tener conto:**

- **Ripristino /garanzia del pescaggio al punto di carico 7**
- **Normale operatività del molo sia per aspetti legati alla sicurezza (vedi anche scenari incidentali pontile del Rapporto di Sicurezza ai sensi d.Lgs 105 del sito) che al rispetto del programma/frequenza attracco navi**
- **Modifica dello scarico denominata Policentrica ovest (autorizzata in AIA Ministeriale) nel rispetto delle prescrizioni e operatività previste nel decreto autorizzativo**

Il/La Sottoscritto/a dichiara di essere consapevole che, ai sensi dell'art. 24, comma 7 e dell'art.19 comma 13, del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., le presenti osservazioni e gli eventuali allegati tecnici saranno pubblicati sul Portale delle valutazioni ambientali VAS-VIA del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ([www.va.minambiente.it](http://www.va.minambiente.it)).

### **ELENCO ALLEGATI**

Allegato 1 - Dati personali del soggetto che presenta l'osservazione

Allegato 2 - Copia del documento di riconoscimento in corso

Allegato 3 – **Nota tecnica Versalis + n°3 allegati (n° 3 Studi del RINA )**

Luogo e data **Brindisi 08/03/2018**

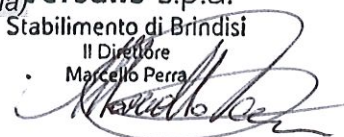
Il/La dichiarante

(Firma) **versalis s.p.a.**

Stabilimento di Brindisi

Il Direttore

Marcello Perra







**RINA**  
GROUP

*making the best together*

**Studio di verifica del progetto dell'Autorità Portuale  
di Brindisi per l'intervento di banchinamento e  
ampliamento del molo Versalis**

**STUDIO DI MANOVRABILITA'**



## Document information

<b>Cliente</b>	VERSALIS S.p.A.
<b>Riferimento Cliente</b>	Ing. Vania Lombardi <a href="mailto:Vania.Lombardi@versalis.eni.com">Vania.Lombardi@versalis.eni.com</a> 0831 57 08 38 RINA Services S.p.A.
<b>Fornitore</b>	Via Corsica 12 16128 Genova Ing. Roberto Longo
<b>Riferimento Fornitore</b>	<a href="mailto:roberto.longo@rina.org">roberto.longo@rina.org</a> 010 53 85 868
<b>No. Protocollo</b>	RSSE/ADVS/ROBLO/46961
<b>Revisione</b>	01
<b>Data</b>	06/11/2013
<b>Preparato</b>	B. Chilò
<b>Verificato</b>	D. Vannucci
<b>Approvato</b>	A. Lo Nigro

## REVISION SUMMARY

Date	Revision	Description	Prepared	Checked	Approved
30/11/2012	Bozza	Bozza per discussione	B. Chilò	D. Vannucci	A. Lo Nigro
06/11/2013	1	Emissione Finale	B. Chilò	D. Vannucci	A. Lo Nigro

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	5
2	BIBLIOGRAFIA .....	6
3	SCOPO DEL LAVORO .....	7
4	METODOLOGIA .....	8
4.1	Il sistema di simulazione .....	8
4.1.1	Personal computer 1 .....	9
4.1.2	Personal computer 2.....	9
4.2	Condizioni di simulazione .....	9
4.2.1	Validazione del modello matematico .....	10
4.2.2	Rimorchiatori.....	13
4.2.3	Condizioni meteo .....	14
4.2.4	Batimetria .....	15
4.2.5	Modello del molo Polimeri .....	15
5	CAMPAGNA DI SIMULAZIONE.....	16
6	RISULTATI.....	19
7	CONCLUSIONI.....	21

### APPENDICI

APPENDICE A            IL MODELLO MATEMATICO

## 1 INTRODUZIONE

L'Autorità Portuale di Brindisi ha trasmesso in data 29/09/2011 gli elaborati progettuali relativi a "Intervento di completamento dell'infrastrutturazione portuale mediante banchinamento e Costa Morena est - Ampliamento molo Polimeri".

Tale progetto prevede i seguenti punti, di seguito meglio dettagliati:

- il banchinamento nella calata a ovest del pontile Versalis, previsto dal Piano Regolatore Portuale (PRP) vigente;
- il trasferimento del terminal gasiero (COPEROIL), attualmente ubicato presso Costa Morena ovest, dove insiste l'area destinata al traffico passeggeri, in attuazione di quanto previsto dal D.P.R. 23/04/1998 "Approvazione del piano di disinquinamento per il risanamento del territorio della provincia di Brindisi";
- Ricollocazione del molo gasiero COPEROIL nel porto esterno, confinante con il molo Versalis, con allargamento del molo petrolchimico.

Alla luce di quanto sopra, la società Versalis ha ritenuto opportuno incaricare RINA Services S.p.A. per procedere a uno studio di verifica della soluzione progettuale proposta dalla Autorità Portuale.

Tale studio ha come obiettivo quello di verificare l'impatto che tali modifiche potranno avere sulle attività svolte presso il molo dalla società Versalis, evidenziando eventuali limitazioni operative alle attività di logistica e problematiche di sicurezza ed indicando, laddove opportuno, possibili variazioni che possano comportare vantaggi allo svolgimento delle attività Versalis presso il molo.

Lo studio è stato quindi suddiviso nelle seguenti attività:

- Analisi dello studio di sicurezza effettuato dall'Autorità Portuale;
- Studio di manovrabilità per la verifica degli spazi di manovra;
- Studio logistico per valutare gli impatti delle modifiche sull'operatività del terminale.

Nel presente documento si riportano i risultati relativi allo studio di manovrabilità.

## 2 BIBLIOGRAFIA

- [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] 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
- [13] Autorità Portuale di Brindisi "Lavori per il completamento dell'infrastrutturazione portuale mediante banchina mento e realizzazione della retrostante colmata tra il pontile Petrochimico e Costa Morena est - Progetto preliminare - Studio Meteomarino" Elaborato N° R02 Luglio 2011
- [14] Simiu E., Scanlan R. H. "Wind Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design" 3<sup>rd</sup> Edition Wiley, New York, 1996
- [15] Coastal Consulting & Exploration S.r.l. Bari "Rilievo batimetrico del Porto Medio di Brindisi" 05.11.2009
- [16] PU.MA. Trading S.r.l. FAX a Polimeri Europa "Invio Schede Tecniche" 17.12.2007

### 3 SCOPO DEL LAVORO

Lo studio di manovrabilità è stato condotto al fine di fornire indicazioni utili al progetto di riempimento previsto presso il molo Polimeri.

A tal scopo, mediante l'utilizzo di un apposito simulatore di manovra, si è voluto determinare quali siano gli spazi necessari alla manovra di navi in arrivo e partenza presso il molo Polimeri.

In particolare è stata eseguita una campagna di simulazioni considerando navi in manovra presso il punto di carico 7 e monitorando la distanza massima occupata dalla poppa della nave lungo la direzione del molo, allo scopo di definire quanto debba essere arretrato il riempimento rispetto all'attuale radice del molo per poter garantire spazi di manovra sufficienti (Figura 1).

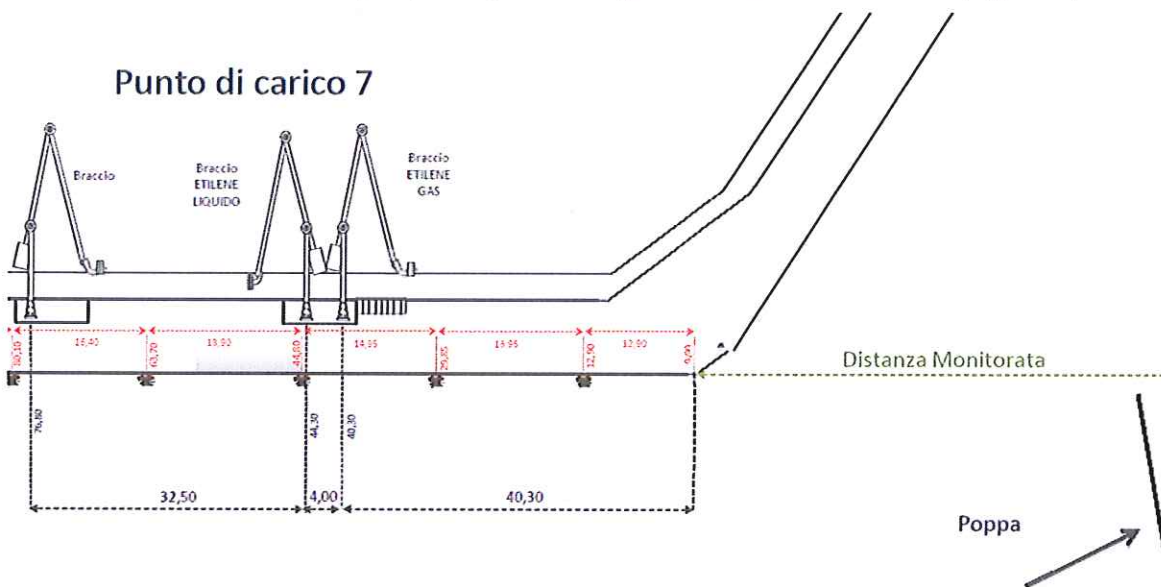


Figura 1 – Planimetria in prossimità del punto di carico 7

Si ha infatti che, nel caso in cui si debba scaricare etilene gas, le navi devono allineare i loro manifold con il braccio di carico posizionato a 40,3m dalla radice del molo e, pertanto, se la distanza poppa-manifold nella nave in oggetto è maggiore di tale distanza, ne consegue che sia durante le manovre che durante l'ormeggio, la poppa della nave si trova in una posizione sporgente rispetto alla radice del molo stesso.

Allo scopo di tener in considerazione possibili scenari futuri nei quali potrà rendersi necessario l'utilizzo di navi aventi dimensioni maggiori rispetto a quelle attualmente in esercizio presso il terminale, nelle simulazioni si è considerata una nave di lunghezza fuori tutto pari a circa 183m e avente distanza poppa-manifold pari a 82 m.

Volendo considerare la condizione maggiormente sfavorevole, le manovre sono state svolte assumendo che una nave di dimensioni eguali a quella sopra-citata fosse già all'ormeggio presso il punto di carico 12.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Il sistema di simulazione

Lo studio è stato eseguito utilizzando un simulatore "real time", Naval ++, in grado di rappresentare in maniera affidabile il comportamento della nave durante le operazioni di manovra.

Naval ++ è stato sviluppato dalla società BE SOFTWARE in collaborazione con RINA.

Il modello matematico è in grado di tener conto di tutti i fenomeni esterni di rilievo che possono influenzare la manovrabilità di una nave quali ad esempio:

- Effetti di banchinamento dovuti a basso fondale e/o vie strette;
- Forze di sbandamento dovute all'azione del vento;
- Forze idrodinamiche dovute all'azione delle onde e delle maree.

Per maggiori dettagli circa il modello matematico, si rimanda all'appendice A.

Il simulatore è stato opportunamente tarato e validato con i piloti del porto di Brindisi in occasione di un incontro dedicato, tenutosi presso gli uffici RINA di Genova in data 28-29 Novembre 2012.

Tutte le simulazioni delle manovre eseguite nello svolgimento del presente studio sono state quindi condotte utilizzando un sistema di simulazione, riportato nella Figura 2, composto da due personal computer collegati fra loro in rete.



**Figura 2 – Sistema di Simulazione Utilizzato**

Ciascun personal computer è dedicato ad una determinata funzione che viene brevemente descritta nei seguenti paragrafi.



#### 4.1.1 Personal computer 1

Questo personal computer, che nella fase operativa è impiegato dall'operatore, ha la funzione di impostare la manovra, scegliendo cioè la nave e la relativa condizione di carico 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 e caratteristiche della raffica, il moto ondoso in termini di altezza significativa e periodo medio e direzione di provenienza, la corrente specificandone velocità e direzione e la data e l'ora della simulazione.

L'operatore di questo personal computer, che potremmo definire "registra 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 che agiscono sulla nave in manovra, specificandone la percentuale di tiro e la direzione dello stesso nonché quella di agire sui cavi di ormeggio che in questo caso interagiscono fra la nave cisterna e le bitte del pontile. 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.

#### 4.1.2 Personal computer 2

Alla destra della postazione di simulazione si trova il secondo personal computer, sul quale opera il comandante o il pilota della nave. Su questo personal computer è installato il modello matematico di simulazione della nave in esame.

Sullo schermo di questo personal computer viene rappresentata la consolle di manovra ove sono riprodotti nella parte inferiore destra i simulacri del telegrafo di macchina, della ruota del timone, che vengono azionati tramite il mouse, nonché tutti gli strumenti per il controllo della nave quali la bussola, l'indicatore di velocità angolare, il solcometro, l'indicatore del numero di giri del propulsore e dell'angolo di barra del timone.

Nella parte centrale dello schermo troviamo l'indicatore del GPS con le coordinate della nave, l'ora e la data, mentre nella parte sinistra è riprodotto, l'anemometro e l'andamento temporale dell'uscita dell'ecoscandaglio.

La parte in alto dello schermo è impegnata per la rappresentazione bidimensionale della manovra della nave. 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 tutto lo scenario circostante. 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.

### 4.2 Condizioni di simulazione

Tutte le manovre sono state condotte su una nave cisterna per la quale sono stati messi a punto due modelli matematici, uno che riproduce la condizione di pieno carico e l'altro quella di zavorra. La Tabella 1 riporta le principali caratteristiche delle due condizioni di carico considerate.

Si è quindi ipotizzato in prossimità dell'attuale gomito (accosto 7) una zona di dragaggio a quota 9.5 metri tale da consentire l'accosto a navi di questa tipologia in condizioni di allibo e di pieno carico.

Lo studio è stato condotto considerando diverse condizioni eoliche ed ipotizzando l'accosto 12 già occupato da una nave di uguali dimensioni a quella utilizzata per le manovre.

Condizione di carico		ZAVORRA	PIENO CARICO
Lunghezza fuori tutto	LOA [m]	182.55	
Lunghezza fra le perpendicolari	LBP[m]	175	
Larghezza	B [m]	27.34	
Immersione avanti	T <sub>AV</sub> [m]	5.1	9.0
Immersione addietro	T <sub>AD</sub> [m]	5.7	9.0
Dislocamento	$\Delta$ [ton]	19828	35164
Area frontale	A <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]	704	606
Area laterale	A <sub>l</sub> [m <sup>2</sup> ]	3537	2907
Area del timone	A <sub>R</sub> [m <sup>2</sup> ]	36.33	
Numero delle pale dell'elica	Z	4	
Diametro dell'elica	D [m]	5.8	
Rapporto passo/diametro	P/D	0.6667	
Area espansa / Area disco	A <sub>E</sub> /A <sub>O</sub>	0.58	
Senso di rotazione		Destrorso	
Numero di giri	RPM	127	
Tipo del motore principale		Diesel	
Potenza del motore principale	P [KWatt]	9466	
Distanza poppa - manifold	[m]	82	

**Tabella 1 – Caratteristiche Principali della Nave Modello**

#### 4.2.1 Validazione del modello matematico

Nella fase preliminare, con i due modelli nave riportati in Tabella 1 sono state simulate alcune manovre standard. I risultati dei cerchi di evoluzione, condotti con un angolo di timone pari a 35°, sono riportati nelle figure 2, 3, 4. Durante queste simulazioni sono stati rilevati per i due modelli della nave oggetto di questo studio, i valori dell'avanzo (X90), del trasferimento (Y90) e del diametro tattico (Y180) che vengono riportati, adimensionalizzati sulla lunghezza fra le perpendicolari della nave (L<sub>pp</sub>), in funzione del coefficiente C<sub>b</sub>\*B/ L<sub>pp</sub> rispettivamente nella Figura 3, Figura 4 e Figura 5.

Le figure riportano anche la retta di regressione ottenuta dall'analisi dei dati numerici di queste grandezze, raccolti e riportati nella referenza [12], 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.

Analoga considerazione può essere fatta riguardo la Figura 6 che riporta in funzione del diametro tattico le perdite di velocità riscontrate nella simulazione delle prove di evoluzione.

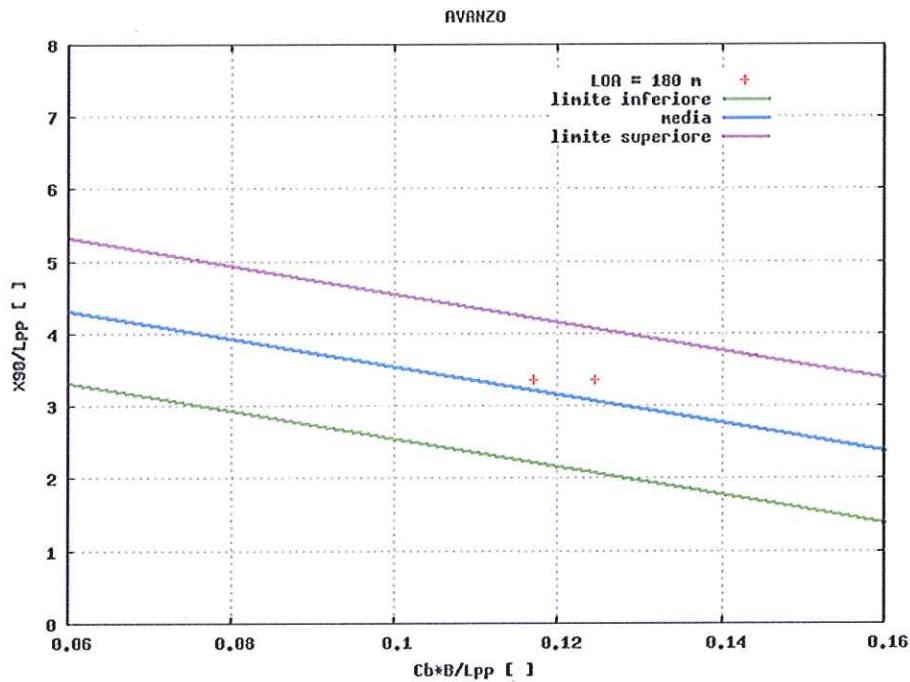


Figura 3 – Avanzo vs. Cb\*B/ Lpp



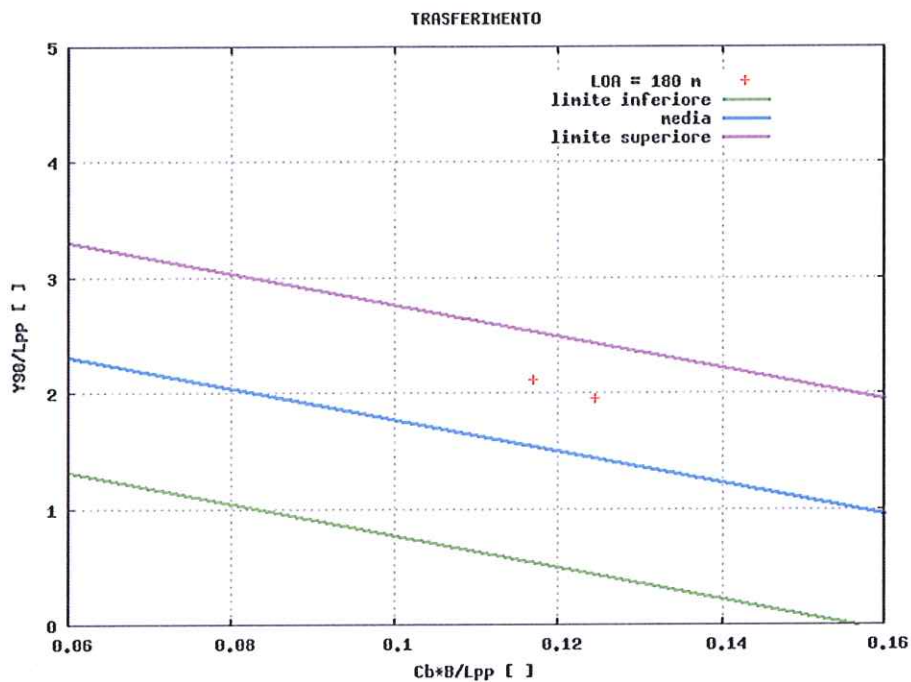


Figura 4 – Trasferimento vs.  $C_b \cdot B / L_{pp}$

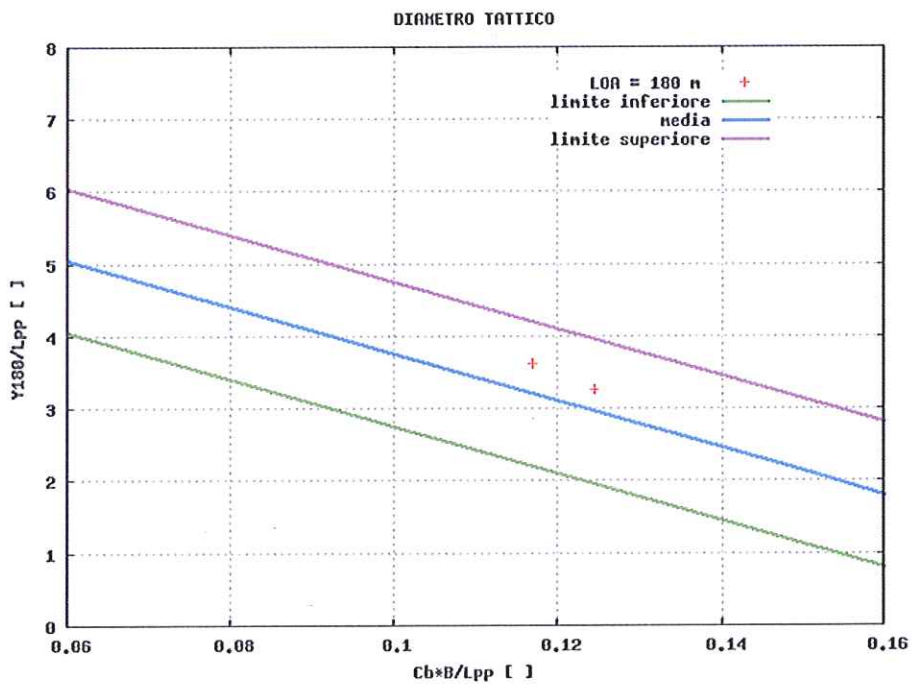
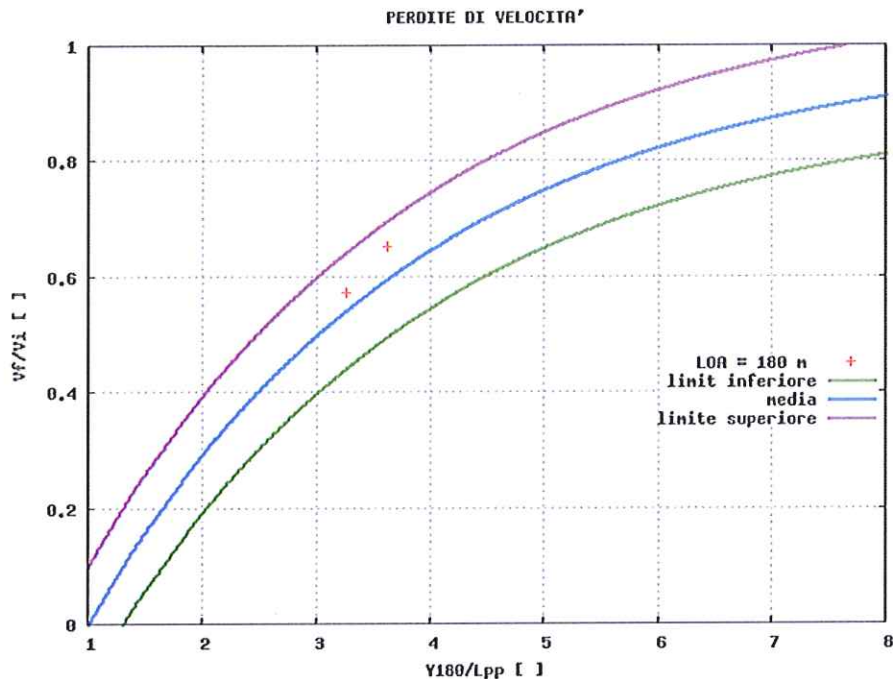


Figura 5 – Diametro Tattico vs.  $C_b \cdot B / L_{pp}$



**Figura 6 – Riduzione di Velocità vs. Diametro Tattico**

#### 4.2.2 Rimorchiatori

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.

Tutte le simulazioni delle manovre di approccio o di partenza dal terminale sono state eseguite dalla nave cisterna con l'assistenza di due rimorchiatori azimutali poppieri gemelli che espletano il servizio nel porto di Brindisi (Marietta Barretta e Asmara), aventi le seguenti caratteristiche:

- Lunghezza fuori tutto 34.2 m;
- Larghezza 10.8 m;
- Immersione 4.0 m;
- Potenza 3469 KW;
- Velocità massima 13.6 nodi;
- Tiro a punto fisso 58 t.

I due rimorchiatori dotati di gancio prodiero hanno sempre operato una a prora (rimorchiatore 1) ed uno a poppa (rimorchiatore 2) sul lato di sinistra della nave cisterna alternando fasi di tiro a quelle di spinta in accordo con le esigenze della manovra.

### 4.2.3 Condizioni meteo

Sulla base delle indicazioni fornite dallo studio meteo marino condotto nel paraggio di Brindisi [13] sono state considerate due diverse direzioni di provenienza del vento (030° Grecale, 150° Scirocco) con intensità rispettivamente pari a 30 e 25 nodi. Queste intensità sono associate ad una probabilità di occorrenza pari ad una volta nel corso di un anno. La probabilità di evenienza è stata desunta sulla base di un'analisi probabilistica condotta sui dati provenienti dalla stazione dell'Aeronautica Militare di Brindisi e relativi a nove anni (1973÷1981).

Tutte le condizioni di vento sono state considerate con la presenza di raffiche, per la descrizione analitica delle quali si rimanda alla referenza bibliografica [14]. Un esempio della storia temporale in termini di intensità e direzione viene rappresentato, rispettivamente, in Figura 7 e Figura 8, relativamente alla condizione di vento di Scirocco (150°) ed intensità media pari a 25 nodi.

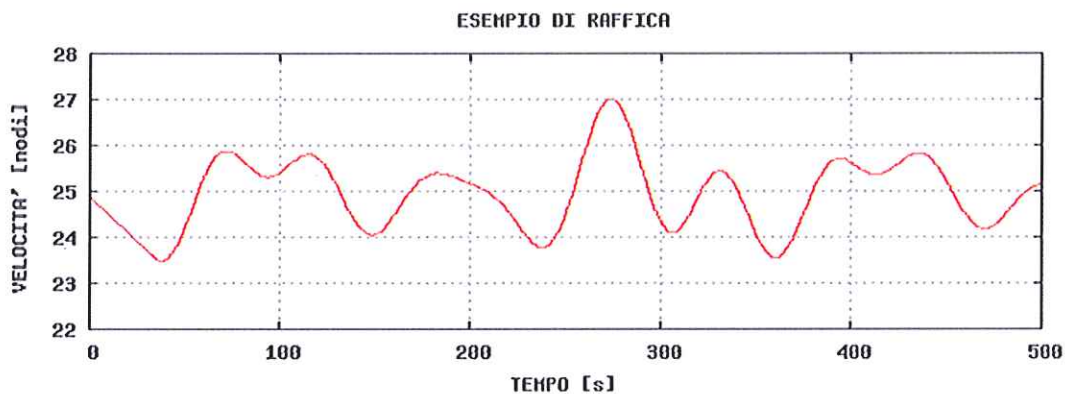


Figura 7 – Esempio di raffica: storia temporale della velocità

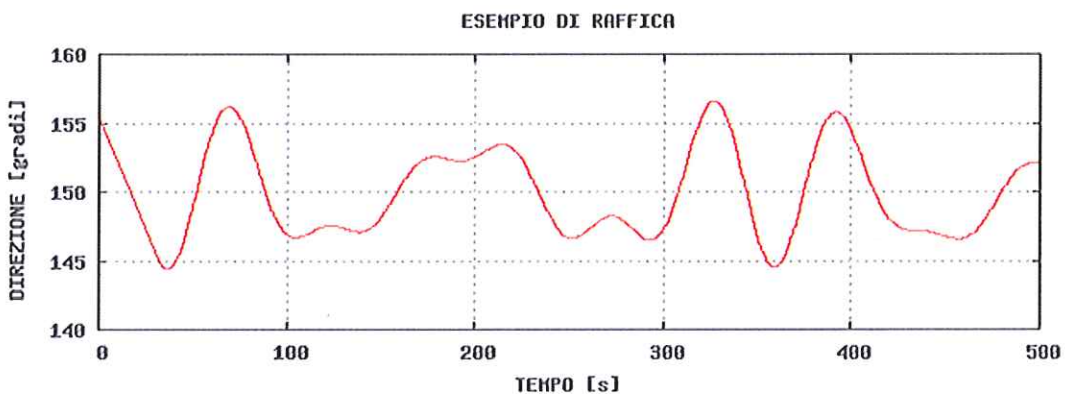


Figura 8 – Esempio di raffica: storia temporale della direzione

#### 4.2.4 Batimetria

Tutte le manovre sono state condotte nella configurazione attuale del pontile Polimeri, ipotizzando una zona dragata a 9.5 metri in corrispondenza dell'accosto 7 per consentire la manovra di attracco alla tipologia di nave ipotizzata.

La batimetria del porto di Brindisi è stata inserita nel data base del modello matematico di simulazione sulla base dei dati desunti dal disegno in AUTOCAD [15] ed integrata con le indicazioni desunte dalla Carta Nautica N° 191 "Porto di Brindisi" dell'Istituto Idrografico della Marina.

#### 4.2.5 Modello del molo Polimeri

Il pontile Polimeri attualmente presenta due orientamenti: il primo tratto, orientato per 295° N, ospita gli accosti 12 e 7, lungo il secondo tratto, di lunghezza inferiore, è posizionato l'accosto 5. Lungo il primo tratto, a circa metà del suo sviluppo, vi è un dente che separa i due accosti (accosto 12 in testa e accosto 7 alla radice). Nel data base portuale usato per le simulazioni è stata riprodotta la posizione delle bitte lungo il pontile in numero di 19 e quella dei parabordi, anch'essi in numero di 19. Per quanto riguarda le bitte, alle 19 della configurazione portuale attuale ne sono state aggiunte altre due: la prima lungo l'attuale pontile all'altezza dell'accosto 5 e posizionata nel punto di coordinate (40°38.890' N, 017°59.189'E) per consentire di dare volta al traversino di poppa, la seconda di coordinate (40°38.851' N, 017°59.230'E) sulla prevista colmata posizionata sul prolungamento della linea congiungente le attuali 11 bitte relative all'accosto 7 per consentire l'uso del cavo alla lunga di poppa durante la manovra di attracco.

A proposito dei parabordi nel data base ne sono state inserite le caratteristiche fisiche relative a due diversi tipi, a seconda che i parabordi siano verso la testa (accosto 12) o verso la radice del molo (accosto 7) rispetto al dente del pontile Polimeri, in accordo a quanto specificato nel documento [16]. Le caratteristiche dei parabordi che sono del tipo "C WRAPPED" vengono ricordate nella Tabella 2.

Accosto	Numero di parabordi	Diametro esterno [m]	Diametro interno[m]	Lunghezza [m]	Forza al 45% di deformazione [t]	Forza al 50% di deformazione [t]
12	11	1.20	0.60	1.00	48.7	57.0
7	8	0.90	0.45	1.00	36.5	44.3

**Tabella 2 – Caratteristiche Principali dei Parabordi Utilizzati**

## 5 CAMPAGNA DI SIMULAZIONE

Allo scopo di verificare gli spazi di manovra in diverse condizioni, si sono considerati otto differenti scenari combinando opportunamente le seguenti ipotesi operative:

- Condizione di carico della nave: pieno carico e zavorra;
- Condizione meteo: vento da 30°N e vento da 150°N;
- Tipologia di manovra: arrivo e partenza.

La descrizione completa degli scenari considerati è riportata in Tabella 3.

ScENARIO	A=Arrivo P=Partenza	Condizione di carico F=Pieno carico B=Zavorro	Vento		Prove N°
			Velocità [nodi]	Direzione [gradi]	
01	A	F	25	150	01,09,17,21,23
02	A	F	30	30	02,10
03	P	F	25	150	03,11,19
04	P	F	30	30	04,12
05	A	B	25	150	05,13,22
06	A	B	30	30	06,14,18
07	P	B	25	150	07,15
08	P	B	30	30	08,16,20

**Tabella 3 – Scenari Simulati**

Al fine di poter disegnare un significativo involuppo delle manovre si è ritenuto opportuno ripetere per due volte ciascuna manovra, identificando quindi i casi maggiormente critici. Per quest'ultimi si è proceduto ad effettuare ulteriori prove.

Nell'ultima colonna della Tabella 3 si riporta l'elenco di ventitre (20+3) prove effettuate dal Com.te Giovanni Paolo Salesi che le ha condotte nel periodo compreso tra 11.01.2013 e 17.01.2013. Le prove 01, 05 e 09 hanno evidenziato la necessità di avere in prossimità del gomito del pontile un fender sul quale appoggiare la parte poppiera della nave durante le manovre di arrivo. A questo proposito è stato introdotto un ulteriore parabordo che ha coordinate (40°38.876' N, 017°59.159' E) e le caratteristiche geometriche ed elastiche uguali a quelle dei fender dell'accosto 7. Sono state quindi ripetute le manovre 01, 05 e 09 con la presenza di questo nuovo fender e nominate rispettivamente 21, 22 e 23.

Tutte le simulazioni delle manovre di arrivo e di partenza sono state condotte assumendo per la nave le condizioni iniziali riportate nella Tabella 4. Per le manovre di arrivo come posizione iniziale è stato scelto il punto in cui i rimorchiatori solitamente hanno dato il cavo alla nave ed essa inizia l'accostata, mentre per le manovre di partenza la posizione iniziale della nave è stata scelta



ipotizzando che la distanza fra lo specchio di poppa della nave presa in esame e i suoi bracci di carico fosse pari a 82.0 m. Quest'ultima ipotesi è stata assunta anche per quanto concerne le simulazioni delle manovre di arrivo, lo scopo delle quali fu quello ovviamente di posizionare la nave in quest'ultimo punto.

MANOVRA		ARRIVO	PARTENZA
VELOVITA' NAVE [nodi]		6	0
PRORA NAVE [gradi]		270	295
PUNTO NAVE	LATITUDINE	40° 39.653' N	40° 38.880' N
	LONGITUDINE	017° 59.748' E	017° 59.122' E

**Tabella 4 – Condizioni Iniziali**

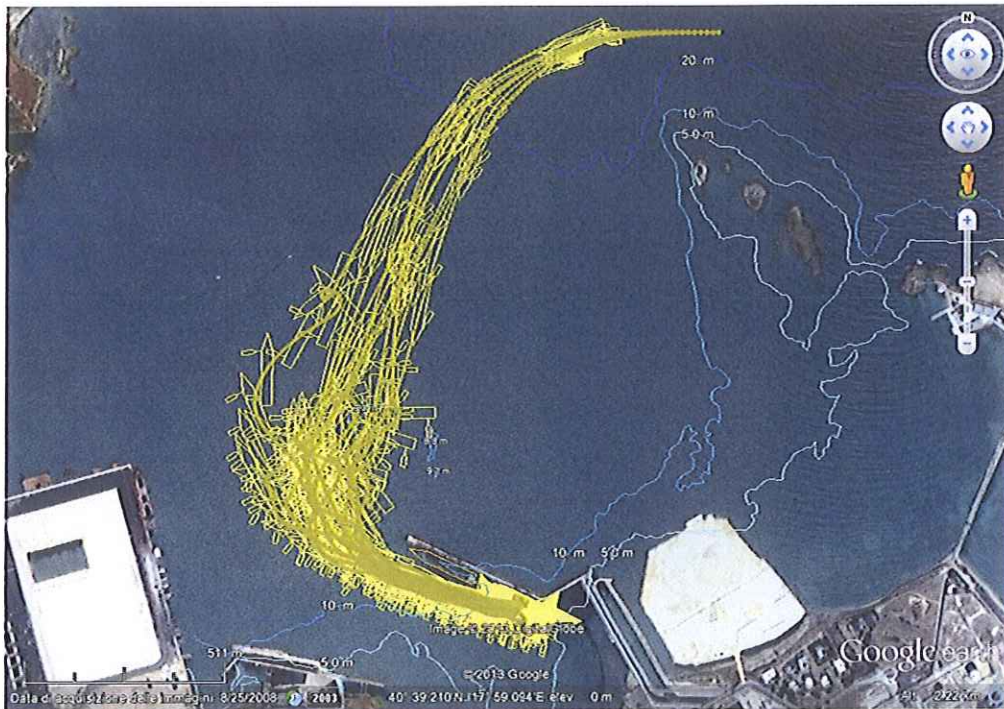
Per ognuna delle 23 manovre riportate nella Tabella 3 su supporto informatico viene fornito un file (tipo bri???.kmz) che può essere aperto con Google Earth ove i caratteri ?? indicano il numero della prova. In questa maniera è possibile vedere la traiettoria seguita dalla nave durante l'esecuzione della manovra con la silhouette della nave e quelle dei rimorchiatori impiegati rappresentate ad intervalli di 120 s (2 minuti). Inoltre utilizzando il programma Google Earth e cliccando sulla traiettoria della nave stessa è possibile avere informazioni circa le grandezze cinematiche e dinamiche della nave. Quest'ultimo tipo di informazione è disponibile ogni 5 secondi.

Inoltre per le 23 manovre su supporto informatico (file tipo p??figX.jpg) vengono anche fornite le tre storie temporali delle grandezze più importanti dal punto di vista della conduzione della manovra. Il carattere ?? identifica il numero della prova, mentre il carattere X la tipologia della figura e più precisamente:

- fig 1: telegrafo di macchina (1.00=AVANTI TUTTA –1.00=INDIETRO TUTTA) e angolo di timone, adimensionalizzato sul valore massimo (pari a 35°) positivo a destra,
- fig 2: forza dei rimorchiatori,
- fig 3: direzione della forza dei rimorchiatori (angolo = 0° rivolta verso la prora della nave, angolo= 90° rivolta verso il lato destro della nave).

Utilizzando il programma Google Earth è possibile ottenere l'involuppo di tutte le manovre eseguite nel corso dello studio, che viene mostrato nella figura 8.

La figura 9 riporta uno zoom della figura precedente nella zona dell'accosto 7, mentre la successiva figura 10 riporta, per la stessa zona, l'involuppo delle sole silhouette nave, eliminando i rimorchiatori e i cavi di ormeggio, per una maggiore chiarezza e per evidenziare la zona interessata dal passaggio nave che dovrà limitare l'estensione della prevista colmata.



**Figura 9 – Involuppo di tutte le manovre eseguite**



**Figura 10 – Particolare dell'involuppo in prossimità dell'accosto 7**

## 6 RISULTATI

Durante l'esecuzione delle manovre è stata monitorata la posizione assunta dalla nave istante per istante, monitorando per ciascuna delle 23 prove eseguite il punto della nave che si è trovato più a Est-SudEst (115°) durante l'esecuzione della simulazione delle manovre, al fine di determinare gli spazi necessari alla sua corretta esecuzione (vedere Figura 1).

Considerando la posizione dei bracci di carico (40.3m dallo spigolo della radice dell'accosto 7) e la distanza poppa-manifold della nave considerata (82m), si evince che la minimo spazio necessario lungo il prolungamento della banchina debba essere pari a 41.7m.

Scenario	Prova	Distanza
N°	N°	[m]
1	1	53.3
	9	41.7
	17	66.9
	21	42.6
	23	42.0
2	2	42.7
	10	45.6
3	3	41.7
	11	41.7
	19	41.7
4	4	43.4
	12	43.8
5	5	43.2
	13	42.0
	22	52.7
6	6	48.5
	14	41.7
	18	41.7
7	7	41.7
	15	41.7
8	8	42.4
	16	43.1
	20	43.2

Tabella 5 – Risultati delle Simulazioni

Nella Tabella 5 si riportano i risultati dell'indagine per tutte le 23 prove riportando la distanza del punto della nave sopra menzionato lungo la direzione del molo dallo spigolo del molo.

Per ciascuno scenario si è evidenziata la minima distanza registrata, utilizzando il colore verde nel caso in cui essa sia pari a 41.7m (distanza di riferimento), mentre nei casi in cui tale distanza risulti maggiore si è utilizzato il colore giallo.



## 7 CONCLUSIONI

Dall'analisi dei risultati si evince che per ciascun scenario si è riusciti a rimanere all'intorno della distanza di riferimento, assunta pari a 41.7m in accordo alle informazioni relative alla posizione dei bracci di carico e alla geometria della nave considerati.

Nella seguente tabella si riportano i valori minimi delle massime distanze registrate per ciascun scenario simulato. Lo scenario in cui il valore minimo maggiormente si discosta risulta essere lo scenario 4 (nave in partenza a pieno carico con vento da 30°N) in cui si registra una distanza necessaria pari a 43.4m.

Scenario	Prova	Distanza
N°	N°	[m]
1	1	41.7
2	2	42.7
3	3	41.7
4	4	43.4
5	13	42.0
6	14	41.7
7	7	41.7
8	8	42.4

Tabella 6 – Tabella riassuntiva dei risultati ottenuti

Si può concludere quindi che uno spazio sufficiente alla manovra della nave può essere assunto pari a circa 45 m, a cui occorre aggiungere lo spazio necessario alle manovre del rimorchiatore di poppa. Assumendo quest'ultima pari a 15 m, si evince che il riempimento previsto dovrebbe essere arretrato di circa 60 m dalla radice dell'attuale punto di accosto 7.

Tale distanza dovrebbe essere in grado di consentire uno spazio di manovra sufficiente a garantire la piena operatività del terminale polimeri, permettendo l'accesso in futuro a navi di dimensioni anche maggiori rispetto a quelle attualmente utilizzate.

Con riferimento a quest'ultimo aspetto, resta da approfondire l'ipotesi di dragare l'area in prossimità del punto di scarica 7 in modo tale da consentire a tali unità l'accesso presso l'accosto.



## APPENDICI

### A 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<sub>zz</sub> = 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:

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

ove:

Q<sub>D</sub> = coppia fornita dall'apparato motore

Q<sub>P</sub> = coppia assorbita dall'elica

Q<sub>R</sub> = coppia assorbita dagli attriti del motore e della linea d'assi

I<sub>p</sub> = 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. Nel caso in esame, trattandosi di nave monelica, si avrà una sola equazione differenziale del tipo sopra illustrato per descrivere la dinamica dell'asse di propulsione.

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), ai rimorchiatori (T) e ai cavi di ormeggio (L). Nel seguito verrà data una breve descrizione degli approcci seguiti per la trattazione dei singoli moduli rappresentanti le varie componenti delle forze.

## A.1 Forze di carena

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.

## A.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:

$\rho_a$  = densità dell'aria

$V_a$  = velocità del vento relativo

$A_x, A_y$  = proiezioni dell'area trasversale e longitudinale

LOA = 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 effettuate in questo studio si sono scelti nell'ambito dei coefficienti riportati quelli che meglio caratterizzano la nave schematizzata.

### A.3 Forze dovute alla corrente e al moto ondoso

Sebbene le simulazioni condotte nel corso del presente studio non abbiano considerato gli effetti dovuti a questi agenti meteo marini per ragioni di completezza in questa sede si vuole riportare una breve descrizione di come il modello matematico schematizza questo tipo di forze.

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 ipotizza 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 ( $\omega_1$ ) 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 ( $\omega_1$ ) 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 ( $\omega_i$ ) 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  $\omega_i$

A = ampiezza d'onda

$\beta$  = direzione di provenienza del moto ondoso

$\varphi_i$  = fase casuale alla frequenza  $\omega_i$

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  $\varphi$  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.

## A.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 ( $\beta$ ) che può assumere valori compresi fra 0 e  $2\pi$ :

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

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

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

In questa maniera 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.

## A.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].

## A.6 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 di figura 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.

Una particolare attenzione è stata rivolta nel considerare la diminuzione delle prestazioni dei rimorchiatori quando essi operano in moto ondoso. A questo proposito è stata condotta una ampia indagine su un rimorchiatore tipo considerando che esso fosse investito da un moto ondoso mentre operava con un cavo di rimorchio a punto fisso. I parametri significativi del moto ondoso (altezza, periodo, angolo di provenienza) sono stati fatti variare con sistematicità al fine di creare un insieme di dati (forze di deriva ed ampiezza delle oscillazioni della forza agente sul cavo) che fosse funzione di questi parametri. Analizzando i risultati ottenuti con l'ausilio di tecniche regressive è stato possibile risalire a formule analitiche per la determinazione della riduzione del tiro del rimorchiatore, la cui potenza viene in parte impiegata per vincere le forze di deriva del secondo ordine, e della sua oscillazione intorno ad un valore medio.

## **A.7 Forze dei cavi di ormeggio e dei 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 del punto di bloccaggio posto a bordo della 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; a bordo anche in questo caso il calcolo delle forze agenti sulla nave tiene conto della sua posizione relativa alla banchina.



**RINA**

**Studio di verifica del progetto dell'Autorità Portuale  
di Brindisi per l'intervento di banchinamento e  
ampliamento del molo Versalis**

**STUDIO LOGISTICO**



## Document information

<b>Cliente</b>	VERSALIS S.p.A.
<b>Riferimento Cliente</b>	Ing. Vania Lombardi <a href="mailto:Vania.Lombardi@versalis.eni.com">Vania.Lombardi@versalis.eni.com</a> 0831 57 08 38
<b>Fornitore</b>	RINA Services S.p.A. Via Corsica 12 16128 Genova
<b>Riferimento Fornitore</b>	Ing. Paolo Pinna <a href="mailto:paolo.pinna@rina.org">paolo.pinna@rina.org</a> 010 53 85 806
<b>No. Protocollo</b>	RSSE/OIL/PPN/41708
<b>Revisione</b>	00
<b>Data</b>	29/04/2014
<b>Preparato</b>	A. Testa
<b>Verificato</b>	R. Longo
<b>Approvato</b>	P. Pinna

## REVISION SUMMARY

Date	Revision	Description	Prepared	Checked	Approved
29/04/2014	00	Prima Emissione	A. Testa	R. Longo	P. Pinna

# INDICE

1	INTRODUZIONE.....	5
2	BIBLIOGRAFIA .....	6
3	SCOPO DEL LAVORO .....	7
4	METODOLOGIA .....	8
5	ANALISI DEI DATI FORNITI .....	10
5.1	Analisi Informazioni Molo Polomeri (VERSALIS) .....	10
5.1.1	Distribuzione dei prodotti gestiti .....	10
5.1.2	Ratei di carico/scarico.....	11
5.1.3	Tempi operativi .....	11
5.2	Analisi Informazioni Molo COPEROil.....	14
5.3	Servizio Piloti.....	16
6	VALIDAZIONE DEL MODELLO .....	17
6.1	Analisi del Mean Square Pure Error .....	17
6.2	Test “Chi Quadro” .....	19
7	SIMULAZIONI LOGISTICHE .....	21
7.1	Introduzione .....	21
7.2	Risultati Scenario 1 .....	22
7.3	Risultati Scenario 2.....	23
8	CONCLUSIONI .....	25

## 1 INTRODUZIONE

L'Autorità Portuale di Brindisi ha trasmesso in data 29/09/2011 gli elaborati progettuali relativi a "Intervento di completamento dell'infrastrutturazione portuale mediante banchinamento e Costa Morena est - Ampliamento molo Polimeri".

Tale progetto prevede le seguenti opere:

- il banchinamento nella calata a ovest del pontile Versalis, previsto dal Piano Regolatore Portuale (PRP) vigente;
- il trasferimento del terminal gasiero (COPEROIL), attualmente ubicato presso Costa Morena ovest, dove insiste l'area destinata al traffico passeggeri, in attuazione di quanto previsto dal D.P.R. 23/04/1998 "Approvazione del piano di disinquinamento per il risanamento del territorio della provincia di Brindisi";
- la ricollocazione del molo gasiero COPEROIL nel porto esterno, confinante con il molo Versalis, con allargamento del molo petrolchimico.

Alla luce di quanto sopra, la società Versalis ha ritenuto opportuno incaricare RINA Services S.p.A. per procedere a uno studio di verifica della soluzione progettuale proposta dalla Autorità Portuale, con l'obiettivo di verificare l'eventuale impatto che tali modifiche potranno avere sulle attività svolte presso il molo dalla società Versalis, evidenziando eventuali limitazioni operative alle attività di logistica e problematiche di sicurezza ed indicando, laddove opportuno, possibili variazioni che possano comportare vantaggi allo svolgimento delle attività Versalis presso il molo.

Lo studio è stato quindi suddiviso nelle seguenti attività:

- Analisi dello studio di sicurezza effettuato dall'Autorità Portuale;
- Studio di manovrabilità per la verifica degli spazi di manovra;
- Studio logistico per valutare gli impatti delle modifiche sull'operatività del terminale.

Nel presente documento si riportano i risultati relativi allo studio logistico.



## 2 BIBLIOGRAFIA

- [1] Excel File "*Navi arrivate e partite 2008.xls*", Versalis, 29/08/2012
- [2] Excel File "*Navi arrivate e partite 2011.xls*", Versalis, 29/08/2012
- [3] Excel File "*PORTATE MAX LINEE MOLO.xls*", Versalis, 29/08/2012

### 3 SCOPO DEL LAVORO

Il presente studio ha come obiettivo quello di valutare l'eventuale impatto che le modifiche previste dal PRP di Brindisi potrebbero avere sull'operatività del terminale Versalis.

In particolare si è andati a valutare l'impatto che la ricollocazione del molo gasiero COPEROIL nel porto esterno, confinante con il molo Versalis, potrebbe avere sulla disponibilità di accesso al molo polimeri per le navi Versalis.

L'analisi è stata condotta mediante simulazioni di possibili scenari futuri, utilizzando un modello di simulazione che consente di riprodurre le logiche di arrivo e partenza nave al terminale.

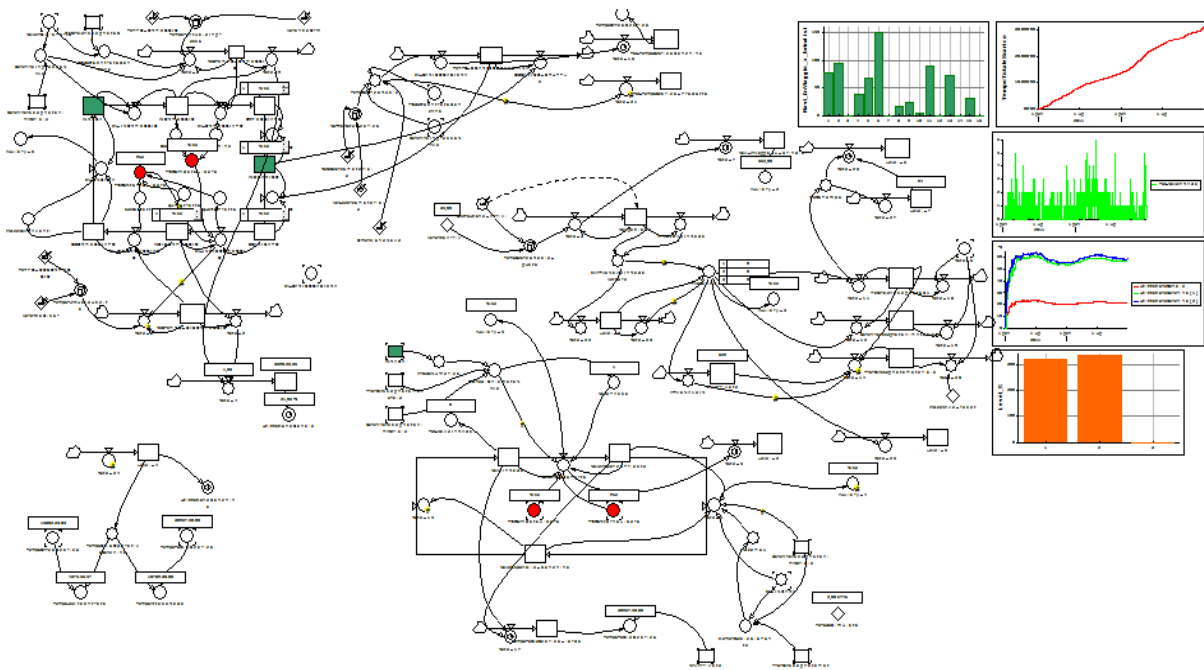
L'attività condotta include:

- Analisi delle informazioni fornite da Versalis sugli arrivi nave;
- Implementazione del modello logistico;
- Validazione del modello logistico;
- Simulazione di potenziali scenari futuri;
- Analisi dei risultati e conclusioni.

## 4 METODOLOGIA

Il presente studio è stato condotto utilizzando un modello di simulazione capace di replicare le logiche che governano la logistica delle navi in arrivo e partenza presso il terminale Versalis, tenendo conto delle principali variabili in gioco, come ad esempio il tempo necessario per condurre le operazioni di scarico/carico della merce in funzione della tipologia di prodotto.

Il modello è stato sviluppato utilizzando il software commerciale Power Sim Studio 8, di cui in si riporta uno screenshot nella figura seguente.



**Figura 4-1 – Modello sviluppato in Powersim**

La logica che è stata implementata può essere schematizzata come segue:

- La nave i-esima all'arrivo presso il porto di Brindisi verifica la possibilità di prendere l'accosto. In caso affermativo eseguirà l'ingresso, al contrario (accosto occupato, indisponibilità dell'ingresso per condizioni meteo avverse, ecc...) aspetterà in rada il via libera;
- Una volta preso l'ormeggio, la nave procede con le operazioni di trasferimento del prodotto;
- Concluse le operazioni di trasferimento, la nave verifica la possibilità di lasciare l'ormeggio e, in caso affermativo, libera l'accosto ed esce dal porto.

Si noti che in caso di coda all'ingresso le navi vengono servite con logica First In – First Out (FiFo).

Oggetto di variabilità statistica risultano i seguenti parametri:

1. Cadenza arrivi nave in Rada per tipologia di prodotto e per banchina di destinazione;
2. Tempo di scarico/carico materiale (in funzione del tipo prodotto e dell'accosto);
3. Tempo di Disormeggio ed uscita dal porto (in funzione dell'accosto).

Le proprietà statistiche delle variabili stocastiche sopra citate sono state ricavate analizzando i dati storici forniti da Versalis circa gli arrivi nave al molo polimeri [1] e [2].

Si osservi che fra i parametri di input non si trova l'attesa in Rada delle navi. Questa attesa infatti non è desunta dai dati storici ma viene calcolato dal simulatore in funzione dell'effettiva occupazione di banchina, disponibilità del servizio di pilotaggio ecc.

## 5 ANALISI DEI DATI FORNITI

### 5.1 Analisi Informazioni Molo Polimeri (VERSALIS)

Sono stati analizzati i dati relativi agli arrivi nave al molo polimeri relativi agli anni 2008 [1] e 2011 [2]. Tali dati sono stati analizzati e rielaborati al fine di estrarre le informazioni necessarie al modello logistico per poter eseguire le simulazioni.

#### 5.1.1 Distribuzione dei prodotti gestiti

Come prima cosa si è andati ad analizzare percentualmente la distribuzione delle quantità di prodotti normalmente gestiti dal terminale e come questi siano a loro volta distribuiti sui due accosti (accosto 7 e accosto 12).

In Tabella 5-1 sono riassunti i risultati di tale analisi, evidenziando che:

- Più della metà del tonnellaggio gestito dal terminale è Virgin Nafta (61%), seguita da BK (16%);
- Alcuni prodotti possono essere maneggiati solo in uno specifico accosto (Virgin Nafta, BK ed Esene nell'accosto 12 mentre Etilene, Butene Soda nell'accosto 7), mentre altri possono essere maneggiati in entrambi (Propilene Dis, Butadiene, Butileni, Frazione C4 e Olio Fok);

PRODOTTO	DISTRIBUZIONE	ACCOSTO 12	ACCOSTO 7
VIRGIN NAFTA	61%	100%	-
BK	15%	100%	-
PROPILENE DIS	6%	18%	82%
BUTADIENE	5%	28%	72%
FRAZIONE C4	4%	33%	67%
BUTILENI	4%	34%	66%
ETILENE	2%	-	100%
OLIO FOK	2%	54%	46%
ESENE	1%	100%	-
BUTENE	1%	-	100%
SODA	0%	-	100%

**Tabella 5-1 – Distribuzione % dei prodotti sui due accosti**

### 5.1.2 Ratei di carico/scarico

Si sono andati ad analizzare i ratei di carico/scarico per tipologia di prodotto, andando a calcolare i parametri statistici necessari come dati di ingresso al simulatore, ovvero:

- MIN = Valore minimo registrato;
- MAX = Valore massimo registrato;
- MEDIO = Valore medio;
- STD = Deviazione standard (che esprime la dispersione dei dati intorno al valor medio).

PRODOTTO	RATEI [t/h]			
	MIN	MAX	MEDIO	DEVIAZIONE STD
<b>VIRGIN NAFTA</b>	342	620	542	51
<b>BK</b>	52	398	269	65
<b>PROPYLENE DIS</b>	18	142	98	24
<b>BUTADIENE</b>	17	473	156	44
<b>FRAZIONE C4</b>	53	217	145	39
<b>BUTILENI</b>	47	189	120	32
<b>ETILENE</b>	22	124	64	28
<b>OLIO FOK</b>	60	172	125	27
<b>ESENE</b>	82	219	170	32
<b>BUTENE</b>	77	293	181	54
<b>SODA</b>	169	290	238	51

**Tabella 5-2 – Ratei di carico/scarico per tipologia di prodotto**

### 5.1.3 Tempi operativi

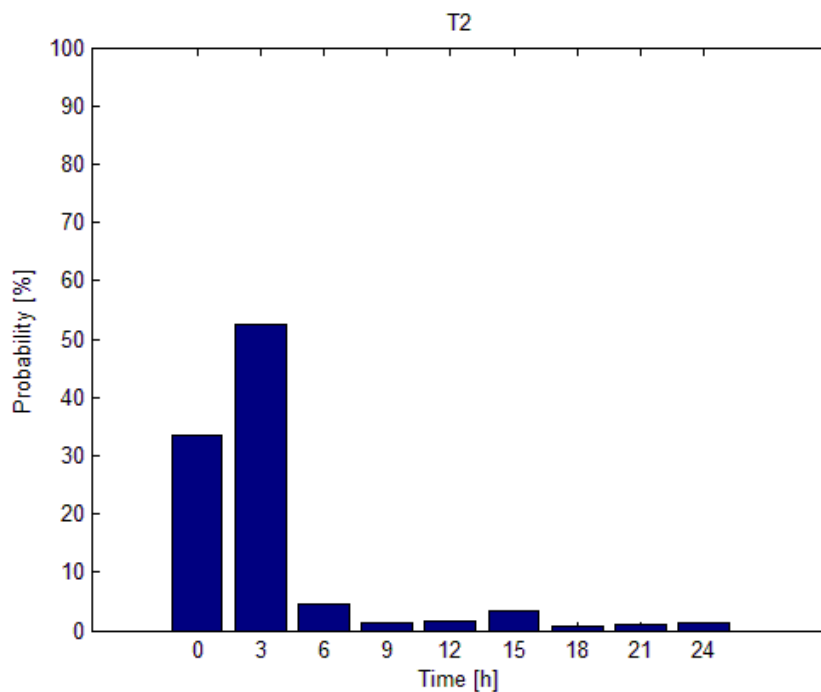
Allo scopo di razionalizzare le fasi di approccio e allontamento delle navi al terminale, sono stati definiti i seguenti intervalli operativi:

- **T1:** Tempo che intercorre tra NOR (Notice of Readiness) e l'inizio delle operazioni di ormeggio.
- **T2:** Tempo che intercorre tra l'inizio delle operazioni di ormeggio e l'inizio delle operazioni di carico/scarico;
- **T3:** tempo necessario alle operazioni di carico/scarico;
- **T4:** tempo necessario per le operazioni di disconnessione, disormeggio e allontanamento ("nave libera").

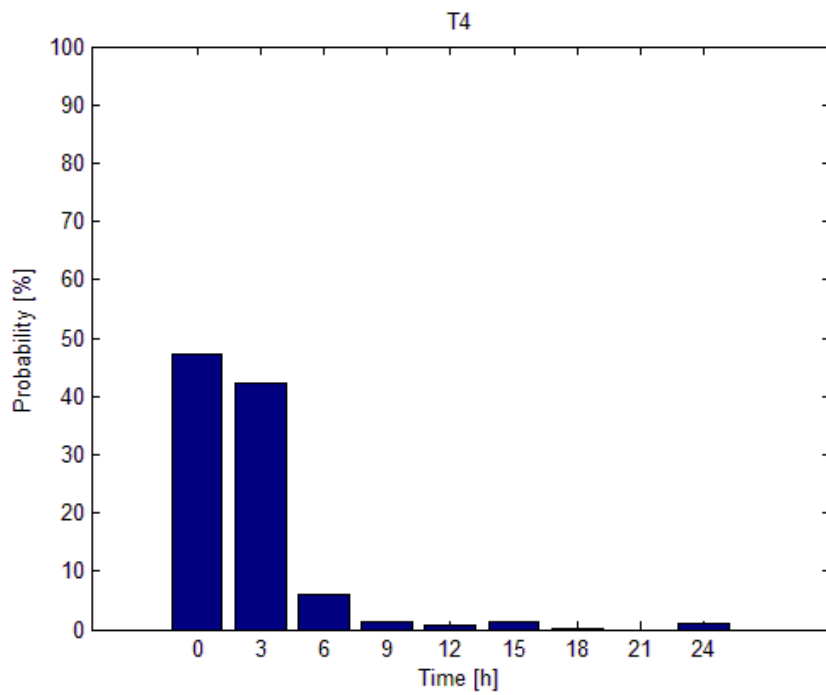
Analizzando i dati storici forniti, è emerso che l'unica tra le variabili sopra indicate che ha una correlazione con la tipologia di prodotto trasportata è, ovviamente, il tempo di carico/scarico T3, che è quindi calcolato dal simulatore di volta in volta utilizzando le informazioni riportate in Tabella 5-2.

Per quanto riguarda il tempo T1, come già specificato precedentemente, esso non è un dato di input dal simulatore ma viene calcolato di volta in volta in funzione della reale disponibilità della banchina, disponibilità del pilota, ecc.

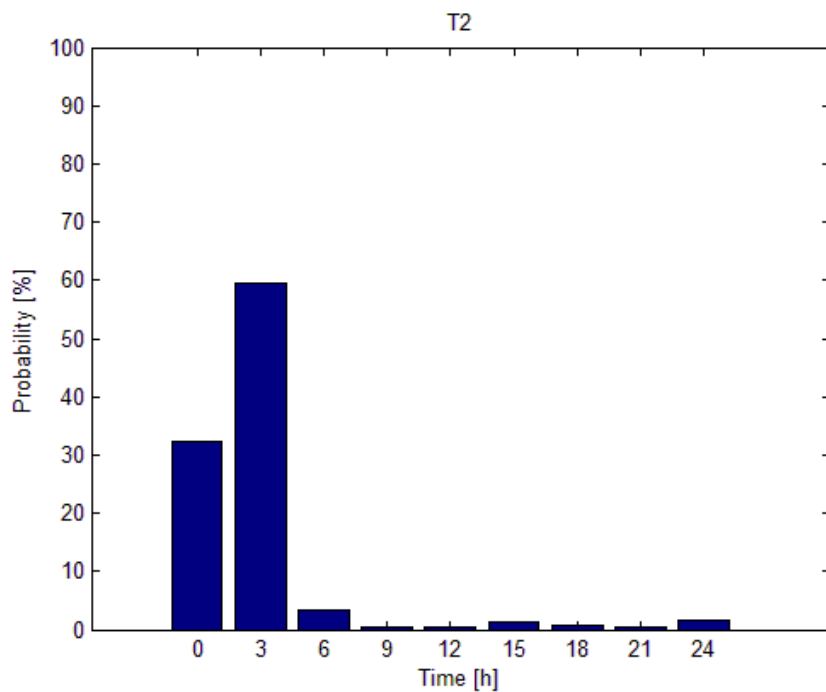
Gli altri tempi operativi (T2 e T4), sono invece stati espressi in funzione dell'accosto a cui la nave andrà ad ormeggiarsi. I dati storici forniti sono stati rielaborati per ottenere degli istogrammi normalizzati rappresentativi della distribuzione di probabilità di ciascuna variabile: applicando il Metodo Montecarlo, il simulatore andrà quindi ad estrarre un valore casuale per ciascuna delle due variabili coerentemente con la loro distribuzione di probabilità. I risultati ottenuti sono riportati nelle seguenti figure.



**Figura 5-1– Accosto 7 – Distribuzione probabilità T2**



**Figura 5-2 – Accosto 7 – Distribuzione probabilità T4**



**Figura 5-3 – Accosto 12 – Distribuzione probabilità T2**



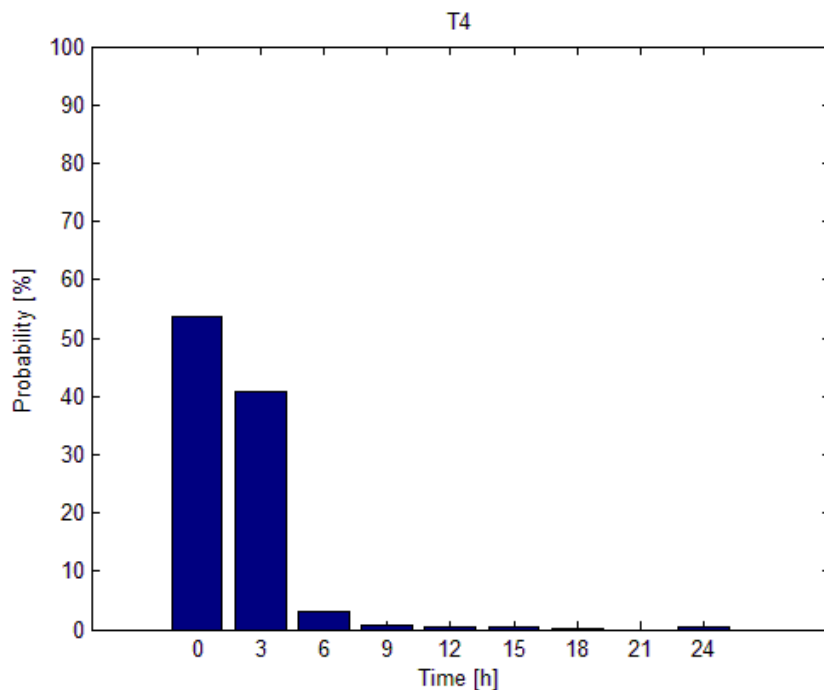


Figura 5-4 – Accosto 12 – Distribuzione probabilità T4

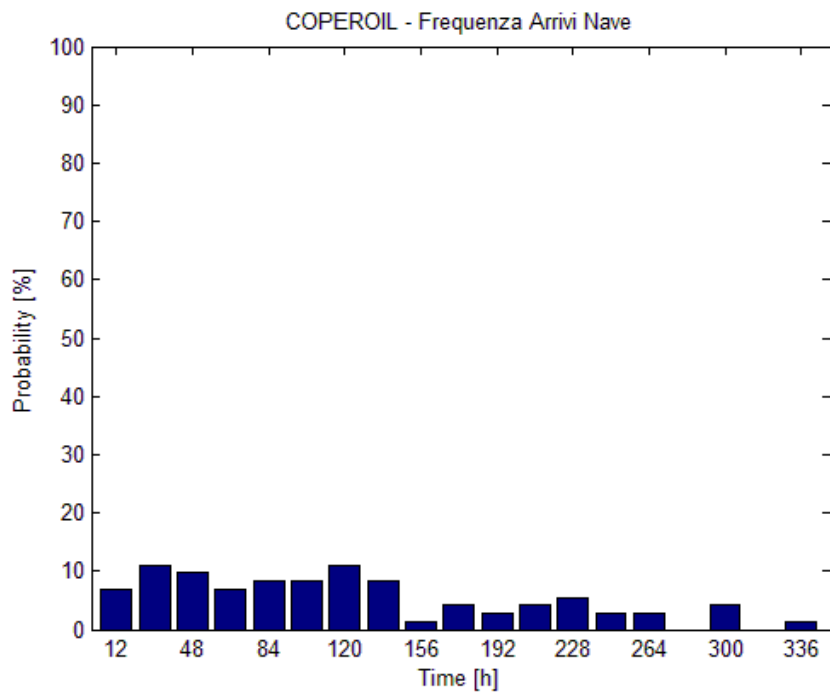
## 5.2 Analisi Informazioni Molo COPEROil

Analogamente a quanto fatto per il Molo Polimeri, sono state analizzate le informazioni fornite relativamente agli arrivi nave al molo Coperoil [3].

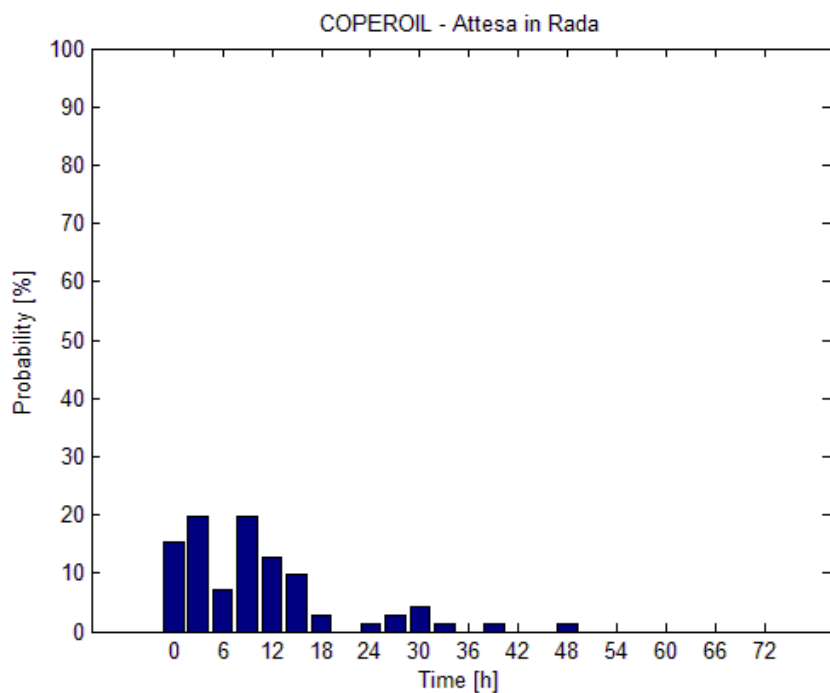
In particolare, si è concentrata l'analisi sui seguenti parametri:

- **Frequenza Arrivi Nave:** rappresenta il tempo che intercorre tra un arrivo nave e il successivo;
- **Attesa in Rada:** rappresenta il tempo che intercorre tra l'arrivo della nave e l'inizio delle operazioni di ormeggio;
- **Tempi di Manovra:** tempo necessario per le operazioni di ormeggio e connessione.

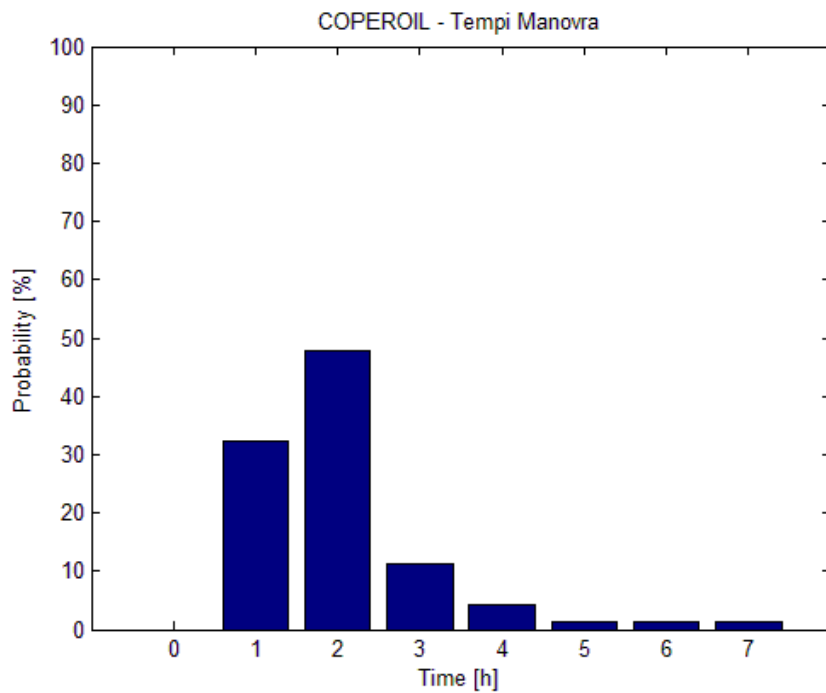
Analogamente a quanto fatto in precedenza, i dati forniti sono stati rielaborati in istogrammi rappresentativi della distribuzione di probabilità di ciascuna variabile. Le seguenti figure sintetizzano i risultati ottenuti.



**Figura 5-5 – Molo Coperoil – Distribuzione probabilità frequenza arrivi nave**



**Figura 5-6 – Molo Coperoil – Distribuzione probabilità attesa in rada**



**Figura 5-7 – Molo Coperoil – Tempi di Manovra**

### 5.3 Servizio Piloti

Conformemente alle informazioni fornite, si è considerato un servizio piloti operativo 24/7 con le seguenti disponibilità:

- h 06:00 – 22:00: 3 piloti
- h 22:00 – 23:00: 2 piloti;
- h 23:00 – 06:00: 1 pilota.

## 6 VALIDAZIONE DEL MODELLO

L'affidabilità e la corrispondenza del modello di simulazione con il sistema reale è stata stimata mediante l'utilizzo di opportuni Test statistici.

In generale, per poter validare un modello di simulazione come quello in oggetto (in cui il valore delle variabili stocastiche in gioco vengono estratti mediante il metodo Montecarlo) è necessario seguire i seguenti passi:

1. Determinazione della lunghezza minima di simulazione mediante il metodo del minimo errore quadratico medio (Mean Square Pure Error o curva MSPE): occorre definire dopo quanto tempo il sistema va a regime e, pertanto, da quale momento in poi i risultati forniti possono essere ritenuti attendibili. Nel caso in esame il test è stato applicato al il tempo totale di scarico/scarico. Tale parametro rappresenta il tempo che intercorre tra quando la nave arriva in rada e risulta pronta allo scarico a quando vi fa ritorno una volta scaricato in banchina.
2. Confronto statistico, mediante test del chi quadro (o similari), tra uno o più output del sistema reale (dato storico) ed il medesimo output ottenuto dal modello di simulazione. Nel caso in esame il confronto è stato fatto concentrandosi sugli arrivi nave.

### 6.1 Analisi del Mean Square Pure Error

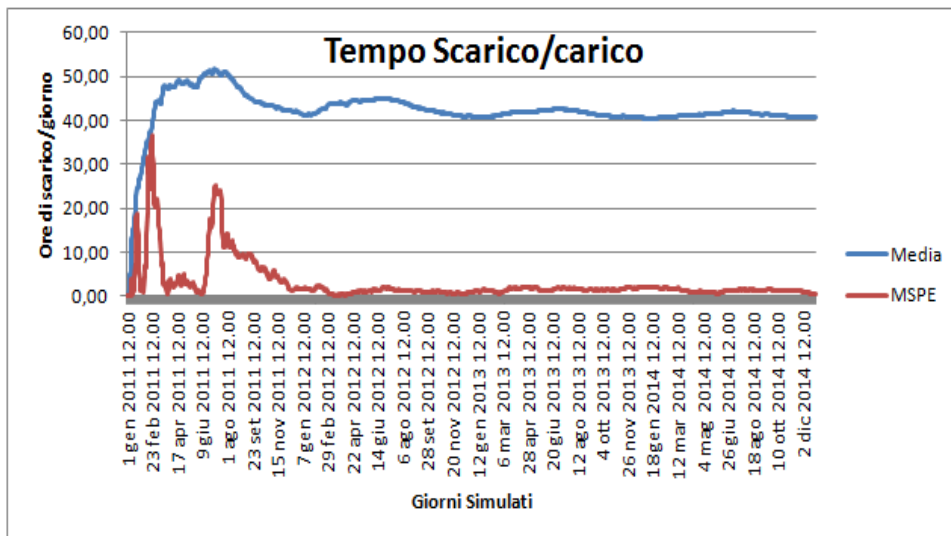
Al fine di definire la durata ottimale del periodo di simulazione e identificare i parametri statistici significativi del modello, è stato studiato l'andamento della MSPE dei seguenti output:

- Tempo di scarico/carico totali;
- Utilizzazione dei due accosti (accosto 7 e accosto 12);

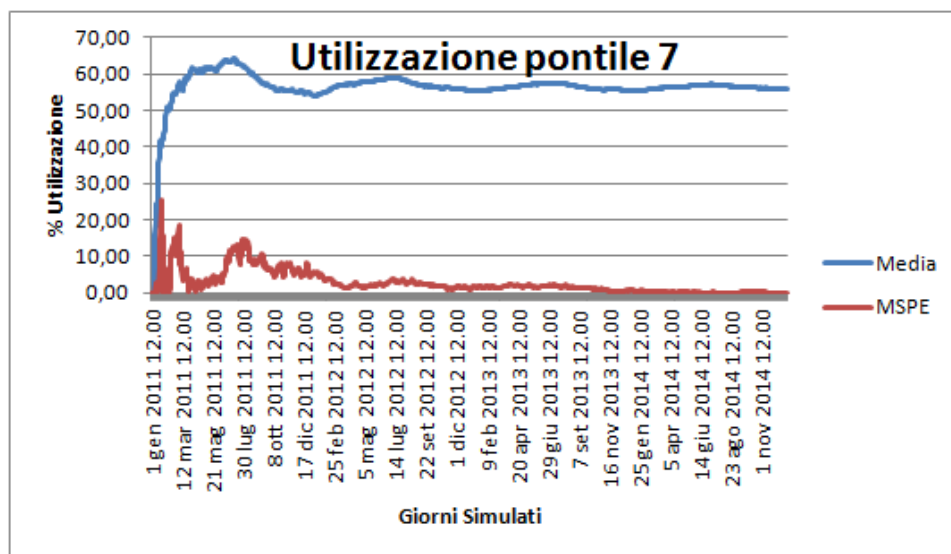
Per la teoria del limite centrale, la somma (normalizzata) di un grande numero di variabili casuali (output) può essere approssimativamente considerata distribuita come una variabile casuale normale standard avente media pari alla media delle osservazioni e scarto quadratico medio pari alla radice quadrata della MSPE. Tale importante proprietà permette di determinare la varianza massima dell'output analizzato (99,7% dei casi) come:

$$-3\sigma \leq \text{Mean}(\text{output}) \leq 3\sigma$$

Nei grafici seguenti si riporta l'andamento della media e della MPSE per le variabili di output sopra citate. Come si può osservare, le curve tendono a stabilizzarsi dopo un tempo di simulazione pari a circa un paio di anni. Al fine di arrivare ad un errore accettabile (variazione campionaria circa il 2% del valore medio) il run di simulazione è stato fissato a 4 anni.



**Figura 6-1 – MSPE tempo di scarico**



**Figura 6-2 – MSPE utilizzazione accosto 7**

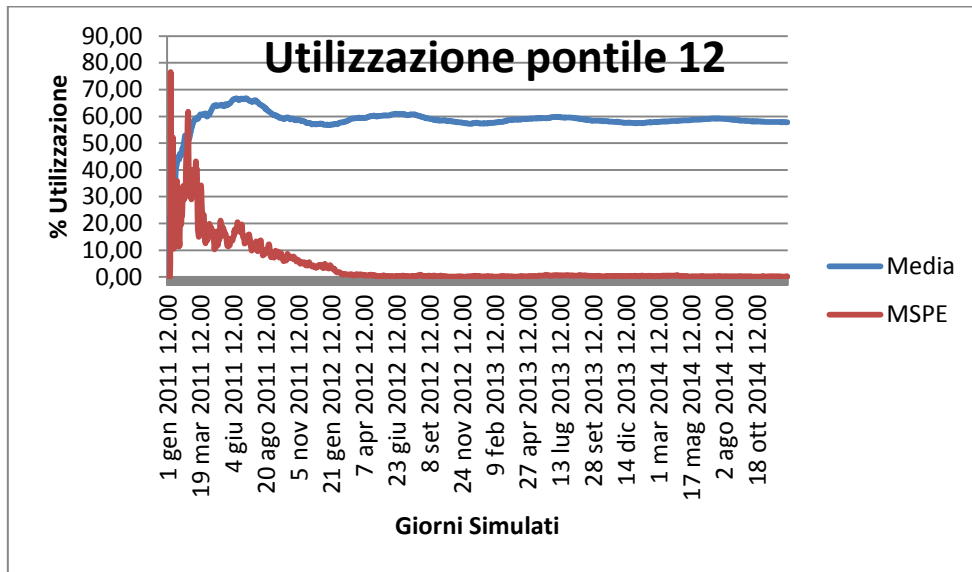


Figura 6-3 – MSPE utilizzazione accosto 12

## 6.2 Test “Chi Quadro”

Al fine di verificare la congruenza del modello con il sistema reale è stata fatta una campagna di validazione utilizzando il test del chi quadro ( $\chi^2$ ). Gli output che sono stati monitorati durante il test sono gli arrivi navi (parametro significativo in pianificazione) ed il tempo totale impiegato per lo svolgimento delle operazioni di carico/scarico.

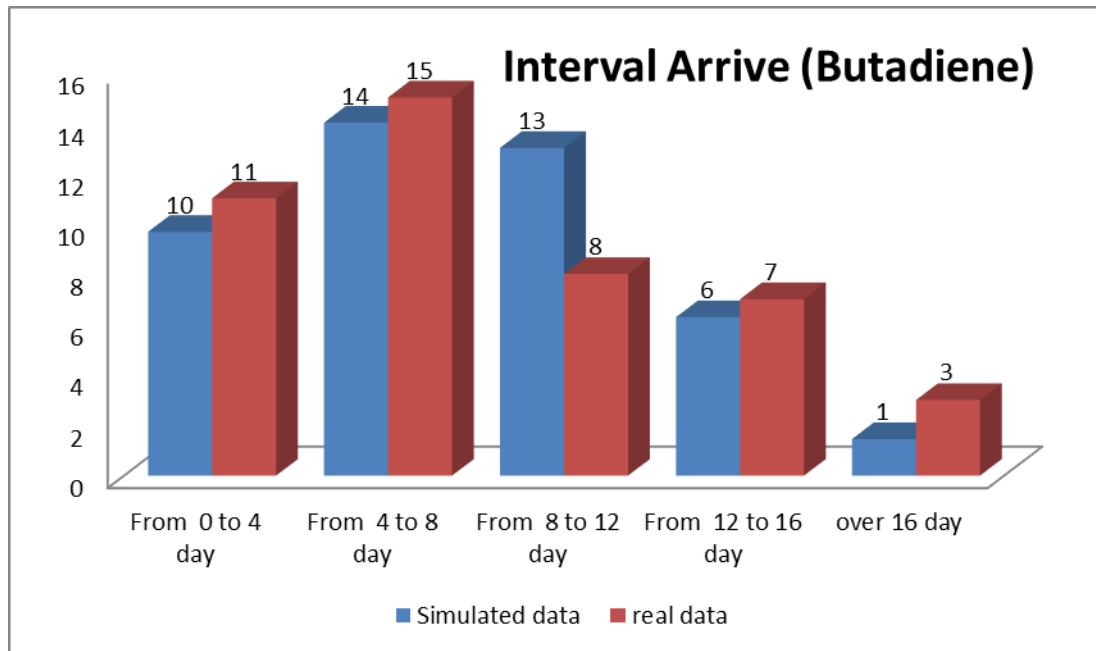
Lo scopo del test  $\chi^2$  è quello di conoscere se le frequenze osservate differiscono significativamente dalle frequenze teoriche: se  $\chi^2 = 0$ , le frequenze osservate coincidono esattamente con quelle teoriche; se invece  $\chi^2 > 0$ , esse differiscono. Più grande è il valore di  $\chi^2$ , più grande è la discrepanza tra le frequenze osservate e quelle teoriche.

Nella pratica le frequenze teoriche vengono calcolate sulla base di un'ipotesi  $H_0$ . Se sulla base di questa ipotesi il valore calcolato di  $\chi^2$  è più grande di un certo valore critico, dovremmo concludere che le frequenze osservate differiscono significativamente dalle frequenze attese e dovremmo rifiutare  $H_0$  al corrispondente livello di significatività. Altrimenti dovremmo accettarla, o almeno non rifiutarla. Tale procedimento è chiamato test chi-quadrato dell'ipotesi.

In termini pratici si verifica che la sommatoria delle differenze dei quadrati tra le frequenze attese e quelle osservate siano comprese tra due valori limite, ovvero:

$$N_{0,01}^2 < \sum_{j=1}^k \frac{(O_i - e_i)^2}{e_i} < N_{0,99}^2$$

Nel caso in esame si è deciso di effettuare il test sulla variabile “arrivi nave” sia al pontile 7 che 12 e come riferimento si è preso l'anno 2011 [2]. In particolare ci si è concentrati sugli arrivi nave del Butadiene, materiale gestito da entrambi gli accosti e, pertanto, rappresentativo di una situazione maggiormente critica in quanto combina due probabilità campionarie.



**Figura 6-4 – Intervallo tra gli arrivi del Butadiene 2011**

Il grafico di Figura 6-4 evidenzia un buon adattamento qualitativo. La tabella riporta il valore del  $\chi^2$ . I valori limite entro il quale il test è superato sono ottenuti dalla tavola di distribuzione del  $\chi^2$  (gradi di libertà: 4; livello di significatività 0.05). Essendo il valore calcolato compreso tra i valori limite tabellati (0,71; 9,49) il test risulta superato e quindi non ci sono differenze significative tra i risultati della simulazione e quelli reali.

Interval Arrive	Simulated data	real data	$\chi^2$
From 0 to 4 day	10	11	0.16
From 4 to 8 day	14	15	0.07
From 8 to 12 day	13	8	3.13
From 12 to 16 day	6	7	0.07
over 16 day	1	3	0.80

Valore del $\chi^2$	4,76
---------------------	------

**Tabella 6-1 – Ratei di carico/scarico per tipologia di prodotto**

## 7 SIMULAZIONI LOGISTICHE

### 7.1 Introduzione

Come anticipato nel par. 3, lo scopo del presente studio è quello di valutare l'impatto che la ricollocazione del molo gasiero COPEROIL nel porto esterno, confinante con il molo Versalis, potrebbe avere sulla disponibilità di accesso al molo polimeri per le navi Versalis.

Attualmente le navi dirette al molo Polimeri manovrano nell'area antistante gli accosti 7 e 12. Andando ad analizzare l'area antistante al futuro molo Coperoil, gli spazi disponibili sembrano essere adeguati alla manovra delle navi dirette al terminale (vedi Figura 7-1). Per questo motivo, nel caso fosse confermata tale configurazione (Scenario 0), non ci dovrebbero essere interferenze tra i due operatori. In questo caso, da un punto di vista logistico, tale scenario è equivalente a quello attuale (Scenario AS IS).



Figura 7-1 – Aree di Manovra

Tuttavia, allo scopo di investigare potenziali situazioni di interferenza, si sono ipotizzati i seguenti potenziali scenari addizionali:



- **Scenario 1:** nonostante non ci sia interferenza tra le aree di manovra, è consentita la manovra di una sola nave alla volta e, pertanto, durante le operazioni di approccio/allontanamento di una nave di uno dei due operatori, l'eventuale nave in rada/ormeggiata dell'altro non può entrare/uscire dal porto;
- **Scenario 2:** Una sola nave alla volta può procedere alle operazioni di carico/scarico, ovvero non è possibile che possano contemporaneamente procedere alle operazioni di trasferimento prodotto navi Versalis e navi Coperoil.

Si è quindi proceduto alla simulazione degli scenari sopra citati e i risultati ottenuti sono stati confrontati con quelli relativi allo Scenario 0. L'analisi dei risultati è stata svolta concentrandosi sulle attese nave, essendo questa variabile quella che maggiormente è influenzata dalle ipotesi sopra riportate.

Dato che il modello di simulazione è stocastico, nel confrontare i risultati occorre distinguere se le differenze tra i diversi scenari siano dovute a tali aleatorietà o se gli scenari siano effettivamente statisticamente differenti. Per questo motivo i risultati ottenuti sono stati comparati mediante il test di t-Student, il quale permette di discriminare se le differenze in termini di media e varianza di due campionamenti differenti siano il frutto di una semplice fluttuazione campionaria o se effettivamente i due campioni sono rappresentativi di due popolazioni statisticamente differenti e quindi con proprietà differenti. A tal scopo sono state eseguite diverse replicazioni (10) di ciascuno scenario (Scenario 0, Scenario 1, Scenario 2) e per ciascuna è stato calcolato il tempo che mediamente restano in rada le navi dirette al porto polimeri. Sono quindi state calcolate media e varianza dei risultati così ottenuti e applicando la formulazione di t-student si è valutata l'effettiva differenza statistica dei due potenziali scenari futuri con lo scenario attuale.

## 7.2 Risultati Scenario 1

Con riferimento allo Scenario 1, nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti nelle 10 replicazioni eseguite, e le rispettive medie e varianze.

Replicazione	Tempo medio di attesa in rada [h]	
	Scenario 0	Scenario 1
1	13.38	16.07
2	14.59	13.45
3	14.55	15.06
4	14.26	14.58
5	15.19	15.10
6	15.49	16.19
7	16.20	14.56
8	14.44	15.48
9	15.34	15.53
10	13.38	15.06
<b>Media</b>	<b>14.68</b>	<b>15.11</b>
<b>Varianza Campionaria</b>	<b>0.811</b>	<b>0.638</b>

**Tabella 7-1 – Ratei di carico/scarico per tipologia di prodotto**

Al fine di determinare se lo Scenario 1 si scosta significativamente dallo scenario attuale (scenario As Is) applichiamo il test del t di student ai due campioni. Operativamente si confrontano le due medie campionarie secondo la formula riportata

$$T_0 = \frac{Y_1 - Y_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Dove  $Y_1$  ed  $Y_2$  sono le due medie campionarie,  $n_1$  ed  $n_2$  sono le dimensioni campionarie e  $S_p^2$  è una stima della varianza comune calcolata nel seguente modo:

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Ed  $S_1^2$  e  $S_2^2$  sono le due singole varianze campionarie. Per decidere se i due campioni sono estratti dalla stessa popolazione deve essere  $|T_0| < t_{0,025,18}$

Il risultato del t di student non ha evidenziato differenze significative e quindi possiamo concludere che lo spostamento della banchina IPEM non ha impatti significativi sulle performance di scarico della banchina di Versalis

Test del t di student	Valori
$t_{0,025,18}$	2.101
$t_0$	1.119

**Tabella 7-2 – Risultati del test t-Student**

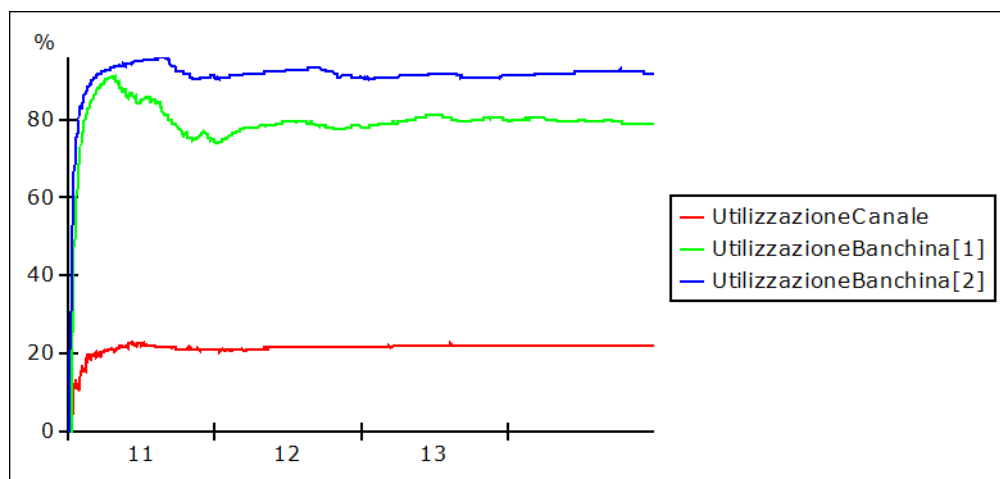
### 7.3 Risultati Scenario 2

Questo scenario, che ricordiamo presuppone non solo che le navi non possano entrare insieme in porto ma anche che non si possa scaricare contemporaneamente una nave sul pontile Versalis ed una sul pontile Coperoil, porta a tempi di attesa in rada medi di circa 150 ore, tempi fortemente maggiori della situazione attuale.

Replicazione	Tempo medio di attesa in rada [h]	
	Scenario 0	Scenario 2
1	13.38	151.20
2	14.59	155.10
3	14.55	148.20
4	14.26	157.34
5	15.19	140.46
6	15.49	147.87
7	16.20	149.12
8	14.44	154.23
9	15.34	152.56
10	13.38	149.43
<b>Media</b>	<b>14.68</b>	<b>150.55</b>
<b>Varianza Campionaria</b>	<b>0.811</b>	<b>22.514</b>

**Tabella 7-3 – Ratei di carico/scarico per tipologia di prodotto**

Lo Scenario 2 è quindi rappresentativo di un peggioramento significativo dell'operatività del terminale Versalis in quanto si ha una saturazione della banchina, mettendo in estrema difficoltà tutta la logistica di approvvigionamento di Versalis (attracco, scarico, uscita dalla banchina). In pratica le banchine risultano sostanzialmente sempre occupate da navi in attesa di procedere alle operazioni di trasferimento prodotto.



**Figura 7-2 – Utilizzazione di Banchina Vs. Utilizzazione Canale**

## 8 CONCLUSIONI

È stato condotto uno studio logistico allo scopo di valutare quali impatti le modifiche previste dal PRP di Brindisi potrebbero avere un impatto sull'operatività del terminale Versalis.

In particolare si è andati a inventigare il potenziale impatto che la ricollocazione del molo gasiero COPEROIL nel porto esterno, confinante con il molo Versalis potrebbe avere sulla disponibilità di accesso al molo polimeri per le navi Versalis.

L'analisi è stata condotta utilizzando un modello di simulazione che consente di riprodurre le logiche di arrivo e partenza nave al terminale.

Sono stati considerati 3 potenziali scenari futuri:

- Scenario 0: le due compagnie utilizzano spazi di manovra distinti e non sono considerate restrizioni alla manovra contemporanea delle navi Versalis e Coperoil;
- Scenario 1: solo una nave alla volta può essere manovrata;
- Scenario 2: solo una nave alla volta può procedere alle operazioni di carico/scarico.

Lo scenario 0 è da un punto di vista logistico equivalente alla situazione attuale e, pertanto, non comporterebbe alcun impatto alla logistica di Versalis,

Lo scenario 1 ha un impatto trascurabile e questo è giustificabile considerando che il traffico che insiste sui due terminali non è tale da portare un'effettiva interferenza tra i due operatori.

Lo scenario 2, a differenza dei precedenti, ha un notevole impatto sull'operatività del molo Versalis in quanto pregiudica fortemente la disponibilità di banchina. Tuttavia tale scenario è poco probabile in quanto non si evidenziano motivazioni che possano portare ad applicare una tale ordinanza restrittiva da parte della capitaneria di porto.

Sulla base di quanto sopra si può concludere che le modifiche previste non dovrebbero avere alcun impatto sulla vita operativa del terminale di Versalis.



**RINA**  
GROUP

*making the best together*

**Studio di verifica del progetto dell'Autorità Portuale  
di Brindisi per l'intervento di banchinamento e  
ampliamento del molo Versalis**

**ANALISI DELLO STUDIO DI SICUREZZA DEL PONTILE  
COSTA MORENA EST: POLIMERI E COPEROIL**

## Document information

<b>Cliente</b>	VERSALIS S.p.A.
<b>Riferimento Cliente</b>	Ing. Vania Lombardi <a href="mailto:Vania.Lombardi@versalis.eni.com">Vania.Lombardi@versalis.eni.com</a> 0831 57 08 38
<b>Fornitore</b>	RINA Services S.p.A. Via Corsica 12 16128 Genova
<b>Riferimento Fornitore</b>	Ing. Roberto Longo <a href="mailto:roberto.longo@rina.org">roberto.longo@rina.org</a> 010.5385.868
<b>No. Protocollo</b>	RSSE/ADVS/ROBLO/46961
<b>Revisione</b>	01b
<b>Data</b>	06/11/2013
<b>Preparato</b>	M. Gattuso
<b>Verificato</b>	D. Vannucci
<b>Approvato</b>	A. Lo Nigro



Date	Revision	Description	Prepared	Checked	Approved
21/01/2013	Bozza	Bozza per discussione	D. Vannucci	D. Vannucci	A. Lo Nigro
15/04/2013	01	Revisionato in accordo a commenti ricevuti	M. Gattuso	D. Vannucci	A. Lo Nigro
06/11/2013	01b	Emissione Finale	M. Gattuso	D. Vannucci	A. Lo Nigro

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1. Introduzione

Il Piano di Sviluppo Portuale per il Porto di Brindisi definito dall'Autorità ha, fra le altre cose, l'obiettivo di rilocare le attività di movimentazione di Gas di Petrolio Liquefatto (GPL) eseguite dalla società COPEROIL S.p.A. all'interno dell'area industriale del porto. L'area identificata per tale rilocazione è il Pontile Costa Morena Est attualmente utilizzato dalla società Versalis (ex Polimeri Europa) per il carico e scarico di prodotti chimici ed idrocarburi. In particolare i seguenti interventi andranno ad interferire con le attuali attività di movimentazione eseguite da Versalis:

- Modifica del pontile al fine di permettere l'accosto delle navi GPL sul lato Nord-Est opposto a quelle di Versalis;
- Esecuzione di una colmata a Ovest del pontile.

Al termine delle modifiche, pertanto, il pontile Costa Morena Est avrà:

- sul lato ovest due moli di attracco per le navi Versalis che continueranno ad effettuare le operazioni di scarico e carico chimici ed idrocarburi (mentre perderà la possibilità di utilizzare il terzo attracco attualmente presente alla radice del pontile);
- sul lato est i moli d'attracco per lo scarico di GPL.

Al fine di analizzare i rischi relativi alla coesistenza in un'area ristretta di due attività di movimentazione di fluidi altamente infiammabili, l'Autorità Portuale di Brindisi ha commissionato l'esecuzione di uno Studio di Sicurezza che analizzasse i rischi relativi alle due attività ed identificasse eventuali misure mitigative. Gli esiti di tale studio sono stati presi in considerazione nello sviluppo del progetto preliminare degli interventi.

### 1.2. Scopo

Il presente documento ha l'obiettivo di effettuare una revisione dello studio di sicurezza condotto dalla Autorità Portuale al fine di assicurare che esso abbia individuato i rischi connessi alle due attività.



### 1.3. Riferimenti

[Rif. 01] AUTORITÀ PORTUALE BRINDISI - STUDIO DI SICUREZZA DEL PONTILE COSTA MORENA EST:  
POLIMERI E COPEROIL, Revisione 0, maggio 2011

## 2. Commenti allo Studio di Sicurezza Presentato

Nella seguente Tabella si riassume in principali commenti identificati:

N°	RIFERIMENTO	COMMENTO
1	Par. 0 Pag. 5	<p>Nella nota alla tabella si afferma che lo scenario di "Rilascio di GPL per rottura pompa di rilancio" non è stato "...considerato di riferimento in quanto sarà prevista una protezione mediante barriera d'acqua che limita l'estensione delle conseguenze calcolate".</p> <p>La barriera d'acqua è un sistema di protezione attivo e, come tale, caratterizzato da una probabilità di fallimento su domanda. Pertanto l'esclusione dell'evento in oggetto dall'analisi deve essere giustificato sulla base della frequenza di accadimento attesa, calcolata come prodotto della frequenza di rilascio e della probabilità mancato intervento della barriera.</p> <p>Per lo stesso motivo non si concorda con l'affermazione successiva: "...con l'adozione delle barriere d'acqua al contorno, il posizionamento finale diventa influente nel contesto delle aree limitrofe ai pontili". Qualora, anche considerando la probabilità di fallimento su domanda della barriera d'acqua, l'evento in oggetto (rilascio di GPL dalla pompa di rilancio non mitigato dalla barriera d'acqua) risultasse credibile, la posizione della pompa dovrebbe essere identificata anche tenendo conto dell'estensione delle conseguenze degli scenari incidentali conseguenti, al fine di minimizzare i rischi per le persone e per le infrastrutture presenti nelle aree circostanti.</p>
2	Par 1	<p>Il capitolo in oggetto potrebbe essere ampliato e corredato da idonei allegati, in modo tale da fornire un quadro più chiaro di come si inserisce l'intervento oggetto dello studio di sicurezza nel territorio circostante.</p> <p>In particolare sarebbe opportuno fornire la planimetria con indicazione della posizione attuale del punto di scarico Coperoil, le planimetrie e le sezioni del pontile, il percorso delle tubazioni Versalis. Inoltre, sulla planimetria riportata in Allegato 1.2 sarebbe opportuno indicare la posizione degli stabilimenti Versalis e IPEM, l'andamento delle tubazioni Versalis, la posizione di altri stabilimenti industriali e gli edifici principali attualmente esistenti, con particolare riferimento a quelli dove è possibile la presenza di un numero elevato di persone.</p> <p>Ciò al fine di consentire una valutazione più delle possibili interazioni delle nuove linee con altre linee/impianti esistenti.</p>
3	Par. 3.2 Pag. 13	<p>I dati riportati nelle prime due tabelle a pag. 13, tratti dal TNO Purple Book, si riferiscono specificamente alla frequenza di accadimento della rottura di</p>

N° RIFERIMENTO		COMMENTO
		manichette/flessibili e bracci di carico per autobotti e ferrocisterne (rif. paragrafo 3.2.9.1 pagg. 3.13 e 3.14 del Purple Book). Si ritiene opportuno verificare la disponibilità di dati specifici per applicazioni navali, dove l'ambiente marino potrebbe influenzare la frequenza di rottura.
4	Par. 3.2 Pag. 13	Con riferimento all'ultima colonna delle tabelle che riassumono i dati di frequenza di accadimento di rilasci da manichette/flessibili, bracci di carico e pompe, si fa notare che i dati indicati e tratti dal Purple Book fanno riferimento a rilasci da fori di diametro equivalente pari al 10% del diametro nominale, non 20% (rif. paragrafi 3.2.9.1 pagg. 3.13 e 3.14 e paragrafo 3.2.4 pag. 3.8 del Purple Book). Chiarire se tali valori sono stati ritenuti rappresentativi, conservativamente, anche di rotture di diametro pari al 20% del diametro nominale, utilizzato come riferimento nella successiva analisi delle conseguenze.
5	Par. 3.2	Nel documento si sostiene che "...essendo le pompe caratterizzate ... non ritenendo credibile un rilascio conseguente una rottura completa...". Non sono chiare le ragioni di tale affermazione; i dati statistici riportati mostrano che le due dimensioni di rottura hanno il medesimo ordine di grandezza di probabilità. La rottura totale della tubazione collegata alla pompa dovrebbe quindi essere considerata, o la sua esclusione meglio motivata.
6	Par. 3.3 Pag. 15	La soglia di credibilità utilizzata non è congruente con i criteri definiti dal D.M. 09/05/2001 ai fini della compatibilità territoriale. Tale decreto richiede infatti di valutare la compatibilità territoriale anche per gli eventi incidentali caratterizzati da una frequenza di accadimento inferiore a $1 \cdot 10^{-6}$ ev/anno. Si ritiene pertanto necessario analizzare anche gli eventi incidentali la cui frequenza di accadimento risulti inferiore a $1 \cdot 10^{-6}$ ev/anno, ponendo il limite di credibilità ad un valore inferiore, ad esempio $1 \cdot 10^{-7}$ ev/anno. In ogni caso il valore utilizzato dovrebbe essere congruente con quello adottato da Versalis nell'ultima edizione del Rapporto di Sicurezza.
7	Pag. 17 evento 18	In relazione al commento nr. 5 si ritiene che debba essere inserito lo scenario di rottura totale della tubazione di mandata dalla pompa. Si evidenzia che, qualora anche si procedesse con il considerare esclusivamente la rottura parziale, la frequenza di rottura da considerare dovrebbe essere data dalla somma dei due valori per i due casi di rottura identificati a pagina 13. La scelta fatta di trascurare l'evento di rottura significativa della tubazione della pompa sia in termini di conseguenze sia in termini di frequenze risulta non conservativa.
8	Par. 3.3.2 Pag. 25	Sarebbe opportuno fornire una descrizione, se già disponibile in questa fase di progetto, della rete aria strumenti che alimenterà le nuove installazioni Coperoil.
9	Par. 4.1.1 Pag. 27	In accordo alla metodologia adottata lo scenario di esplosione non confinata non è stato analizzato in quanto ritenuto possibile solo in ambienti chiusi. Si ricorda tuttavia che, in accordo al D.M. 15/05/1996 citato nello studio, l'esplosione in ambiente non confinato (come può essere considerato quello del

N°	RIFERIMENTO	COMMENTO
		<p>pontile) è da considerare possibile quando la quantità di vapore entro i limiti di infiammabilità sia maggiore di 5 tonnellate. Per valori inferiori l'innesco ritardato della nube di gas determinerà un Flash Fire.</p> <p>Nella successiva analisi delle conseguenze dovrebbero quindi essere forniti i valori della quantità di gas all'interno dei limiti di infiammabilità e solamente nel caso in cui tali valori siano inferiori a 5 tonnellate lo scenario esplosione potrà essere escluso.</p> <p>Con particolare riferimento alla stazione di pompaggio, invece, sulla base della effettiva localizzazione si dovrà valutare se un eventuale rilascio avviene in ambiente non confinato o parzialmente confinato. In quest'ultimo caso il valore limite da considerare per lo scenario esplosione è di 1.5 tonnellate, sempre in accordo al D.M. 15/05/1996.</p> <p>Sulla base dei risultati dell'analisi delle conseguenze è evidente come tali limiti non siano raggiunti (la massa rilasciata è in ogni caso inferiore a 1 tonnellata). Tuttavia, alla luce dei commenti nr. 5 e 7, si richiede una verifica per i casi di rilascio a seguito di rottura totale, che non sono stati inclusi nell'analisi.</p>
10	Par. 4.1.2 pag. 28	<p>I criteri riportati in tabella non sono chiari; a pagina 13 si parla di rotture parziali delle tubazioni con fori pari al 20% del diametro della tubazione mentre qui si parla di 10%. La geometria di rilascio va definita in maniera coerente nelle due tabelle. Se si è valutata la frequenza di rottura per rotture pari a 20% tali rotture dovranno essere simulate</p>
11	Par. 4.1.2 pag. 28	<p>"...La valutazione delle conseguenze ... è stata svolta supponendo la rottura totale delle tubazioni...". L'affermazione <u>non ha riscontro</u> nelle tabelle da pagina 36 in avanti ove le conseguenze sono state calcolate facendo riferimento a rotture pari al 20% delle tubazioni.</p>
12	Par. 4.1.2 pag. 28	<p>"... le frequenze di accadimento sono invece riferite alla rottura parziale perché più credibile". Vedere commenti nr. 5 e 7.</p> <p>Si ribadisce che, a meno che non si forniscano le motivazioni che hanno portato ad analizzare solamente le rotture parziali, devono essere analizzate anche i casi di rilascio a seguito di rottura totale.</p>
13	Par. 4.1.2 pag. 28	<p>Non è specificato quale è la direzione assunta per la simulazione delle conseguenze. Tale parametro riveste una notevole importanza sia per quanto riguarda lo sviluppo dello scenario Jet Fire e, quindi, per la valutazione dei possibili effetti domino, sia per quanto riguarda la dispersione della nube infiammabile in caso di innesco ritardato.</p> <p>In generale si fa presente che per lo scenario Jet Fire la direzione che fornisce i risultati maggiormente conservativi è quella orizzontale.</p>
14	Par. 4.1.2 pag. 29	<p>La durata di rilascio non coincide con il tempo di intervento. Quest'ultimo è definito come il tempo necessario per rilevare la perdita e procedere quindi all'intercettazione della sezione da cui avviene il rilascio. La durata del rilascio è quindi ottenuta sommando al tempo di intervento il tempo necessario per lo svuotamento della sezione intercettata, che dipende dall'hold-up della sezione</p>

N°	RIFERIMENTO	COMMENTO
		<p>stessa e dalle condizioni di temperatura e pressione al momento dell'intercettazione. Questo tempo addizionale può essere trascurabile nel caso in cui l'hold-up della sezione intercettata risulti ridotto (come ad esempio nel caso di rilascio da un braccio di carico che, a seguito dell'intervento automatico, viene isolato alle due estremità), però potrebbe essere significativo nel caso in cui la sezione intercettata presenti un hold-up importante.</p> <p>Pertanto l'assunzione dei tempi di rilascio dovrà essere di volta in volta giustificata.</p>
15	Par. 4.1.2 pag. 30	<p>Jet fire: l'assunzione che la lunghezza del jet fire sia equivalente alla distanza del LFL non è giustificata né è riportato un riferimento. In effetti in allegato sono riportati i calcoli fatti di simulazione di jet fire e a pagina 36 (vedi commento 19) non si ha evidenza di questa assunzione. E' opportuno chiarire come sia stata considerata la lunghezza del Jet Fire .</p> <p>Inoltre si afferma che "...per i getti turbolenti, i valori di irraggiamento risultano rilevanti solo nelle immediate vicinanze della fiamma e a distanze inferiori alla lunghezza del getto stesso". In realtà lungo la direzione del getto si possono raggiungere valori di irraggiamento elevati (corrispondenti alle soglie di inizio/elevata letalità e in grado di determinare effetti domino) anche a distanze maggiori rispetto alla lunghezza della fiamma.</p>
16	Pag. 33 e seguenti	<p>Nelle simulazioni delle conseguenze non sono state modellate le rotture totali, a differenza di quanto indicato a pagina 28. In considerazione delle ridotte dimensioni di tali tubazioni e dei valori di frequenza di accadimento forniti a pagina 13 le rotture totali andrebbero considerate.</p>
17	Pag. 33 e seguenti	<p>Nello studio non sono stati analizzati i possibili casi di rilascio dalle tubazioni che corrono lungo il pontile. Ciò non permette di valutare correttamente le possibili interazioni con le installazioni esistenti. Infatti in caso di rilascio da tubazione le modalità di rilevazione delle perdite sono diverse e l'hold-up della sezione intercettata maggiore, pertanto i tempi di rilascio possono essere significativamente maggiori. A tal proposito è importante specificare i punti in cui saranno installate le valvole di intercettazione delle tubazioni.</p> <p>In particolare, come indicato a pag. 83 dello Studio di Sicurezza, nei pozzetti delle valvole motorizzate di intercetto poste lungo il gasdotto, sono presenti sistemi di rilevamento di fughe di gas che forniscono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• un preallarme ottico/acustico su pannello locale in sala quadri antincendio di Costa Morena e in sala controllo IPEM al raggiungimento del 25% del Limite Inferiore di Infiammabilità;</li> <li>• allarme ottico/acustico su pannello locale in sala quadri antincendio di Costa Morena e in sala controllo IPEM al raggiungimento del 25% del Limite Inferiore di Infiammabilità.</li> </ul> <p>Pertanto, considerando che la messa in sicurezza non è automatica ma demandata al personale Coperoil/IPEM a seguito del raggiungimento della soglia di allarme e che le valvole di intercettazione sono motorizzate (e pertanto non a chiusura rapida), si ritiene che il tempo di intervento in questo caso non possa essere assunto inferiore a 5 minuti.</p> <p>Ciò ha un impatto significativo sulla possibilità di danneggiamento delle esistenti</p>

N° RIFERIMENTO		COMMENTO
		installazioni di Versalis (tubazioni, impianto di abbattimento vapori BK, impianto captazione vapori), che potrebbero comportare un ulteriore rilascio e, potenzialmente, un'escalation degli effetti.
18	Pag. 35	Dal momento che, a seguito dell'intervento, il pontile sarà adibito anche allo scarico di GPL, si richiede se possono sussistere particolari condizioni tali per cui si possa verificare il fenomeno del BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).
19	Pag. 36	Benché a pag. 30 si affermi che la lunghezza del jet fire è assunta equivalente a quella del LFL, non vi è rispondenza di questa ipotesi nelle tabelle. Si conferma inoltre la necessità di indicare anche i corrispondenti valori di irraggiamento, al fine di poter valutare correttamente la possibilità di interazioni con le esistenti installazioni Versalis e i possibili effetti domino.
20	Pag. 51 e seguenti	<p>Per tutti gli eventi incidentali analizzati il tempo di rilascio è stato assunto pari a 40 s. Sulla base dei criteri definiti dal D.M. 15/05/1996 e riportati a pagina 29 dello Studio di Sicurezza, il tempo di intercettazione può essere assunto pari a 40 s solamente nel caso in cui siano presenti sistemi di rilevazione e intercettazione completamente automatici. Tale assunzione è senz'altro giustificata nel caso di distacco completo di un braccio di carico, in quanto l'intercettazione è attivata direttamente dal sistema PERC con cui sono equipaggiati i bracci di carico e che determina la chiusura delle valvole a monte e valle del braccio stesso in maniera automatica. In caso di rilascio da manichetta e di rilasci parziali, se non sono presenti sistemi di rilevazione delle perdite (come sembra di capire dallo Studio di Sicurezza e dalle schede di movimentazione riportate nel relativo Allegato 5.2) che attivano in automatico l'intercettazione della sezione da cui avviene il rilascio non è possibile assumere un tempo di intercettazione pari a 40 s.</p> <p>E' pertanto necessario specificare, per ciascun caso di rilascio, quali sono le modalità di rilevazione e intercettazione che determinano un "...intervento tempestivo di valvole automatizzate".</p> <p>Nel caso in cui la rilevazione e la conseguente intercettazione non siano automatici, la durata dei rilasci dovrà essere necessariamente aumentata, in accordo ai criteri riportati a pagina 29 dello Studio di Sicurezza.</p> <p>Inoltre, come detto nel precedente commento 14, al tempo di intercettazione deve essere aggiunto il tempo di svuotamento della sezione intercettata.</p>
21	Par. 6 Pag. 86	<p>Con riferimento al punto no. 2, si intende che le tubazioni Coperoil correranno lungo il molo all'interno di un controtubo, al fine di evitare potenziali interazioni con le tubazioni di Versalis, che saranno sempre piene di prodotto.</p> <p>Al fine di non introdurre nuovi rischi, il controtubo dovrà essere dotato di opportuni sistemi di sicurezza, quali sistemi di rilevazione delle perdite nell'intercapedine, in modo tale che, in caso di perdita da una delle tubazioni interne, non si possa pervenire alla formazione di una miscela esplosiva in ambiente confinato.</p> <p>Un altro possibile rischio potrebbe derivare dalle basse temperature conseguenti al rilascio e successivo flash del GPL, che potrebbero determinare l'infragilimento del tubo esterno, se non adeguatamente progettato a fronte di tale evento. In questo caso il controtubo non potrebbe essere considerata una protezione</p>

N°	RIFERIMENTO	COMMENTO
		<p>efficace per evitare possibili interazioni tra le tubazioni Coperoil e quelle Versalis. Questo aspetto dovrà quindi essere tenuto presente nella successiva fase di ingegneria</p> <p>Sarebbe infine opportuno definire sulla planimetria il percorso ipotizzato per le tubazioni Coperoil con indicazione del punto di scavalco, nonché la posizione del controtubo.</p>
22	Generale	Non si fa menzione delle sostanze utilizzate come riferimento nelle simulazioni.
23	Generale	<p>In passato sono state tenuti incontri, con la partecipazione delle varie parti coinvolte nel progetto (Autorità Portuale, Versalis, Coperoil, Società incaricate della progettazione dell'intervento, Responsabile dello Studio di Sicurezza), durante le quali sono state discusse le problematiche con potenziale impatto sia sulla sicurezza.</p> <p>Tuttavia si raccomanda di prevedere, prima di passare alla successiva fase di ingegneria di dettaglio, una analisi HAZID (Hazard Identification) al fine di identificare, mediante una metodologia sistematica e strutturata, i rischi connessi al progetto (sia interni che esterni) per la salute, la sicurezza e per l'ambiente.</p> <p>L'applicazione di una analisi con la metodologia HAZID, alla quale dovrebbero partecipare tutte le parti coinvolte nel progetto, permetterebbe di tenere in debito conto diversi fattori di rischio, quali ad esempio: eventi naturali, pericoli introdotti dall'uomo (ad esempio: security, altre attività nell'area, etc.), interazioni con l'ambiente circostante, impatti ambientali, rischi connessi al processo, incendi/esplosioni, etc.) e, pertanto, di identificare i rischi specifici connessi all'intervento e al sito, oltre a quelli deducibili dall'analisi storica, che sono stati utilizzati come riferimento per l'analisi di sicurezza. Gli eventuali eventi incidentali che dovessero essere identificati con l'analisi HAZID, se ritenuti significativi, potranno costituire la base per soluzioni progettuali di mitigazione o potranno essere integrati nello Studio di Sicurezza.</p> <p>L'analisi HAZID consentirebbe inoltre di identificare, preliminarmente, i rischi connessi alla simultaneità delle operazioni connesse all'intervento di adeguamento del pontile (ad esempio: preparazione del sito, trasporto, sollevamento, installazione, lavori a caldo, test/commissioning, start-up) e del contemporaneo esercizio del pontile da parte della Società Versalis (ad esempio: attracco nave, scarico nave, shut-down, etc.).</p> <p>Infine, l'analisi HAZID potrebbe essere condotta anche con riferimento a diverse configurazioni alternative, al fine di definire, mediante applicazione di Risk Ranking, quale soluzione risulta essere la migliore dal punto di vista della sicurezza (si ricorda che, allo stato attuale, la migliore soluzione ai fini della sicurezza è stata individuata sulla base degli incontri effettuati dalle varie parti coinvolte nel progetto ed è risultata quella di ampliamento del pontile esistente, dove Versalis manterrà la configurazione attuale (con i due punti di attracco già oggi funzionanti e le attrezzature già presenti), mentre Coperoil usufruirà del nuovo lato del pontile).</p>
24	Generale	Con riferimento ai rischi derivanti dalla simultaneità delle operazioni connesse all'intervento di adeguamento del pontile (ad esempio: preparazione del sito,

N°	RIFERIMENTO	COMMENTO
		<p>trasporto, sollevamento, installazione, lavori a caldo, test/commissioning, start-up) e dell'esercizio del pontile da parte della Società Versalis (ad esempio: attracco nave, scarico nave, shut-down, etc.), si raccomanda di prevedere uno studio SIMOPS (Simultaneous Operations), che consente di definire:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• quali operazioni possono essere condotte simultaneamente senza restrizioni;</li> <li>• quali operazioni possono essere condotte simultaneamente con alcune restrizioni;</li> <li>• quali operazioni non possono essere condotte simultaneamente.</li> </ul> <p>In generale, l'esecuzione simultanea di due o più attività, incrementa la complessità delle operazioni e, pertanto, il corrispondente livello di rischio. Per questo motivo, si deve cercare di pianificare le attività in modo da minimizzare il più possibile la sovrapposizione di più operazioni.</p> <p>Il rischio aggiuntivo introdotto dalla simultaneità di più operazioni si può ritenere accettabile nel caso in cui:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• siano stati previsti adeguati sistemi di sicurezza (per esempio: sistemi di protezione, procedure operative, etc.);</li> <li>• la simultaneità delle operazioni è giustificata da vantaggi economici significativi.</li> </ul> <p>Pertanto, se non possono essere evitate, le operazioni simultanee dovranno essere approfonditamente pianificate e analizzate prima della loro esecuzione e gli operatori dovranno essere adeguatamente informati relativamente ai rischi derivanti dalla simultaneità di alcune attività.</p> <p>Alcune misure generali da mettere in atto prima dell'esecuzione delle attività al fine di ridurre i rischi per il personale e per l'ambiente sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• adeguata programmazione;</li> <li>• identificazione dei rischi;</li> <li>• introduzione dei lavoratori coinvolti nelle attività ai rischi connessi alle attività previste;</li> <li>• colloqui con gli operatori prima dell'esecuzione delle attività;</li> <li>• emissione di permessi di lavoro;</li> <li>• monitoraggio delle attività e dei possibili rischi per la sicurezza da parte del Responsabile della Sicurezza.</li> </ul> <p>Naturalmente, i criteri generali sopra indicati dovranno poi essere adattati alle operazioni che saranno effettivamente condotte in campo e dovranno tenere conto di raccomandazioni specifiche che dovessero emergere dallo studio SIMOPS.</p> <p>Gli esiti dello studio SIMOPS dovranno poi essere considerati ai fini della definizione del Piano di Sicurezza e Coordinamento.</p>

### 3. Conclusioni

Sulla base della verifica dello Studio di Sicurezza, commissionato dall'Autorità Portuale con l'obiettivo principale di individuare i rischi connessi all'intervento di ampliamento del Pontile Costa Morena Est e di definire eventuali interventi migliorativi, sono emerse le seguenti principali criticità:

- nello Studio di Sicurezza non sono stati inclusi, tra gli eventi incidentali di riferimento, i casi di rilascio a seguito di rottura totale dei bracci di carico / manichette utilizzate per lo scarico delle navi o della tubazione connessa alla pompa di rilancio. Questa scelta, non esplicitamente motivata, non consente di avere un quadro esaustivo dei reali rischi connessi all'intervento oggetto dello studio. In caso di rilascio a seguito di rottura totale, infatti, le conseguenze sarebbero più estese e, di conseguenza, anche i rischi di interazione con le esistenti installazioni Versalis risulterebbero maggiori;
- nello Studio di Sicurezza non sono stati considerati come eventi incidentali di riferimento i rilasci dalle linee sul Pontile. Tali eventi dovrebbero invece essere analizzati in quanto, anche considerando dimensioni di rottura equivalenti a quelle utilizzate per i rilasci in corrispondenza del punto di scarico, le conseguenze potrebbero essere più severe in quanto la durata del rilascio potrebbe essere significativamente più elevata, in considerazione del fatto che i sistemi di rilevazione gas ubicati nei pozzetti delle valvole motorizzate di intercetto poste lungo il gasdotto forniscono un allarme su pannello locale in sala quadri antincendio di Costa Morena e in sala controllo IPEM e la successiva messa in sicurezza è demandata al personale Coperoil/IPEM;
- si ritiene che l'evento di rilascio dalla pompa di rilancio del GPL, anche se sarà prevista l'installazione di una barriera d'acqua che limita l'estensione delle conseguenze, debba essere incluso tra gli eventi incidentali di riferimento e che le distanze di danno calcolate debbano essere utilizzate al fine di definire la migliore localizzazione della stazione di pompaggio (minimizzazione dei rischi per le persone e per le infrastrutture presenti nelle aree circostanti). L'evento in esame, cioè quello di un rilascio di GPL dalla pompa non mitigato dalla barriera d'acqua, potrà essere escluso solamente qualora la frequenza attesa, calcolata come prodotto della frequenza di rilascio per la probabilità di mancato intervento della barriera d'acqua, risulti inferiore alla soglia di credibilità adottata nello studio;
- il tempo di intercettazione a seguito di rilascio dovrebbe essere giustificato sulla base delle effettive modalità di rilevazione e intercettazione della perdita. Il valore utilizzato (40 secondi per tutti gli eventi incidentali) non sembra congruente (almeno non per tutti i casi



di rilascio) con i tempi definiti dal D.M. 15/05/1996, in considerazione del fatto che non sembrano essere presenti sistemi di rilevazione delle perdite che, in automatico, attivano l'intercettazione del rilascio. La durata del rilascio riveste un'importanza fondamentale al fine di valutare correttamente le possibili interazioni con le installazioni esistenti e, quindi, la possibilità di effetto domino;

- nel caso in cui le tubazioni Coperoil corrano per tutta la lunghezza del molo all'interno di un controtubo, quest'ultimo dovrà essere dotato di opportuni sistemi di sicurezza, quali sistemi di rilevazione delle perdite nell'intercapedine, in modo tale che, in caso di perdita da una delle tubazioni interne, non si possa pervenire alla formazione di una miscela esplosiva in ambiente confinato.

Inoltre, a integrazione dello Studio di Sicurezza, si raccomanda quanto segue:

- si raccomanda la effettuazione, prima di passare alla successiva fase di ingegneria di dettaglio, di una analisi HAZID al fine di identificare, mediante una metodologia sistematica e strutturata, i rischi specifici connessi al progetto (sia interni che esterni) per la salute, la sicurezza e per l'ambiente, nonché i possibili impatti sociali, oltre a quelli deducibili dall'analisi storica, che sono stati utilizzati come riferimento per l'analisi di sicurezza. Gli eventuali eventi incidentali che dovessero essere identificati con l'analisi HAZID dovranno essere integrati nello Studio di Sicurezza e, pertanto, se ne dovrà stimare la relativa frequenza di accadimento e valutare le conseguenze;
- con riferimento ai rischi derivanti dalla simultaneità delle operazioni connesse all'intervento di adeguamento del pontile (ad esempio: preparazione del sito, trasporto, sollevamento, installazione, lavori a caldo, test/commissioning, start-up) e dell'esercizio del pontile da parte della Società Versalis (ad esempio: attracco nave, scarico nave, shut-down, etc.), si raccomanda di prevedere uno studio SIMOPS (Simultaneous Operations), che consente di definire:
  - quali operazioni possono essere condotte simultaneamente senza restrizioni,
  - quali operazioni possono essere condotte simultaneamente con alcune restrizioni,
  - quali operazioni non possono essere condotte simultaneamente.