

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

CUP 84831683B1

CIG C31H20000060001

RIF. PERIZIA

2879 FASE 2

TITOLO PROGETTO

Adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente

COD. OPERA	DESCRIZIONE OPERA
N	GENERALE

ELAB. N°	TITOLO ELABORATO	SCALA
Mp002	Mooring analysis	-

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VISTO	APPROVATO
A	19/07/2021	PRIMA EMISSIONE	E. Salighini	C. Scarpa	T. Tassi

CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	NOME FILE
2879-F2	GEN-Mp002	2879-F2_GEN-Mp002_A.doc

PROGETTISTI	PROGETTAZIONE	COORD. PROGETTUALE E SUPP. TECNICO-GESTIONALE
<p>R.T.I.:</p> <p>Mandataria:  Responsabilità dell'integrazione delle prestazioni specialistiche Dott. Ing. Tommaso Tassi</p> <p>Mandante:    </p>	<p>Dott. Ing. Tommaso Tassi</p> 	<p>RINA Consulting S.p.A.</p> 

D.E.C.	VERIFICATORE	VALIDATO R.U.P.	IL RESP. DELL'ATTUAZIONE
Geom. Simone Bruzzese	R.T. Conteco Check S.r.l. RINA Check S.r.l.	Ing. Marco Vaccari	Dott. Umberto Benezoli
.....

Indice generale

1	PREMESSA	4
1.1	SCOPO DELL'ATTIVITÀ	4
1.2	LOCALIZZAZIONE.....	4
1.3	AMPLIAMENTO DEL TERMINAL FINCANTIERI ESISTENTE.....	5
1.4	CONTENUTI DELLA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	9
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	9
2.1	DATI DI INPUT.....	9
2.2	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E NORMATIVI.....	9
3	PRINCIPI DELLA MOORING ANALYSIS.....	11
3.1	ASPETTI GENERALI.....	11
3.2	EQUIPAGGIAMENTO PER L'ORMEGGIO	13
3.3	MODELLI NUMERICI.....	14
4	PARAMETRI DI INPUT	16
4.1	CONDIZIONI METEOMARINE	16
4.1.1	Livelli di marea	16
4.1.2	Vento.....	16
4.1.3	Onde.....	18
4.1.4	Corrente	18
4.2	IMBARCAZIONE DI PROGETTO	18
4.2.1	Dimensioni e Caratteristiche dell'imbarcazione	18
4.2.2	Controllo degli spostamenti durante l'ormeggio.....	22
4.2.3	Cime di ormeggio	23
4.3	DETERMINAZIONE DELL'ENERGIA DI IMPATTO DELL'IMBARCAZIONE DI PROGETTO E SCELTA DEL PARABORDO	29
4.4	EQUIPAGGIAMENTO PER L'ORMEGGIO	33
4.4.1	Bitte	33
4.4.2	Fender.....	33
5	MOORING ANALYSIS.....	35
5.1	CONSIDERAZIONI SULLA ROSA DEI VENTI DI PROGETTO.....	35
5.2	CONSIDERAZIONI SULLE STRUTTURE DI BANCHINA	35
5.3	CONSIDERAZIONI SUI CRITERI DI ROTTURA DELLE CIME	36
5.4	VERIFICHE DELL'ORMEGGIO PER LA NAVE DI PROGETTO	37
6	CONCLUSIONI	45
6.1	RISULTATI DELLA MOORING ANALYSIS.....	45
6.2	POSSIBILITÀ DI UTILIZZO DI UN DISPOSITIVO DI ORMEGGIO ALTERNATIVO	46

Progetto: Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente - P.2879 FASE 2	Livello progettazione: Progetto di Fattibilità Tecnico Economica	Elaborato: IDRAULICA E MARITTIMA 2879-F2_GEN-Mp002_A.docx
--	---	---

Indice delle figure

Figura 1.1 - Vista satellitare dell'area portuale all'interno del bacino di Multedo, presso Genova Sestri Ponente	4
Figura 1.2 - Vista satellitare del molo Fincantieri oggetto di ampliamento	5
Figura 1.3 - Interventi previsti all'interno del PFTE presso il bacino Multedo	6
Figura 1.4 - Pianta delle strutture previste per l'ampliamento del nuovo molo Fincantieri	7
Figura 1.5 - Sezione tipica A-A	8
Figura 1.6 - Sezione tipica B-B	8
Figura 1.7 - Sezione tipica C-C	8
Figura 3.1 - Individuazione delle aree non oggetto del PFTE e del tratto interessato dallo sbocco del Rio Cantarena	12
Figura 3.2 - Orientamento dell'imbarcazione con prua verso la radice del molo (Port)	12
Figura 3.3 - Layout di bitte e fender	13
Tabella 3.1 - Identificazione delle bitte previste a progetto	14
Figura 4.1 - Livelli di marea misurati storicamente nel porto di Genova	16
Figura 4.2 - Coefficiente di correzione per tenere conto della durata di riferimento di una certa velocità di vento (vedi [Rif. 13])	17
Tabella 4.1 - Valori di velocità del vento di progetto	18
Tabella 4.2 - Valori di altezza e periodo d'onda di progetto	18
Figura 4.3 - Foto di navi da crociera di dimensioni simili alla nave di progetto (fonte: www.marinetraffic.com)	19
Tabella 4.3 - Principali dimensioni della nave da crociera di progetto. I valori indicati con (*) sono stati estrapolati dai corrispondenti valori di imbarcazioni simili, tutti i restanti sono dati di input ricevuti dal Cliente	20
Figura 4.4 - General arrangement plan della nave da crociera di progetto	20
Figura 4.5 - Prospetto della nave da crociera di progetto	21
Figura 4.6 - Sezione trasversale della nave da crociera di progetto	21
Tabella 4.4 - Aree esposte al vento della nave da crociera di progetto e di imbarcazioni di dimensioni simili attualmente esistenti	21
Figura 4.7 - Criteri per determinazione della spaziatura dei parabordi in banchine continue (da BS 6349-4:2014 [Rif. 12])	22
Tabella 4.5 - Valori raccomandati per gli spostamenti (da PIANC WG24, [Rif. 9])	23
Tabella 4.6 - Cime di ormeggio in HMPE (scheda tecnica da catalogo Plam: fonte www.plam.it)	24
Figura 4.8 - Curve Carico-Deformazione per diverse tipologie di cime (OCIMF [Rif. 10])	25
Figura 4.9 - Foto di navi da crociera di dimensioni paragonabili alla nave di progetto considerate per la definizione delle posizioni delle cime di ormeggio a prua, poppa e lungo le murate	26
Tabella 4.7 - Inclinazione rispetto alla verticale delle cime di ormeggio della nave di progetto orientata in configurazione port.	27
Figura 4.10 - Posizione dei passacavi per le cime di ormeggio a poppa e lungo la murata della nave	28
Figura 4.11 - Posizione dei passacavi per le cime di ormeggio a prua e lungo la murata della nave	28
Tabella 4.8 - Energia di impatto assorbita dal fender proposto e relativa reazione di calcolo	30

Progetto: Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di genova sestri ponente - P.2879 FASE 2	Livello progettazione: Progetto di Fattibilità Tecnico Economica	Elaborato: IDRAULICA E MARITTIMA 2879-F2_GEN-Mp002_A.docx
--	---	---

Figura 4.12 - Curva di performance del fender conico proposto	31
Tabella 4.9 - Caratteristiche geometriche di fender conici (da https://www.trelleborg.com/)	32
Figura 4.13 - Sezione tipica C-C	33
Figura 4.14 - Esempio di fender conici installati su trave di coronamento di banchina.....	34
Figura 5.1 - Rose dei venti di progetto al variare del tempo di ritorno	35
Figura 5.2 - Configurazione di ormeggio ideale su banchina continua (da BS EN 6349-4:2014 [Rif. 12]).....	36
Figura 5.3 - Layout di ormeggio della nave da crociera di progetto.....	37
Figura 5.4 - Rosa dei venti limite in assenza di onde generate dal vento e di corrente	38
Figura 5.5 - Rosa dei venti limite in assenza di onde generate dal vento e in presenza di corrente	38
Tabella 5.1 - Condizioni di progetto per verifiche puntuali.....	39
Tabella 5.2 Spostamenti della nave di progetto, tiri sulle bitte e delle cime nelle singole condizioni di progetto in concomitanza di vento, corrente ed onde.....	40
Figura 5.6 Configurazione deformata nella condizione di progetto a	41
Figura 5.7 Configurazione deformata nella condizione di progetto b	41
Figura 5.8 Configurazione deformata nella condizione di progetto c	42
Figura 5.9 Configurazione deformata nella condizione di progetto d	42
Figura 5.10 Configurazione deformata nella condizione di progetto e	43
Figura 5.11 Configurazione deformata nella condizione di progetto f	43
Figura 5.12 Configurazione deformata nella condizione di progetto g	44
Figura 5.13 Configurazione deformata nella condizione di progetto h	44
Figura 6.1 Esempi di bitta galleggiante da 250ton di capacità	46
Figura 6.2 Esempio di bitta galleggiante da 300ton.....	47
APPENDICE A: OPTIMOOR TECHNICAL NOTE	48

1 PREMESSA

1.1 Scopo dell'attività

Nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) delle opere di nuovo layout interno del bacino di Multedo presso il porto di Genova Sestri Ponente, F&M Ingegneria SpA ha incaricato Enser Srl di eseguire le seguenti attività correlate con l'ampliamento del nuovo molo Fincantieri:

- Reperimento ed elaborazione statistica dei dati di clima meteomarinario (livelli idrometrici, vento ed onde) relativi all'area in progetto. Determinazione velocità ed angolo di incidenza della corrente di progetto;
- Definizione della geometria della nave di progetto (nave da crociera di lunghezza 380.0m, larghezza 50.0m e pescaggio 9.5m);
- Determinazione dell'energia di impatto della nave di progetto, definizione della spaziatura e dimensionamento dei parabordi necessari per l'accosto di tale nave;
- Elaborazione dati di input per analisi di ormeggio;
- Esecuzione dell'analisi di ormeggio per valutare il numero e la capacità di dispositivi di ormeggio e dei parabordi in banchina necessari per l'ormeggio della nave di progetto sul molo di allestimento di cui è prevista nuova realizzazione;

Nei seguenti paragrafi vengono riportati i dati generali relativi all'area oggetto di intervento, una breve descrizione del molo Fincantieri oggetto di ampliamento e i contenuti della presente relazione illustrativa.

1.2 Localizzazione

Il molo Fincantieri oggetto di ampliamento si trova presso il porto di Genova Sestri Ponente (44°25'N, 8°50'E), in Liguria.

In Figura 1.1 è riportata una vista aerea dell'area portuale all'interno del bacino di Multedo presso Genova Sestri Ponente, situata a nord dell'aeroporto di Genova.

In Figura 1.2 è visibile con maggior dettaglio l'area Fincantieri con relativo molo oggetto di ampliamento, posta nell'estremità nord est del bacino di Multedo.

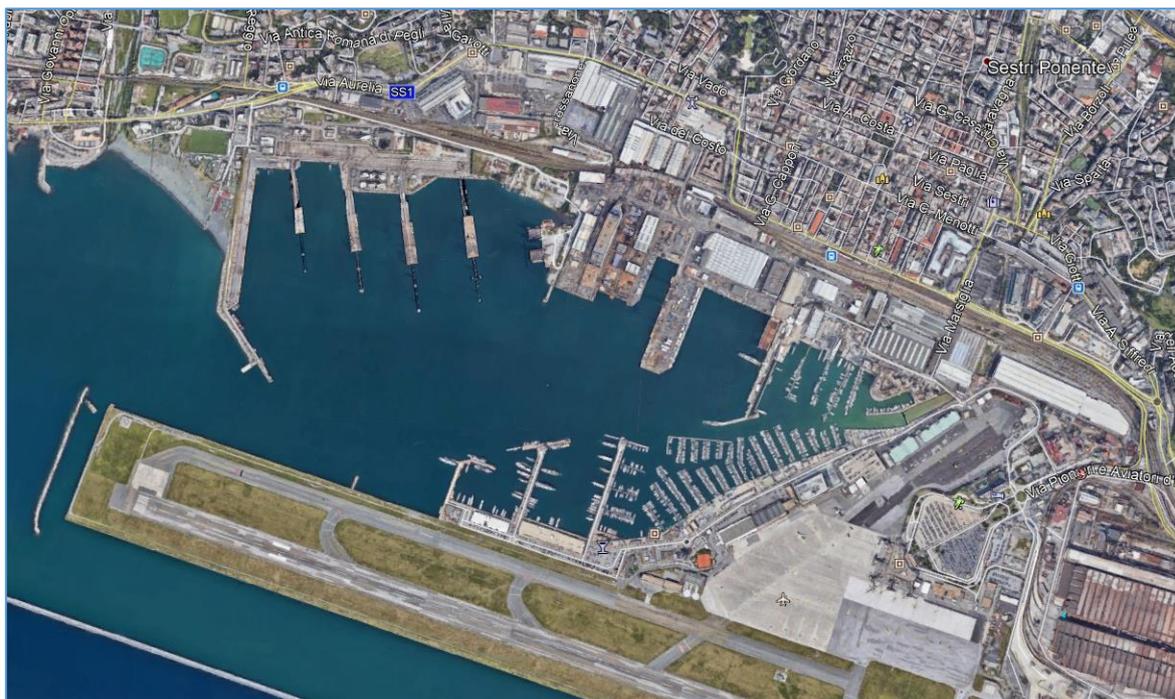


Figura 1.1 - Vista satellitare dell'area portuale all'interno del bacino di Multedo, presso Genova Sestri Ponente

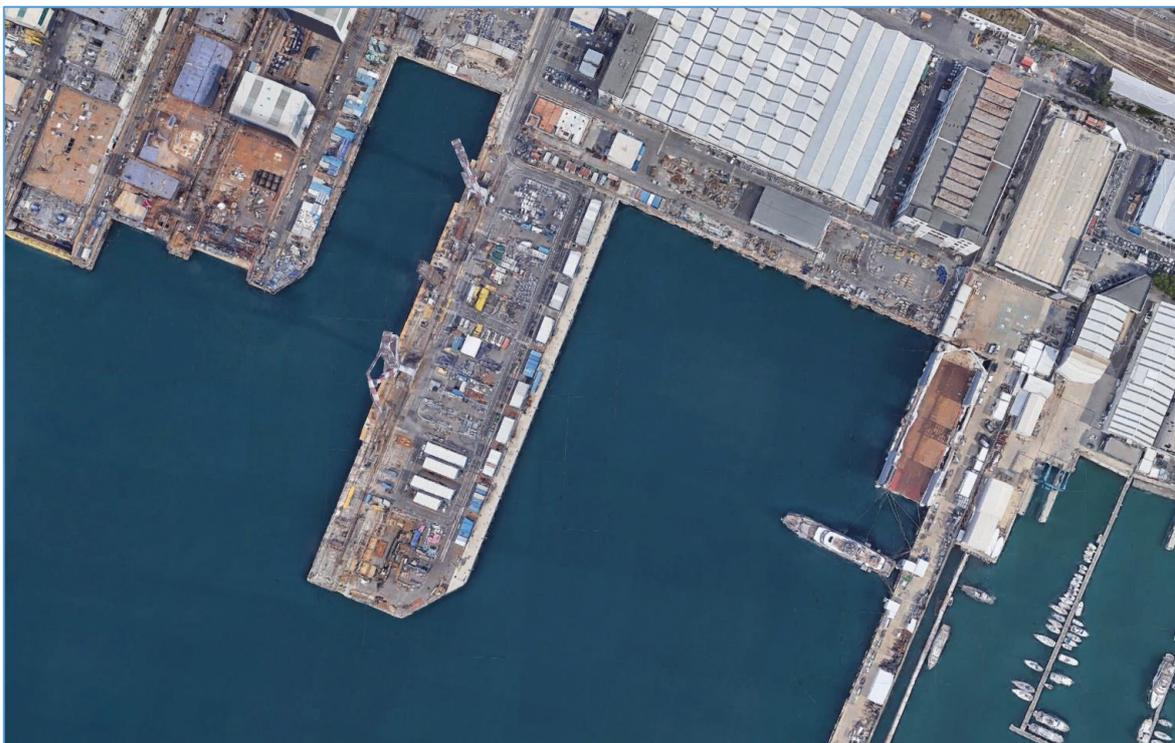


Figura 1.2 - Vista satellitare del molo Fincantieri oggetto di ampliamento

1.3 Ampliamento del terminal Fincantieri esistente

Il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica relativo alle opere da realizzare all'interno del bacino Multedo presso il porto di Genova Sestri Ponente comprende diversi interventi identificati macroscopicamente nella successiva Figura 1.3. Tra essi è identificato con la lettera D l'ampliamento dell'attuale molo Fincantieri, lato levante, con ribaltamento a mare di un'area triangolare che presenterà uno sviluppo fronte mare pari a 310.0m circa. Il nuovo molo Fincantieri ospiterà grandi navi (in particolare navi da crociera) che saranno costruite nel bacino di carenaggio identificato con la lettera C, e che rimarranno ormeggiate presso il molo Fincantieri per l'intera durata del loro allestimento.

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

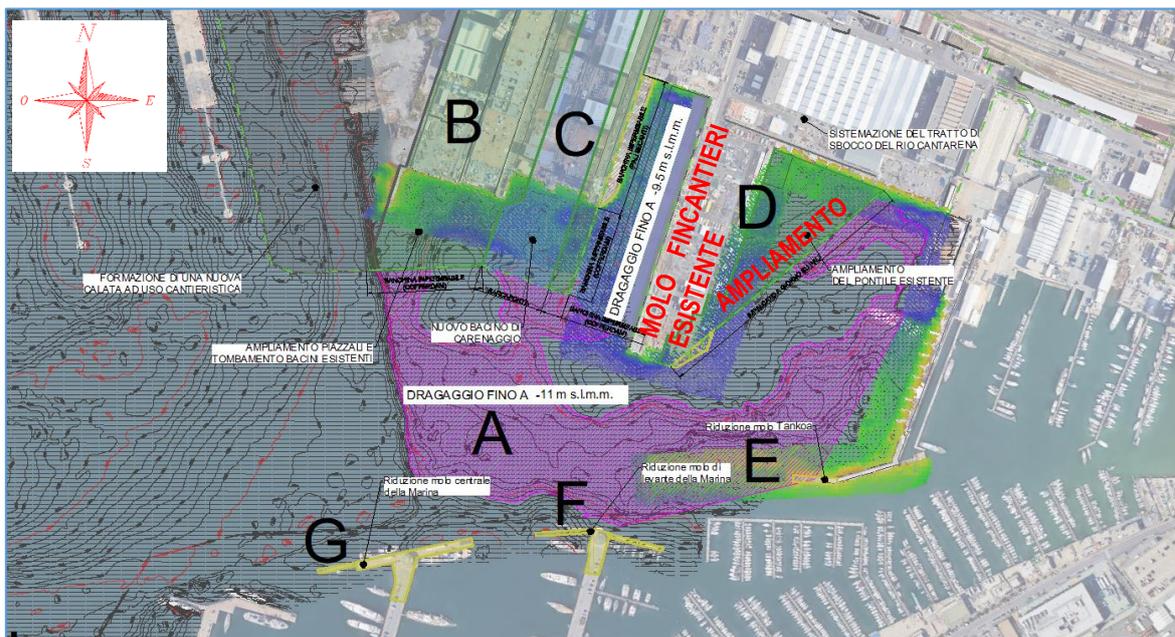


Figura 1.3 - Interventi previsti all'interno del PFTE presso il bacino Miltedo

La tipologia strutturale prevista per l'ampliamento del molo Fincantieri è quella di un impalcato a giorno su pali, visibile in pianta in Figura 1.4.

In Figura 1.5, Figura 1.6 e Figura 1.7 sono visibili alcune sezioni trasversali tipiche dell'impalcato su pali in progetto. La quota di estradosso del nuovo molo Fincantieri si trova alla +4.20m MSL (quota riferita al medio mare); il fondale di progetto è fissato alla -11.0m MSL per consentire il transito e l'ormeggio di imbarcazioni con pescaggio fino a 9.5m. In corrispondenza delle aree che attualmente presentano un fondale più superficiale rispetto alla -11.0m MSL è previsto un dragaggio fino al fondale di progetto.

Nell'ambito dell'ampliamento del molo Fincantieri esistente è prevista anche la sistemazione del tratto di sbocco del Rio Cantarena, necessaria a seguito del previsto ribaltamento a mare dell'area Fincantieri.

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

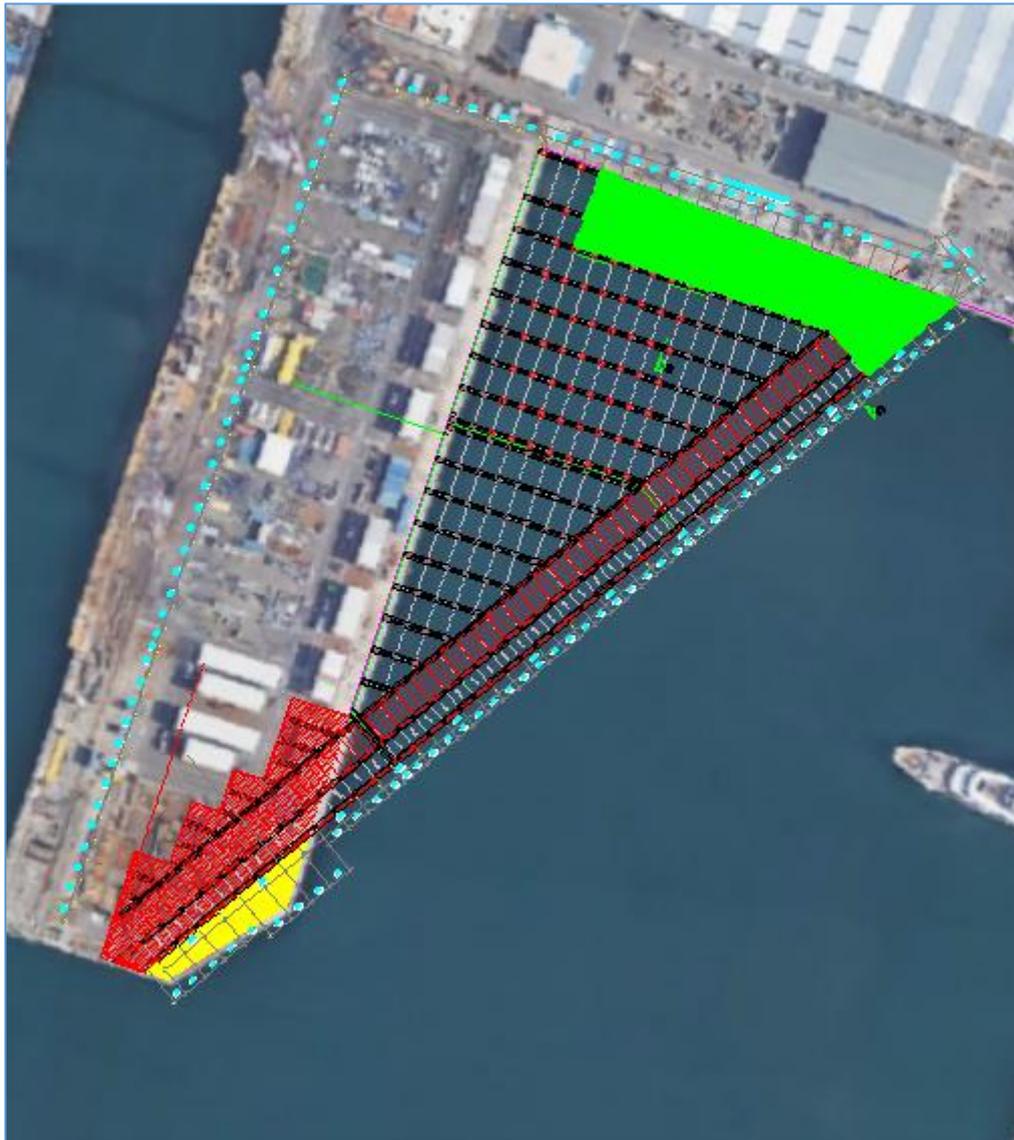


Figura 1.4 - Pianta delle strutture previste per l'ampliamento del nuovo molo Fincantieri

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di genova sestri ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

SEZIONE A-A IMPALCATO

Scala 1:50

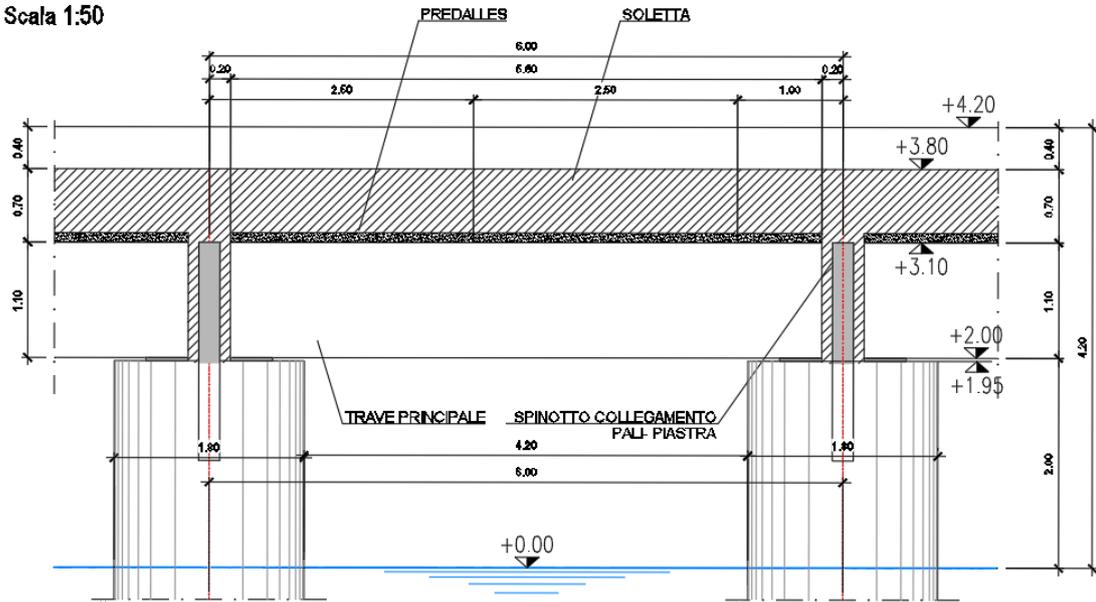


Figura 1.5 - Sezione tipica A-A

SEZIONE B-B IMPALCATO

Scala 1:50

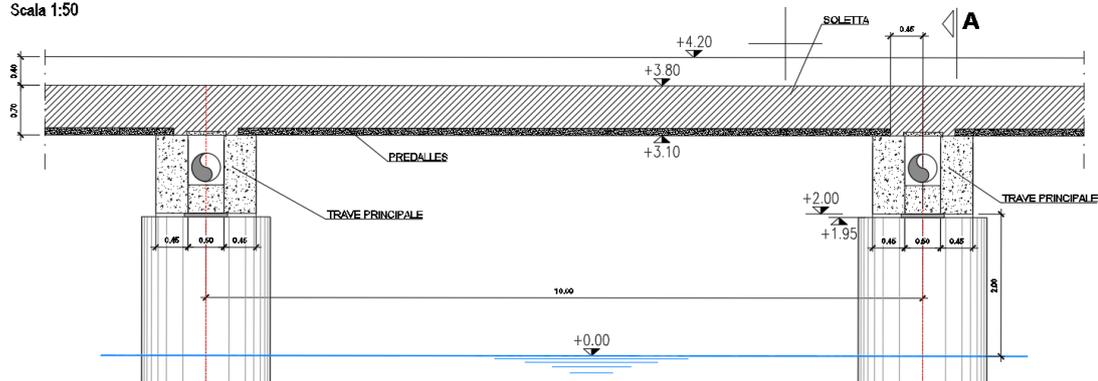


Figura 1.6 - Sezione tipica B-B

DETTAGLIO TRAVE DI BORDO SEZIONE C-C

Scala 1:50

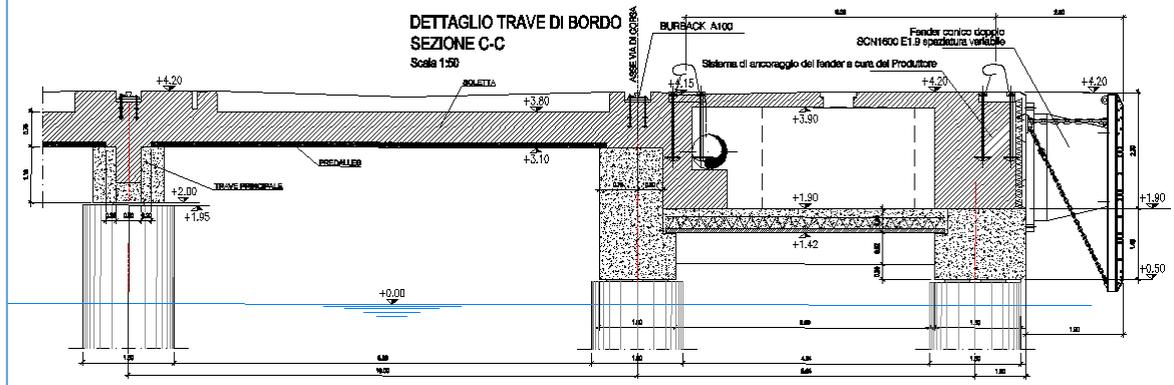


Figura 1.7 - Sezione tipica C-C

1.4 Contenuti della relazione illustrativa

La presente relazione illustrativa riguarda la *mooring analysis* per la nave da crociera di progetto e comprende anche le valutazioni relative al dimensionamento dei parabordi di protezione (*fender*) da prevedere lungo la nuova banchina.

La *mooring analysis* per la nave di crociera di progetto è basata sulle condizioni meteomarine e sulle caratteristiche geometriche della banchina e dell'imbarcazione.

L'intensità del vento di progetto per le nr. 8 direzioni principali considerate in questa analisi (settori direzionali di ampiezza 45°) è stata determinata eseguendo una analisi statistica sulla base di serie temporali di velocità del vento misurate in corrispondenza dell'aeroporto di Genova e reperite dalla banca dati NOAA.

La presente relazione illustra sinteticamente i seguenti argomenti:

- Indicazione sintetica dei dati di input e dei riferimenti bibliografici e normativi;
- Principi della *mooring analysis*;
- Definizione dell'input per la determinazione dell'energia di impatto e per la *mooring analysis*;
- Determinazione dell'energia di impatto della nave di progetto e dimensionamento dei fender di banchina;
- Descrizione del modello di calcolo implementato;
- *Mooring analysis* per l'orientamento della nave con prua rivolta verso la radice del molo (orientamento *port*), come da input del Cliente;
- Conclusioni.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Dati di input

[Rif. 1] F&M, Planimetria generale relativa all'area di intervento;

[Rif. 2] F&M, Sezioni tipologiche dell'opera;

[Rif. 3] F&M, Planimetria di progetto;

[Rif. 4] F&M, Batimetria di progetto;

[Rif. 5] ITEC Engineering, "Studio idraulico della sistemazione del tratto di sbocco del Rio Cantarena a Sestri Ponente a seguito del previsto ribaltamento a mare dell'area Fincantieri", 2020;

[Rif. 6] CETENA, Presentazione relativa ad "Attività modellistiche a supporto dello studio di fattibilità tecnico-economica del nuovo layout interno del bacino di Multedo", 2020;

[Rif. 7] F&M, Dati relativi alla geometria e caratteristiche principali della nave da crociera di progetto;

[Rif. 8] NOAA <https://gis.ncdc.noaa.gov/maps/ncei/cdo/hourly>, Dati relativi alle registrazioni relative al vento effettuate presso l'Aeroporto di Genova dal 1973 al 2019.

2.2 Riferimenti bibliografici e normativi

[Rif. 9] PIANC – WG24 - Criteria for movements of moored ships in harbours: a practical guide. Report of MarCom Working Group n. 24, 1995;

[Rif. 10] OCIMF, Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition, 2008;

[Rif. 11] PIANC - WG33 – Guidelines for the Design of fenders system, 2002;

[Rif. 12] BS 6349-4:2014, Maritime works – Part 4: Code of practice for design of fendering and mooring systems;

[Rif. 13] Flory J. F. et al., - Guidelines for Deepwater Port Single Point Mooring Design, U.S. Dept. of Transportation, U.S. Coast Guard Report No. CG-D-49-77, Washington, DC, 1977

<p>Progetto:</p> <p>Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di genova sestri ponente - P.2879 FASE 2</p>	<p>Livello progettazione:</p> <p>Progetto di Fattibilità Tecnico Economica</p>	<p>Elaborato:</p> <p>IDRAULICA E MARITTIMA</p> <p>2879-F2_GEN-Mp002_A.docx</p>
---	--	--

- [Rif. 14] Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime, 1996;
- [Rif. 15] OPTIMOOR Mooring Analysis Computer Program, Users Guide. Tension Technology International LLC, September 2012;
- [Rif. 16] PIANC – WG152 – Guidelines for cruise terminals, 2016.

3 PRINCIPI DELLA *MOORING ANALYSIS*

3.1 Aspetti generali

La presente relazione illustrativa descrive i calcoli eseguiti e le considerazioni in riferimento all'individuazione di un layout di ormeggio per la nave da crociera di progetto che sarà ospitata presso il molo Fincantieri oggetto di ampliamento.

La nave da crociera di progetto verrà realizzata presso il nuovo bacino di carenaggio da realizzare in ampliamento al bacino esistente a ponente rispetto al molo Fincantieri (per la localizzazione in pianta si rimanda alla Figura 1.3); una volta realizzata la carena la nave verrà varata e condotta presso il nuovo molo Fincantieri, dove rimarrà ormeggiata per l'intera durata del suo allestimento e completamento.

È stata stimata una durata dell'ormeggio della nave da crociera di progetto pari a 2 anni, tempo ritenuto ragionevolmente necessario per l'allestimento completo.

Ai fini del calcolo delle probabilità di *failure* (configurazione di ormeggio non verificata staticamente) viene quindi considerata pari a 12 mesi la durata attesa delle configurazioni di ormeggio.

Per quanto concerne il caricamento della nave si osserva che le navi da crociera trasportano piccoli carichi rispetto al loro peso, pertanto il loro pescaggio non subisce sensibili variazioni fra una condizione di pieno carico e una condizione di imbarcazione scarica. A valle di tale considerazione si ritiene accettabile considerare il pescaggio di progetto della nave (9.5m da input ricevuto e come descritto al par. §4.2) ai fini della determinazione dell'energia di attracco e della *mooring analysis*.

Le configurazioni di ormeggio di progetto considerate nella *mooring analysis* risultano condizionate dai seguenti vincoli geometrici imposti:

- Non è consentito prevedere un allungamento verso sud del molo Fincantieri oggetto di ampliamento per ragioni legate alle manovre dell'imbarcazione in entrata e uscita dal porto.
- Non è consentito predisporre punti di ormeggio fissi in mare (ad es. briccole di ormeggio) per ragioni legate alle manovre dell'imbarcazione in entrata e uscita dal porto.
- Non è consentito predisporre punti di ormeggio in corrispondenza dell'area destinata allo sbocco del Rio Cantarena.

Visti i vincoli geometrici di cui sopra, al fine di ancorare il natante si è previsto di disporre punti di ormeggio non solo lungo il molo di futura realizzazione, ma anche in corrispondenza delle strutture esistenti, in particolare alla radice del molo e in testata al molo esistente, strutture che si trovano al di fuori della zona oggetto di progettazione, evidenziate nella planimetria di Figura 3.1.

Si osserva che sulle strutture presenti in tali aree occorrerà predisporre gli idonei dispositivi di ormeggio con relativi ancoraggi e sarà necessario condurre una verifica statica delle stesse strutture, prevedendo gli opportuni rinforzi qualora tale verifica non risultasse soddisfatta.



Figura 3.1 - Individuazione delle aree non oggetto del PFTE e del tratto interessato dallo sbocco del Rio Cantarena

In base all'input ricevuto la nave da crociera di progetto sarà ormeggiata presso il molo Fincantieri unicamente nella configurazione che prevede la prua rivolta verso la radice del molo Fincantieri (orientamento *Port*), visibile in Figura 3.2.

Nei successivi paragrafi vengono dettagliati i layout di ormeggio nella configurazione di progetto.

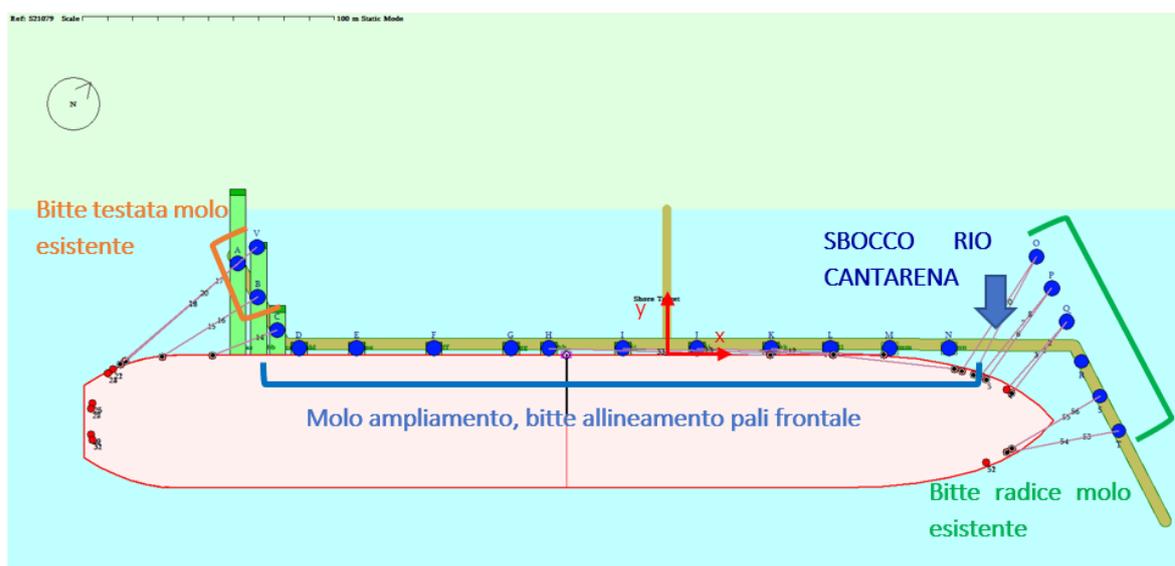


Figura 3.2 - Orientamento dell'imbarcazione con prua verso la radice del molo (*Port*)

3.2 Equipaggiamento per l'ormeggio

Il seguente equipaggiamento è previsto per l'ormeggio della nave da crociera di progetto:

- Nr. 12 Bitte sul molo di futura realizzazione in corrispondenza del fronte banchina (C÷N), con capacità pari a SWL=300ton per le bitte interessate dall'ormeggio della nave di progetto (C, H, I, J, K), e capacità potenzialmente inferiori per le altre purché compatibili con le tipologie di navi che si prevede ormeggeranno lungo la nuova banchina. Le bitte dell'allineamento frontale hanno spaziatura longitudinale variabile ca. 22.9m÷30.0m÷23.50m;
- Nr. 6 Bitte di capacità variabile aventi spaziatura circa pari a 15.0m (O÷T); si evidenzia che queste bitte andranno predisposte su una struttura che non è oggetto dell'attuale PFTE, in parte a nord dello sbocco del Rio Cantarena (O÷Q aventi SWL=300ton) e in parte nel molo a sud dello sbocco del Rio Cantarena (R÷ T aventi SWL=250ton);
- Nr. 3 Bitte SWL=300 ton sulla struttura esistente alla testata del molo Fincantieri aventi spaziatura circa pari a 15.0m (A, B, V); si evidenzia che queste bitte andranno predisposte su una struttura che non è oggetto dell'attuale PFTE.

Con riferimento al layout di Figura 3.3 le bitte con relative capacità e coordinate riferite allo *shore target* sono riepilogate in Tabella 3.1.

I *fender* sono previsti in corrispondenza delle bitte dell'allineamento pali frontale.

Ulteriori dettagli relativi al dimensionamento dei fender sono forniti al par. §4.3.

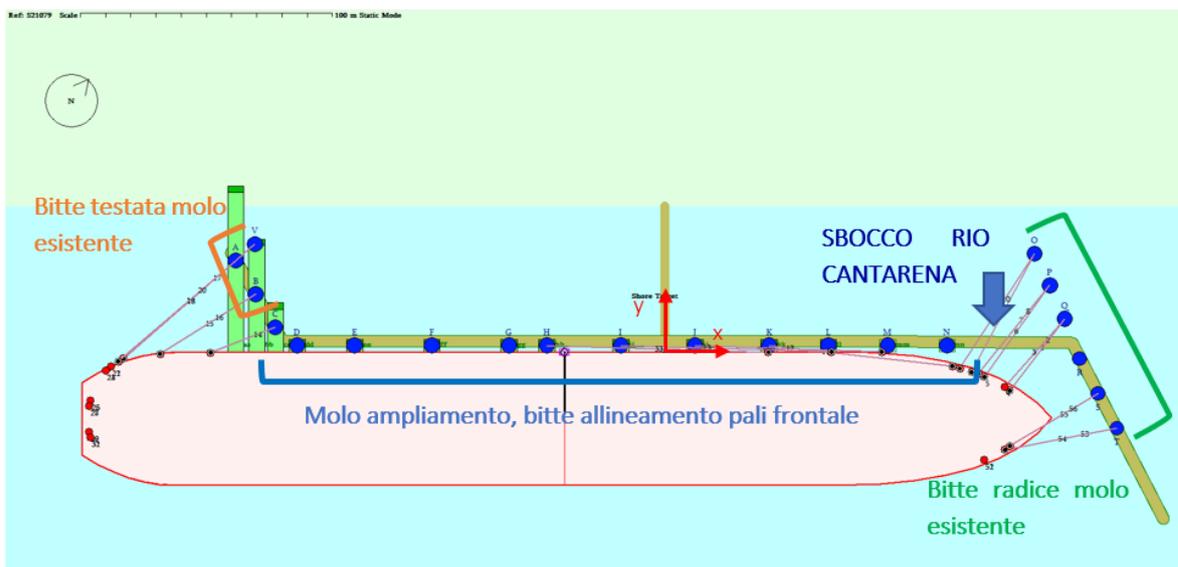


Figura 3.3 - Layout di bitte e fender

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova sestri ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA
2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

ID. RIF. Figura 3.3	DESCRIZIONE POSIZIONE	CAPACITÀ (TON)	Coordinata x ¹ (m)	Coordinata y ² (m)
A	Testata molo esistente	300	-170.5	34.5
B	Testata molo esistente	300	-162.6	21.8
C	Molo ampliamento, bitte allineamento pali frontale, lato testata molo esistente	300	-154.8	9.3
D	Molo ampliamento, bitte allineamento pali frontale	≤300*	-146.2	2.5
E	Molo ampliamento, bitte allineamento pali frontale	≤300*	-123.4	2.5
F	Molo ampliamento, bitte allineamento pali frontale	≤300*	-92.6	2.5
G	Molo ampliamento, bitte allineamento pali frontale	≤300*	-62.0	2.5
H	Molo ampliamento, bitte allineamento pali frontale	300	-47.0	2.5
I	Molo ampliamento, bitte allineamento pali frontale	300	-17.6	2.5
J	Molo ampliamento, bitte allineamento pali frontale	300	11.9	2.5
K	Molo ampliamento, bitte allineamento pali frontale	300	41.3	2.5
L	Molo ampliamento, bitte allineamento pali frontale	≤300*	64.9	2.5
M	Molo ampliamento, bitte allineamento pali frontale	≤300*	88.5	2.5
N	Molo ampliamento, bitte allineamento pali frontale	≤300*	112.0	2.5
O	Radice molo esistente lato Nord sbocco Rio Cantarena	300	146.7	37.0
P	Radice molo esistente lato Nord sbocco Rio Cantarena	300	152.8	25.1
Q	Radice molo esistente lato Nord sbocco Rio Cantarena	300	158.7	12.5
R	Radice molo esistente Radice molo esistente lato Sud sbocco Rio Cantarena	250	164.6	-2.5
S	Radice molo esistente Radice molo esistente lato Sud sbocco Rio Cantarena	250	172.0	-15.6
T	Radice molo esistente Radice molo esistente lato Sud sbocco Rio Cantarena	250	179.4	-28.6
V	Testata molo esistente	300	-162.9	40.6

Tabella 3.1 - Identificazione delle bitte previste a progetto

* ≤300ton purché compatibili con le tipologie di navi che si prevede ormeggeranno lungo la nuova banchina.

3.3 Modelli numerici

È stato esaminato l'orientamento dell'imbarcazione rispetto alla banchina oggetto di ampliamento che prevede la prua rivolta verso la radice del molo oggetto di ampliamento (orientamento *port*).

Per l'orientamento di input sono stati esaminati diversi layout per il sistema di ormeggio della nave di progetto, determinando la risposta del sistema e della stessa nave con l'ausilio del software di calcolo OPTIMOOR, sviluppato da Tension Technology International ed è stato possibile individuare un layout di ormeggio che consente l'ormeggio della nave in condizioni di sicurezza, sotto determinate ipotesi.

Il software OPTIMOOR consente la determinazione del tiro sulle bitte e delle reazioni dei fender previa definizione dei seguenti input:

- Velocità del vento e della corrente nelle diverse direzioni cardinali;
- Dimensioni e geometria della nave di progetto (inclusa la definizione della posizione delle cime di ormeggio etc.);
- Tipologia delle cime di ormeggio;
- Geometria e layout della banchina (incluse le caratteristiche di fender e bitte)

¹ Shore target in riferimento alla Figura 3.3

² Shore target in riferimento alla Figura 3.3

<p>Progetto:</p> <p>Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente - P.2879 FASE 2</p>	<p>Livello progettazione:</p> <p>Progetto di Fattibilità Tecnico Economica</p>	<p>Elaborato:</p> <p>IDRAULICA E MARITTIMA</p> <p>2879-F2_GEN-Mp002_A.docx</p>
---	--	--

Il software OPTIMOOR si basa sull'implementazione dei metodi e delle formule illustrati dalle Raccomandazioni OCIMF ([Rif. 10]) comunemente usate nell'industria dell'oil & gas, ma estendibili anche ad altre tipologie di navi aventi dimensioni e sagome simili, come concesso dalle British Standards BS 6349-4 ([Rif. 12]) §8.2. Una sintetica descrizione del software OPTIMOOR viene fornita nella Nota Tecnica dell'Appendice A.

I parametri di dettaglio implementati nel software e le scelte di progetto sono descritte nei paragrafi che seguono.

4 PARAMETRI DI INPUT

4.1 Condizioni meteomarine

Nei paragrafi che seguono sono illustrate le condizioni al contorno meteomarine per la *mooring analysis* e le considerazioni che hanno portato alla loro definizione.

4.1.1 Livelli di marea

In Figura 4.1 sono mostrati i livelli di marea registrati a partire dal 2010 a Genova dalla stazione di misura facente parte della Rete Mareografica Nazionale. Considerando che le azioni dimensionanti nell'ambito di una *mooring analysis* sono quelle dovute al vento, e dunque non necessariamente correlate a livelli del mare estremi, si considera sufficientemente cautelativo definire un livello di marea di +0.50m s.l.m. come condizione al contorno di progetto. Tale valore si riscontra in media poche volte all'anno e solamente nei mesi invernali.

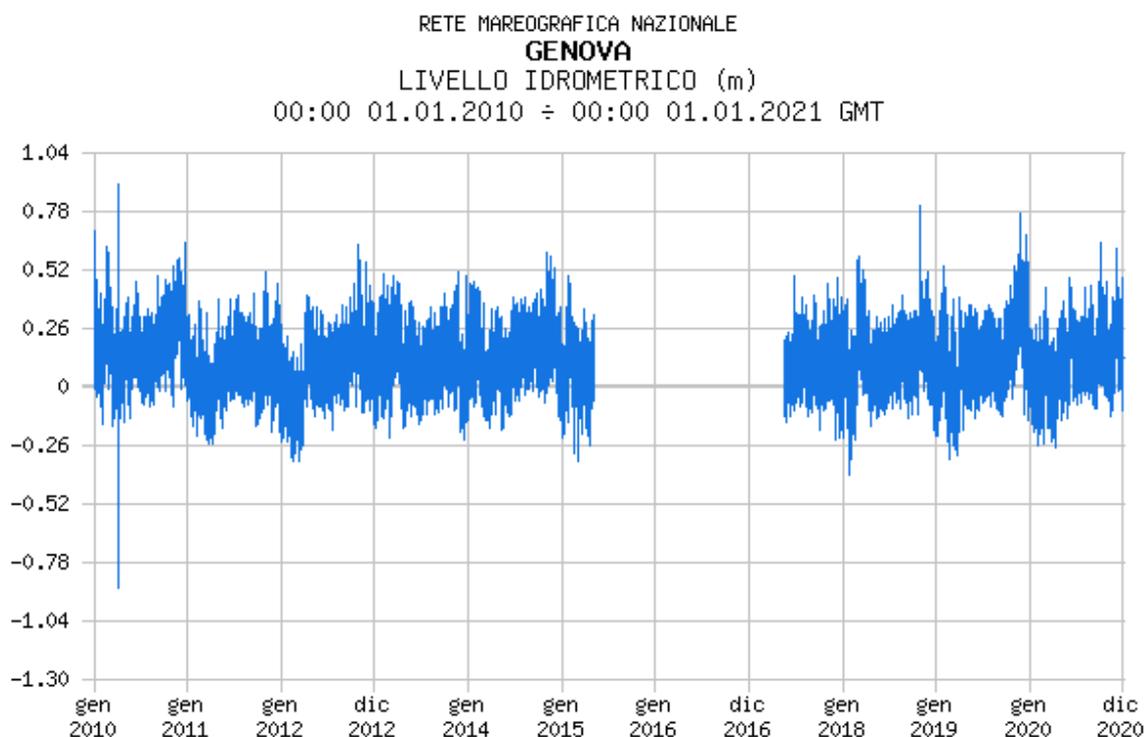


Figura 4.1 – Livelli di marea misurati storicamente nel porto di Genova

4.1.2 Vento

Per una nave da crociera con una ampia dimensione al di sopra della linea di galleggiamento l'azione del vento è sicuramente quella maggiormente dimensionante. Per definire le velocità del vento caratterizzata da determinati tempi di ritorno in funzione della direzione di provenienza (settori direzionali di ampiezza 45°), sono state innanzitutto reperite le serie temporali di misurazioni effettuate in corrispondenza dell'aeroporto di Genova negli anni 1973 – 2019 messe a disposizione dalla banca dati del NOAA (<https://gis.ncdc.noaa.gov/maps/ncei/cdo/hourly>).

Ai fini dell'analisi statistica dei dati misurati, le serie temporali sono state rielaborate secondo i passaggi seguenti:

- Eliminazione dei valori anomali (identificati come tali anche dal NOAA all'atto della catalogazione);
- Individuazione dei 47 valori massimi annuali per ognuno degli 8 settore direzionale di provenienza;

- Correzione dei valori misurati per riferirli ad una durata di 30s, corrispondente ad una raffica di durata sufficiente a sviluppare la risposta statica della nave ormeggiata. I dati di origine sono misurati con frequenza non costante nel corso dei 47 anni di osservazione, ma prevalentemente ad intervalli temporali di 30 min. Con riferimento alla Figura 4.2, tale correzione corrisponde all'applicazione di un fattore amplificativo pari a 1.31.
- Per ognuna delle 8 direzioni di provenienza significative, i massimi annuali sono interpolati con una distribuzione di Gumbel a 2 parametri del tipo:

$$F(x) = \exp(-\exp(-(x-u)/a))$$

in cui

$a = \text{parametro di scala} = 0.78 * \sigma$

$u = \mu - 0.45 * \sigma$

$\mu = \text{media dei 47 valori considerati}$

$\sigma = \text{scarto quadratico medio dei 47 valori considerati}$

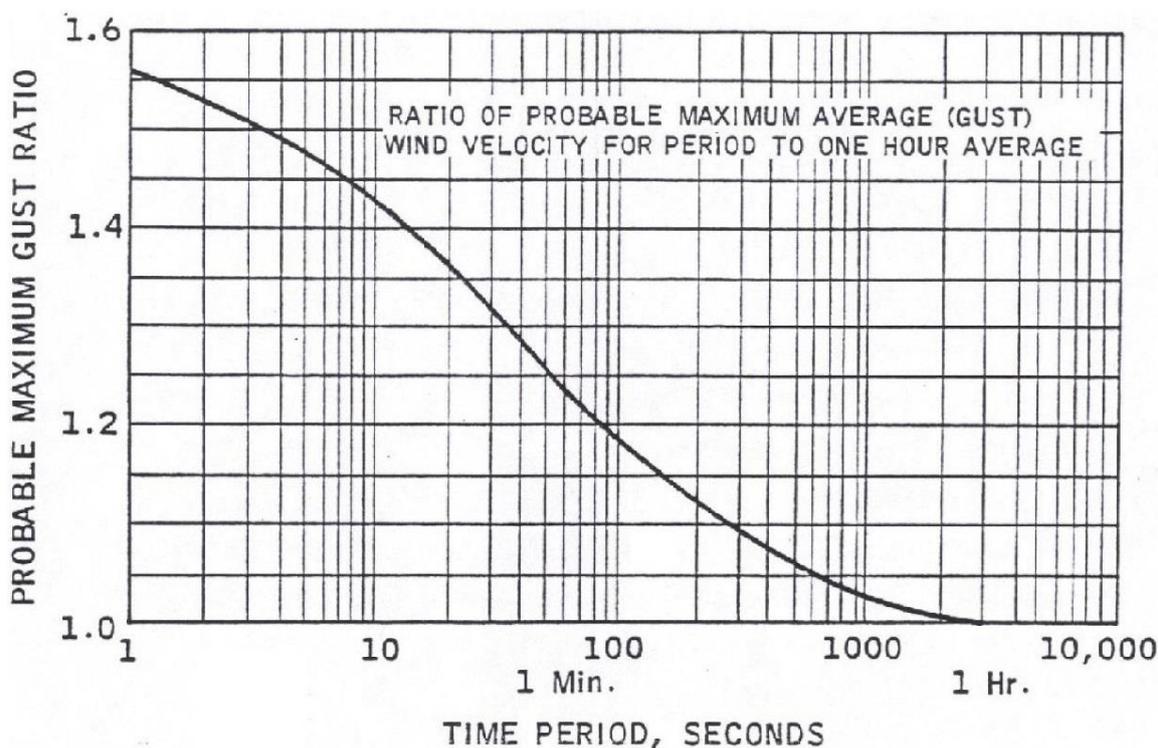


Figura 4.2 – Coefficiente di correzione per tenere conto della durata di riferimento di una certa velocità di vento (vedi [Rif. 13])

I risultati dell'analisi statistica relativi a valori del tempo di ritorno di 50, 20 e 10 anni sono riassunti in Tabella 4.1 (espressi in m/s e in nodi).

		N	N-E	E	S-E	S	S-O	O	N-O
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
Tr = 50 anni	(m/s)	37.3	48.7	32.1	35.6	24.7	26.4	21.5	28.5
	(nodi)	72.6	94.8	62.5	69.3	48.1	51.4	41.8	55.5
Tr = 20 anni	(m/s)	33.2	41.8	28.4	32.0	22.9	24.0	19.3	25.2
	(nodi)	64.6	81.3	55.3	62.3	44.6	46.7	37.6	49.0
Tr = 10 anni	(m/s)	30.0	36.5	25.5	29.3	21.5	22.2	17.7	22.6
	(nodi)	58.4	71.0	49.6	57.0	41.8	43.2	34.4	44.0

Tabella 4.1 – Valori di velocità del vento di progetto

4.1.3 Onde

Essendo la *mooring analysis* effettuata nell'ambito di un bacino portuale protetto, i campi d'onda che possono verificarsi sono quelli generati localmente lungo uno specchio d'acqua libero adiacente alla posizione di ormeggio. Ai fini di questa analisi sono quindi state considerate le tre direzioni S (180°), S-O (225°) ed O (270°) e sono state applicate le formule di Sverdrup-Munk-Bretschneider per la generazione di onde non limitate dal fondale. Si ritiene che i risultati ottenuti con questo metodo siano a favore di sicurezza, tenuto conto del fatto che i numerosi ostacoli presenti al contorno del bacino portuale di Multedo rendono il processo di generazione di un campo d'onde meno efficace rispetto ad una situazione di mare aperto. Un riepilogo dei valori di altezza d'onda significativa e di periodo significativo di progetto è presentato in Tabella 4.2

		S	S-O	O
		180°	225°	270°
Altezza d'onda significativa – Hs	(m)	0.37	0.55	0.64
Periodo significativo - Ts	(s)	1.96	2.43	2.75

Tabella 4.2 – Valori di altezza e periodo d'onda di progetto

4.1.4 Corrente

Si considera che la situazione più gravosa di corrente a cui può essere soggetta la nave di progetto sia costituita dalla condizione di massima portata da parte del rio Cantarena, la cui foce si trova alla radice del molo Fincantieri orientata verso Est. E' dunque ipotizzabile che una portata significativa alla foce generi una corrente diretta verso Nord-Est lungo la banchina a cui sarà ormeggiata la nave di progetto. Per le simulazioni in presenza di corrente, in assenza di uno studio idrodinamico più preciso, si è ipotizzata per tale corrente una velocità di 1 m/s.

4.2 Imbarcazione di progetto

Nei paragrafi che seguono sono descritte le caratteristiche della nave da crociera di progetto e delle cime di ormeggio.

4.2.1 Dimensioni e Caratteristiche dell'imbarcazione

In accordo all'input ricevuto dal Cliente, la nave da crociera di progetto per la quale è richiesta la *mooring analysis*, è un'imbarcazione le cui dimensioni superano quelle delle più grandi navi da crociera attualmente esistenti ed operative.

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

Non sono disponibili elaborati di *general arrangement* della nave di crociera di progetto, attualmente non ancora realizzata, di conseguenza pianta, prospetto e sezione trasversale sono state definite a partire dai dati disponibili online per navi simili e, in particolare per determinare la posizione dei passacavi lungo lo scafo, da fotografie di navi da crociera di dimensioni confrontabili a quella della nave di progetto (vedi Figura 4.3).



Figura 4.3 - Foto di navi da crociera di dimensioni simili alla nave di progetto (fonte: www.marinetraffic.com)

Nella seguente Tabella 4.3 sono riepilogate le caratteristiche principali della nave da crociera di progetto e delle navi da crociera attualmente esistenti prese come riferimento.

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di genova sestri ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

	Massima nave da crociera di progetto	Massima nave da crociera attualmente esistente
Tipologia di imbarcazione (e nome)	Nave da crociera	Nave da crociera (<i>Allure of the Seas/Oasis of the Seas</i>)
Lunghezza fuoritutto (LOA)	380.0 m	362.0 m
Lunghezza tra le perpendicolari (LBP)	323 m (*)	308.0 m
Larghezza (B)	50.0 m	47.0 m
Pescaggio (D)	9.5 m	9.3 m
Profondità (altezza del ponte principale rispetto alla chiglia)	31.8 m (*)	Non noto
Tonnellaggio di portata lorda (GRT)	Non noto	225,282 TON
Dislocamento (M _D)	150,000 TON	105,750 TON

Tabella 4.3 - Principali dimensioni della nave da crociera di progetto. I valori indicati con (*) sono stati estrapolati dai corrispondenti valori di imbarcazioni similari, tutti i restanti sono dati di input ricevuti dal Cliente

Ai fini della *mooring analysis* è stato quindi tracciato un *general arrangement plan* semplificato della nave da crociera di progetto, partendo da informazioni reperite per imbarcazioni simili, in particolare la *Allure of the Seas* e la *Oasis of the Seas*, ed effettuando proporzioni grafiche.

Sono poi stati definiti analogamente il prospetto longitudinale e una sezione trasversale della nave da crociera di progetto, da tali elaborazioni è stato possibile determinare la dimensione della superficie dell'imbarcazione esposta al vento, calcolata a partire dal ponte principale (OPTIMOOR determina automaticamente la superficie esposta al vento dal ponte principale alla chiglia) e la superficie esposta alla corrente, elaborata internamente da OPTIMOOR a partire da un database interno al software per navi di categoria "CRUISE SHIP IN SHALLOW WATER".

Il numero delle cime di ormeggio e la posizione dei passacavi, come descritto nel par. § 4.2.3, sono stati definiti a partire da immagini delle navi da crociera *Allure of the Seas*, *Oasis of the Seas* e altre navi da crociera attualmente esistenti, attraverso proporzioni grafiche.

I dati così determinati sono poi stati inseriti nel modello di calcolo.

Nelle seguenti figure sono visibili la pianta del ponte principale, il prospetto della nave da crociera di progetto e la sezione trasversale.

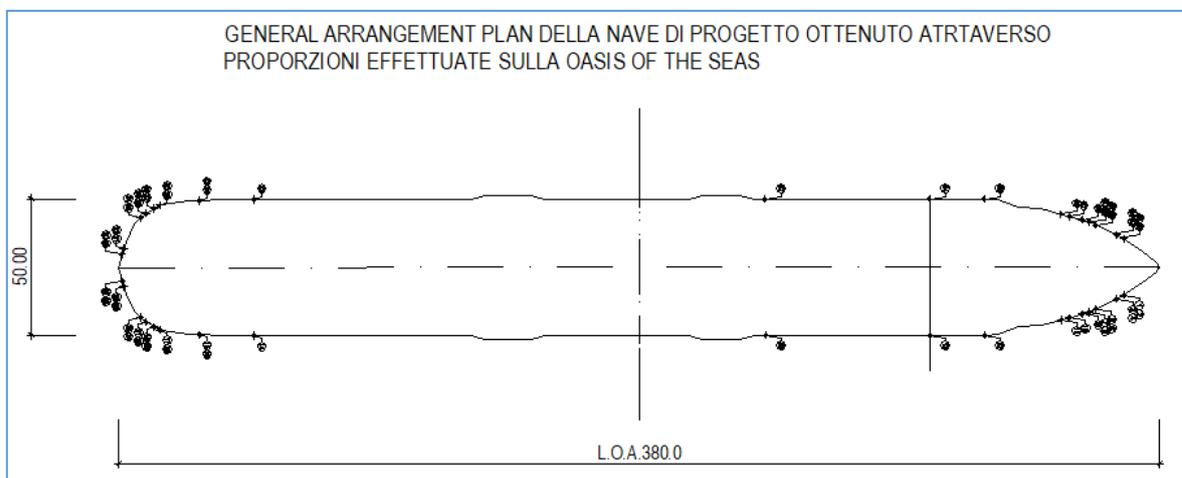


Figura 4.4 - General arrangement plan della nave da crociera di progetto

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di genova sestri ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA
2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

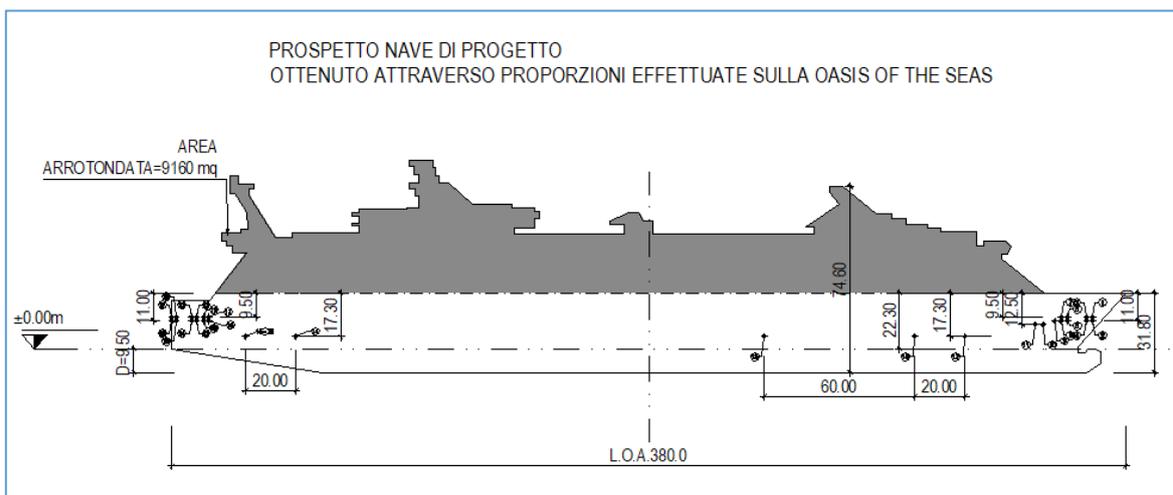


Figura 4.5 - Prospetto della nave da crociera di progetto

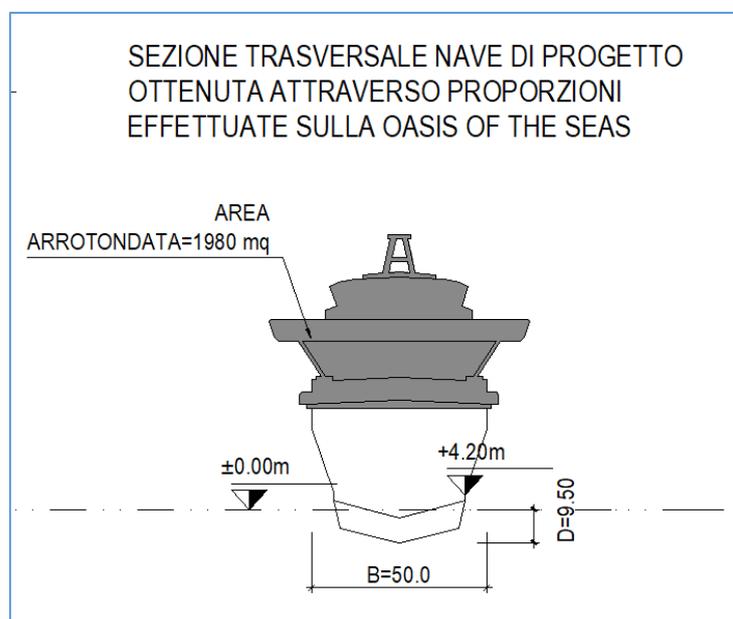


Figura 4.6 - Sezione trasversale della nave da crociera di progetto

	Nave da crociera di progetto	Superficie esposta al vento al di sopra del ponte principale (m ²)
Nave da crociera di progetto	Area laterale	9160.0
	Area frontale	1980.0
Massime navi da crociera attualmente esistenti Allure of the Seas/Oasis of the Seas	Area laterale	8677.0
	Area frontale	1844.0

Tabella 4.4 - Aree esposte al vento della nave da crociera di progetto e di imbarcazioni di dimensioni simili attualmente esistenti

Non sono note le dimensioni e le caratteristiche delle navi più piccole che potranno attraccare al nuovo molo Fincantieri.

Tali imbarcazioni determinano la spaziatura dei parabordi, che sulla base di quanto riportato nella norma BS 6349-4:2014 [Rif. 12] è correlabile alla loro lunghezza fuori tutto LOA (si veda Figura 4.7 estratta dal [Rif. 12]).

Nel caso in esame, si propone una spaziatura dei parabordi variabile lungo la banchina da un minimo di 22.9m a un massimo di circa 30.0m: l'imbarcazione minima accettabile per tali spaziature ha lunghezza fuoritutto compresa tra 150.0m=200.0m. Nel caso in cui fossero previste imbarcazioni più piccole occorrerebbe ridurre la spaziatura tra i fender.

Figure 3 Fender layout on a continuous quay

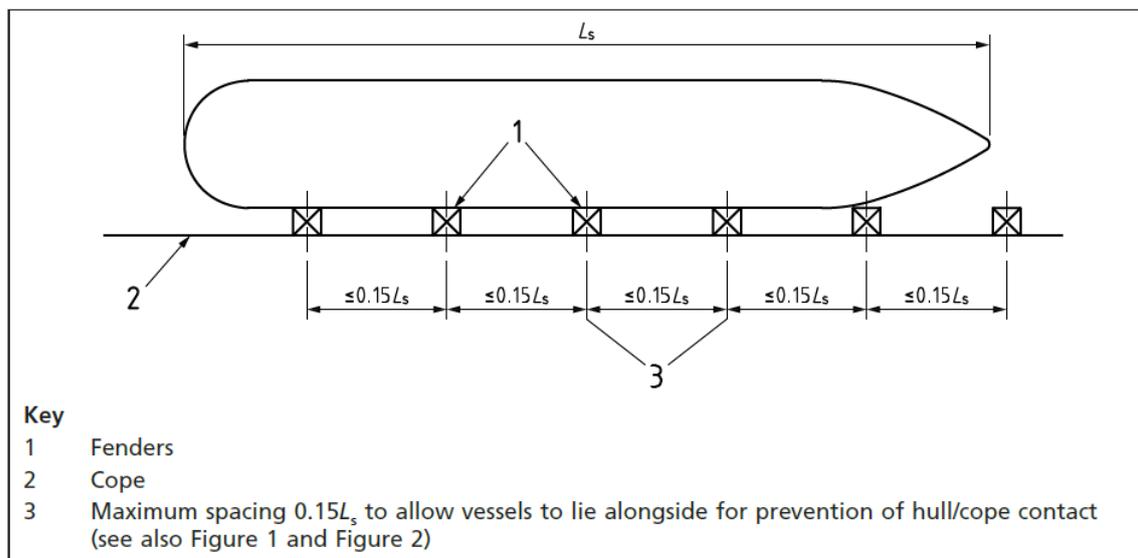


Figura 4.7 - Criteri per determinazione della spaziatura dei parabordi in banchine continue (da BS 6349-4:2014 [Rif. 12])

4.2.2 Controllo degli spostamenti durante l'ormeggio

In tutte le condizioni di ormeggio è necessario controllare l'entità degli spostamenti della nave da crociera di progetto.

Il Rapporto PIANC WG24 ([Rif. 9]) suggerisce per diverse tipologie di imbarcazione, in differenti situazioni (es. 100% efficienza, 50% efficienza, etc.), valori di spostamento limite compatibilmente all'operatività dell'imbarcazione, come riportato in Tabella 4.5. L'imbarcazione di progetto è una nave da crociera e tale tipologia non è riportata in tabella.

Data l'elevata stazza della nave, considerato che la nave sarà ormeggiata presso il nuovo molo Fincantieri per tutta la durata del suo allestimento, che non si prevede il carico e scarico di passeggeri presso la banchina in esame (operazione durante la quale è necessario che gli spostamenti siano contenuti), e tenuto conto che non sono stati ricevuti spostamenti limite ammissibili durante le operazioni di allestimento della nave, gli spostamenti che si ottengono dalle elaborazioni verranno confrontati con gli spostamenti limite indicati dalla Tabella 4.5 per i Container Vessels.

Ship Type	Cargo Handling Equipment	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Yaw (°)	Pitch (°)	Roll (°)
Fishing vessels	Elevator crane	0.15	0.15				
	Lift-on-lift-off	1.0	1.0	0.4	3	3	3
	suction pump	2.0	1.0				
Freighters, coasters	Ship's gear	1.0	1.2	0.6	1	1	2
	Quarry cranes	1.0	1.2	0.8	2	1	3
Ferries, Ro-Ro	Side ramp ²	0.6	0.6	0.6	1	1	2
	Dew/storm ramp	0.8	0.6	0.8	1	1	4
	linkspan	0.4	0.6	0.8	3	2	4
	Rail ramp	0.1	0.1	0.4	-	1	1
General cargo	-	2.0	1.5	1.0	3	2	5
Container vessels	100% efficiency	1.0	0.6	0.8	1	1	3
	50% efficiency	2.0	1.2	1.2	1.5	2	6
Bulk carriers	Cranes	2.0	1.0	1.0	2	2	6
	Elevator/ bucket-wheel	1.0	0.5	1.0	2	2	2
	Conveyor belt	5.0	2.5		3		
Oil tankers	Loading arms	3.0 ³	3.0				
Gas tankers	Loading arms	2.0	2.0		2	2	2

Remarks: ¹⁾ Motions refer to peak-peak values (except for sway: zero-peak).
²⁾ Ramps equipped with rollers.
³⁾ For exposed locations 5.0 m (regular loading arms allow large movements)

Table 1.2 - Recommended Motion Criteria for Safe Working Conditions.

Tabella 4.5 - Valori raccomandati per gli spostamenti (da PIANC WG24, [Rif. 9])

4.2.3 Cime di ormeggio

È stato definito per la nave da crociera di progetto un *general arrangement* come descritto al par. § 4.2.1 utilizzando informazioni e foto reperibili online per navi da crociera di dimensioni simili.

È stato ipotizzato che lungo le murate dell'imbarcazione siano presenti i passacavi (*fair leads*) per le cime di ormeggio spaziate circa 20.0 m l'una dall'altra. Tale assunzione dovrà essere confermata sulla base di un *general arrangement plan* ufficiale della nave di progetto. Si sottolinea che in funzione della rigidità e resistenza delle cime di ormeggio i risultati della *mooring analysis* possono cambiare considerevolmente.

Per tutte le cime dell'imbarcazione, in assenza di diverse informazioni, sono state considerate le seguenti cime di ormeggio:

- Cime di ormeggio in HMPE (High Modulus Polyethylene) di diametro pari a 80mm, con carico di rottura (MBL) pari a 438ton, di cui alla Tabella 4.6.

È stata considerata per tutte le cime una connessione lato nave di tipo manuale, senza pretensione.

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

New 821

TRECCIA DYNAPROTECT PLUS HMPE
DYNAPROTECT PLUS HMPE BRAID

Costruzione: treccia - calza 12 fusi senza anima.
Composizione: fibra 100% polietilene ad alto peso molecolare (HMPE), con impregnazione protettiva in resina uretanica grigia.
Caratteristiche: leggera, altissima tenacità, praticamente inestensibile, facilmente impalmabile.
Allungamento: da 0.4% a 0.5% con un carico di lavoro pari al 20% del carico di rottura.

Classe: galleggiante.
Colore: grigio (altri colori a richiesta).
Utilizzo e impiego: scotta, drizza e sartie da regata, caricabasso, ideale anche come cavo per gru, argani e verricelli per fuoristrada. In bobine da 1000/2000 mt. senza giunte per verricelli traino alianti.

Construction: braid - cover 12 plait; without core.
Composition: 100% high modulus polyethylene fibre (HMPE), with protective impregnation grey colour urethane resin.
Features: without core, very light, high tenacity, almost inextensible, easy to splice.
Elongation: from 0.4% to 0.5% at a working load of 20% of the breaking load.
Class: floating.
Colour: grey (other colours on request).
Applications: sheet, halyard and rigging for sailing race, boom vang, cable for boat's crane and motor vehicle winches, 1000/2000 mt coils without sealing for glider's towing winches.

grigio grey	diametro Ø mm diameter Ø mm	confezione mt packaging m	carico di rottura Kg MBL Kg	peso gr/mt weight gr/m
821003	3	200	9.15	5
821004	4	200	1.395	9
821005	5	200	2.445	15
821006	6	200	3.770	23
821008	8	200	6.625	40
821010	10	100	10.400	61
821012	12	100	14.985	87
821014	14	100	20.390	117
821016	16	100	26.510	151
821018	18	100	31.610	190
821020	20	100	38.745	230
821022	22	100	45.885	280
821024	24	100	53.025	330
821026	26	100	61.180	380
821028	28	100	69.340	450
821030	30	100	78.515	510
821032	32	100	88.715	580
821034	34	100	97.890	650
821036	36	100	106.050	720
821038	38	*	118.285	800
821040	40	*	128.480	890
821042	42	*	135.620	980
821044	44	*	148.875	1.070
821046	46	*	163.150	1.160
821048	48	*	173.350	1.260
821050	50	*	187.115	1.370
821052	52	*	200.880	1.480
821056	56	*	230.455	1.710
821060	60	*	257.985	1.950
821064	64	*	289.595	2.221
821068	68	*	323.250	2.480
821072	72	*	358.940	2.780
821076	76	*	396.664	3.080
821080	80	*	438.475	3.430
821084	84	*	484.365	3.820
821088	88	*	530.250	4.170
821096	96	*	630.180	4.960
821104	104	*	722.975	5.860

* altri diametri disponibili a richiesta / other diameters available on request.

I dati riportati in tabella sono puramente indicativi e non vincolanti. La PLAM si riserva il diritto di modificarli senza preavviso.
Technical information is for reference only. PLAM reserves the right to make modification without prior notice.

Tabella 4.6 - Cime di ormeggio in HMPE (scheda tecnica da catalogo Plam: fonte www.plam.it)

Sono state ipotizzate cime di ormeggio interamente in HMPE considerando l'elevata resistenza e tenacità di questo materiale e tenendo in considerazione che la nave rimarrà ormeggiata al nuovo molo Fincantieri per tutta la durata del suo allestimento.

Le curve carico-deformazione tratte dalle "OCIMF - Mooring Equipment Guidelines" ([Rif. 10]) e riportate in Figura 4.8 mostrano come la scelta di differenti tipologie di cime, per medesimi layout di ormeggio e medesime trazioni delle funi, comportino differenti spostamenti dell'imbarcazione rispetto a quelli che si ottengono con cime in HMPE.

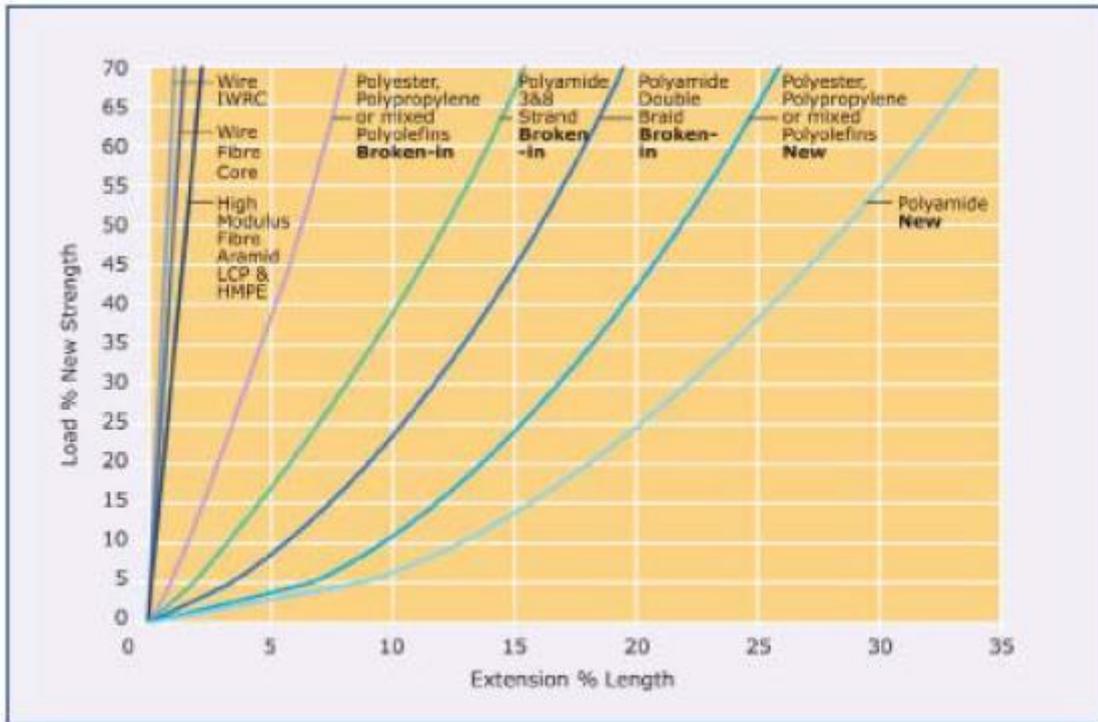


Figure 6.2: Load-Extension Characteristics

Wire and Fibre Ropes, New and Broken-In
(Reference 8 and 9)

Figura 4.8 - Curve Carico-Deformazione per diverse tipologie di cime (OCIMF [Rif. 10])

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova sestri ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx



Figura 4.9 - Foto di navi da crociera di dimensioni paragonabili alla nave di progetto considerate per la definizione delle posizioni delle cime di ormeggio a prua, poppa e lungo le murate

Progetto:
 Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di genova sestri ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:
 Progetto di Fattibilità Tecnico Economica

Elaborato:
 IDRAULICA E MARITTIMA
 2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

Con riferimento all'orientamento *Port* della nave, ovvero con la prua orientata verso la radice del molo, vengono riepilogate nella successiva tabella le inclinazioni nel piano verticale passante per esse, delle cime di ormeggio attivate nella configurazione di ormeggio proposta. Il centro dell'imbarcazione si trova ad una distanza di 40.0m dallo *shore target* in direzione dell'uscita dal bacino Multyedo; in tale configurazione la prua dista dalla radice del molo esistente circa 25.0m÷30.0m, distanza di sicurezza in grado di evitare collisioni/danneggiamenti al molo esistente e alla stessa nave.

Si segnala che la posizione altimetrica delle cime di ormeggio è stata ipotizzata e dovrà essere confermata, nelle successive fasi progettuali sulla base di un *general arrangement plan* ufficiale della nave di progetto.

Inclinazione rispetto alla verticale delle cime di ormeggio (°)														
Nave da crociera di progetto MD=150 000TON														
Posizionamento Cime di ormeggio:	1	2	3	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Prua	15°	13°	15°	10°	12°	10°	8°	6°						
Poppa														
Murata della nave									4°	1°	1°	0°	0°	0°
Posizionamento Cime di ormeggio:	17	18	19	20	33	53	54	55	56					
Prua						11°	9°	13°	11°					
Poppa	7°	6°	7°	6°										
Murata della nave					1°									

Tabella 4.7 - Inclinazione rispetto alla verticale delle cime di ormeggio della nave di progetto orientata in configurazione port

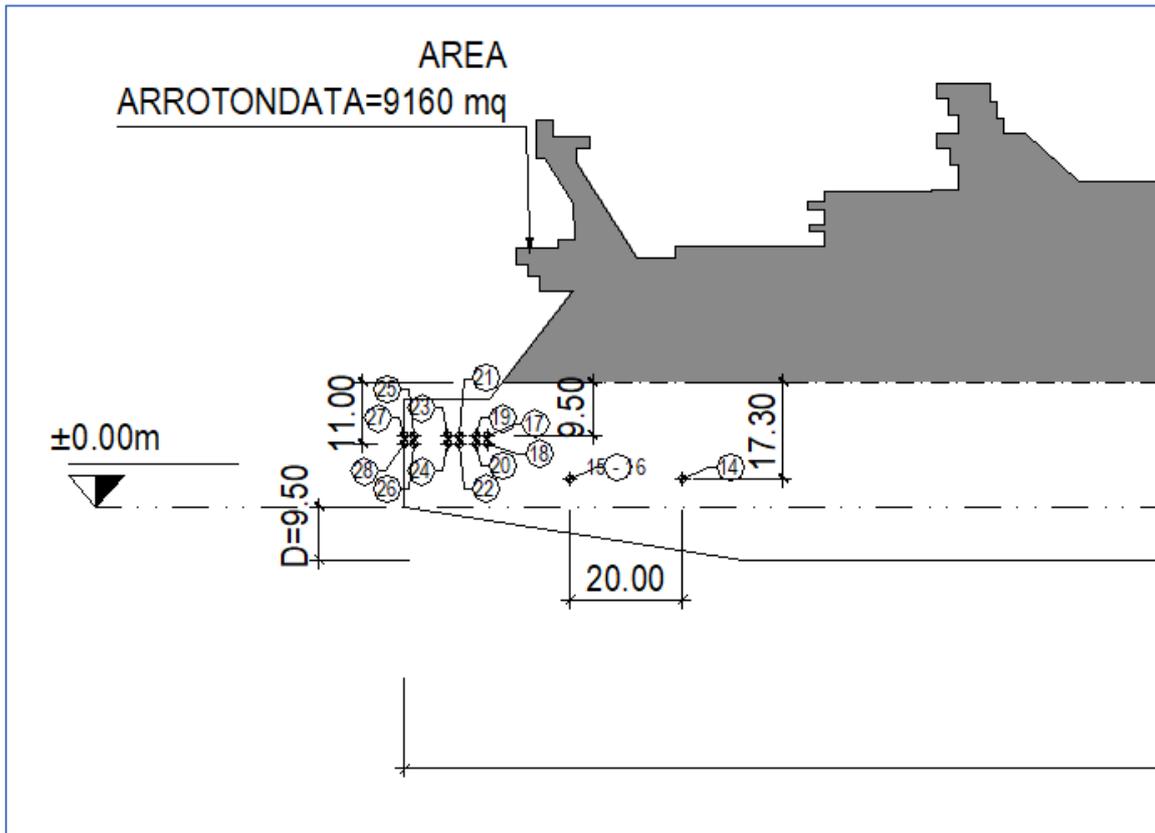


Figura 4.10 – Posizione dei passacavi per le cime di ormeggio a poppa e lungo la murata della nave

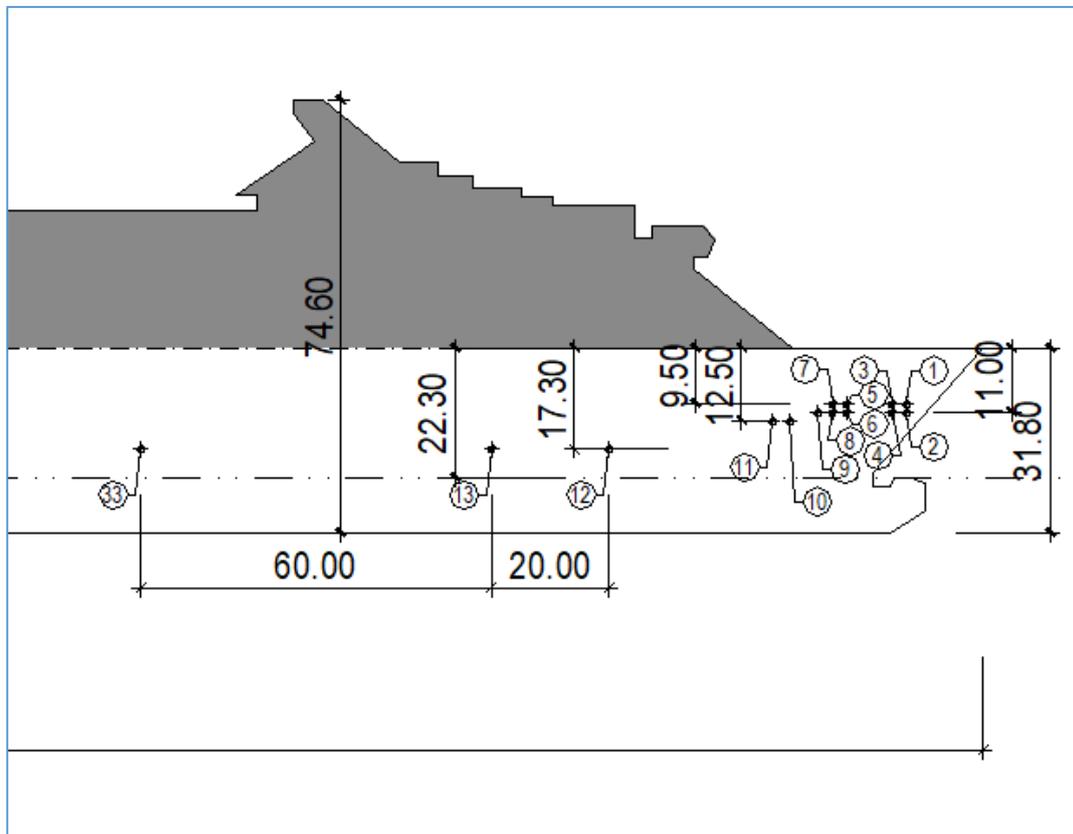


Figura 4.11 - Posizione dei passacavi per le cime di ormeggio a prua e lungo la murata della nave

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

4.3 Determinazione dell'energia di impatto dell'imbarcazione di progetto e scelta del parabordo

Sulla base delle dimensioni della nave da crociera di progetto riepilogate in Tabella 4.3, nelle successive tabelle è riportato il calcolo per la determinazione dell'energia di impatto contro i parabordi.

Sono state considerate le seguenti ipotesi:

- Ormeaggio laterale ovvero di tipo *side berthing* (**no end berthing**);
- Angolo di impatto sui parabordi pari a 5°;
- *Under keel clearance* (UKC) pari a 1.0m;
- Velocità di accosto pari a 150mm/s;
- Fattore di sicurezza per la determinazione dell'energia in condizioni estreme FS=2.0.

Si sottolinea la velocità di accosto ed il fattore di sicurezza per condizioni estreme sono stati assunti in assenza di indicazioni e rappresentano valori cautelativi.

Vessel details :

Vessel type	Vessel1
Ship type	Cruise Liners (Post Panamax)
Dimension by	Length of ship
DWT(t)	-
Displacement(t)	150000 *
Length of ship(m)	380 *
Length between perpendiculars(m)	323 *
Beam(m)	50 *
Laden draft(m)	9.5 *
Block coefficient (C _B)	0.954
Free board(m)	22.3 *

Berthing scenario :

Approach	Side berthing
Type of structure	Open structure
Berthing angle(°)	5
Distance from bow to point of impact(%)	25
Under keel clearance(m)	1
Added mass calculation method	Pienc
Added mass coefficient	1.80
Eccentricity coefficient	0.62
Berth configuration coefficient	1
Softness factor	1
Radius of gyration(K)	94.08
Impact of center of mass(R)	84.53

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di genova sestri ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

Speed :

Berthing condition	Difficult berthing sheltered
Berthing velocity(m/s)	0.15
Normal energy (E_n)(kNm)	1883.25
Safety factor	2
Abnormal energy (E_a)(kNm)	3766.50

L'energia di impatto della nave da crociera di progetto è pari a circa **3770.0kNm**.

È stato individuato come parabordo idoneo ad assorbire l'energia di impatto dell'imbarcazione un **fender doppio conico tipo Trelleborg SCN1600 E1.9 o equivalente**:

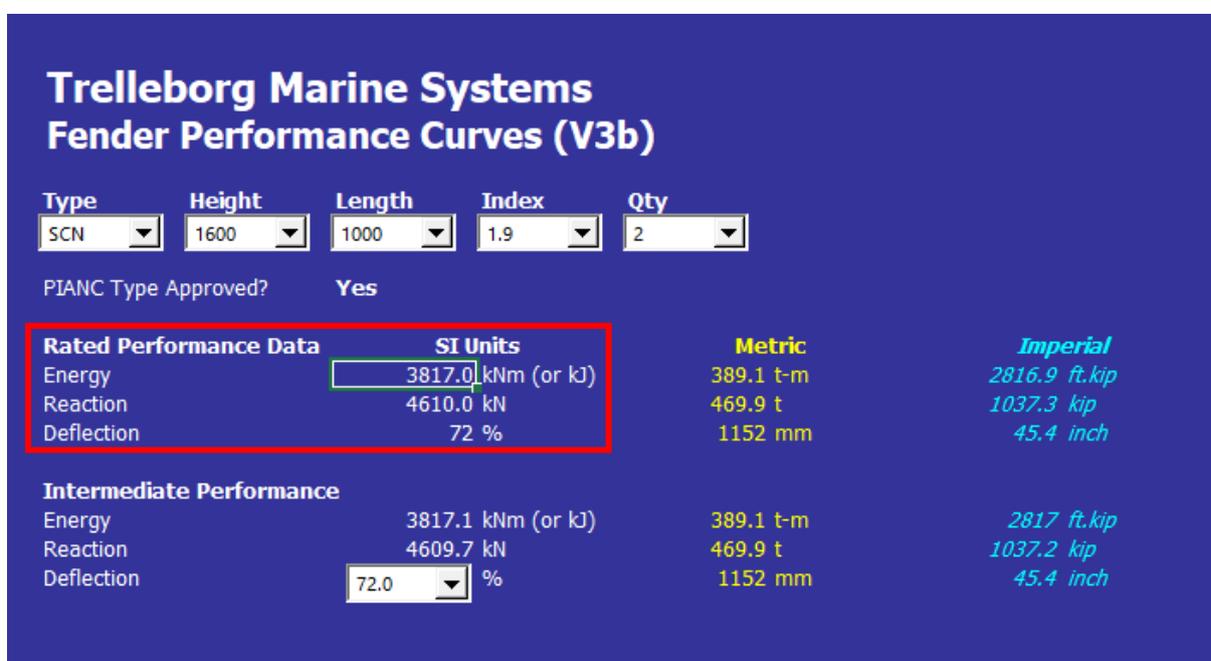


Tabella 4.8 - Energia di impatto assorbita dal fender proposto e relativa reazione di calcolo

La reazione di calcolo in condizioni di ormeggio estremo risulta pari a:

R=4610.0kN.

Nella successiva figura è riportata la curva di performance del doppio fender conico SCN1600 E1.9:



2 Pcs : SCN1600(E1.9)

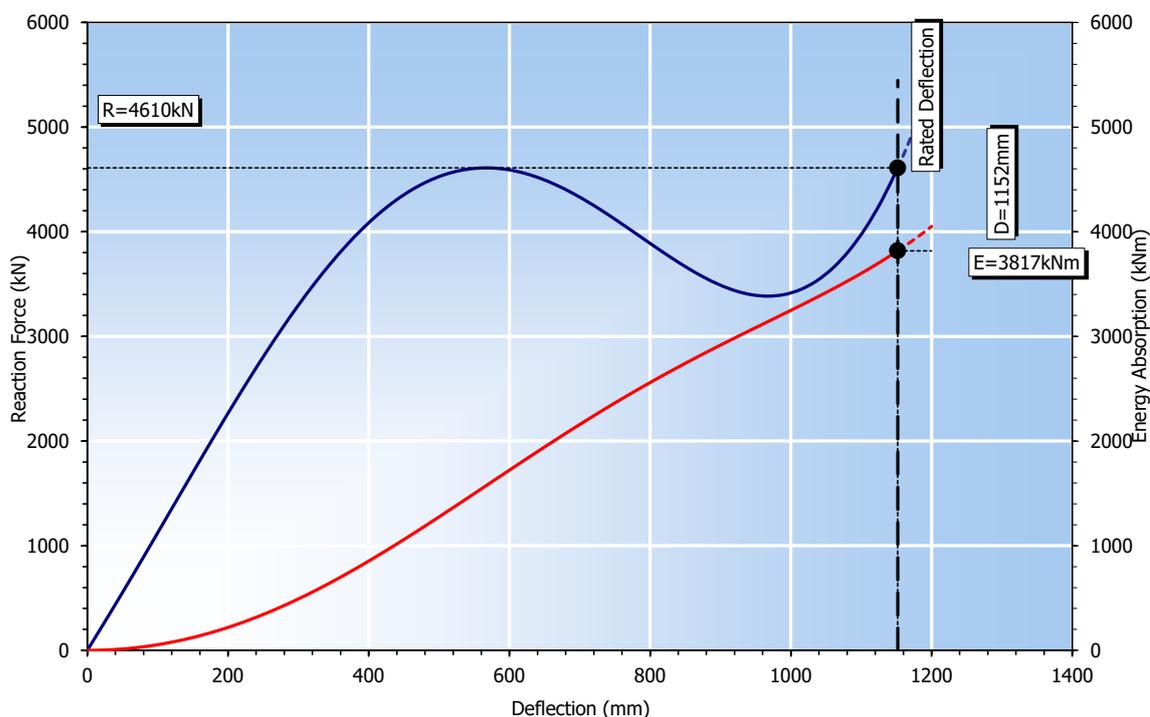


Figura 4.12 - Curva di performance del fender conico proposto

Si considera cautelativamente un incremento del 10% della reazione di calcolo per tenere in conto la tolleranza di fabbricazione ed altri fattori che possono influenzare la risposta del parabordo (temperatura, compressione angolare).

$$R_{Ed} = 4610.0 \times 1.1 = 5071.0 \text{ kN}$$

La componente orizzontale viene determinata considerando un coefficiente di attrito tra pannello in UHMWPE e carena in acciaio pari a 0.25:

$$H_{Ed} = 0.25 \times 5071.0 = 1270.0 \text{ kN}$$

R_{Ed} e H_{Ed} sono le azioni di progetto da considerare per il dimensionamento strutturale della banchina.

La spaziatura dei fender (doppio cono SCN1600 E1.9) è variabile lungo la banchina:

- 30.6m ÷ 22.9m nella porzione di molo con pali spazati 7.65m,
- 29.4m ÷ 23.5m nella porzione di molo con pali spazati 5.90m.

Nella successiva tabella sono evidenziate nei riquadri blu le caratteristiche geometriche del fender conico di progetto:

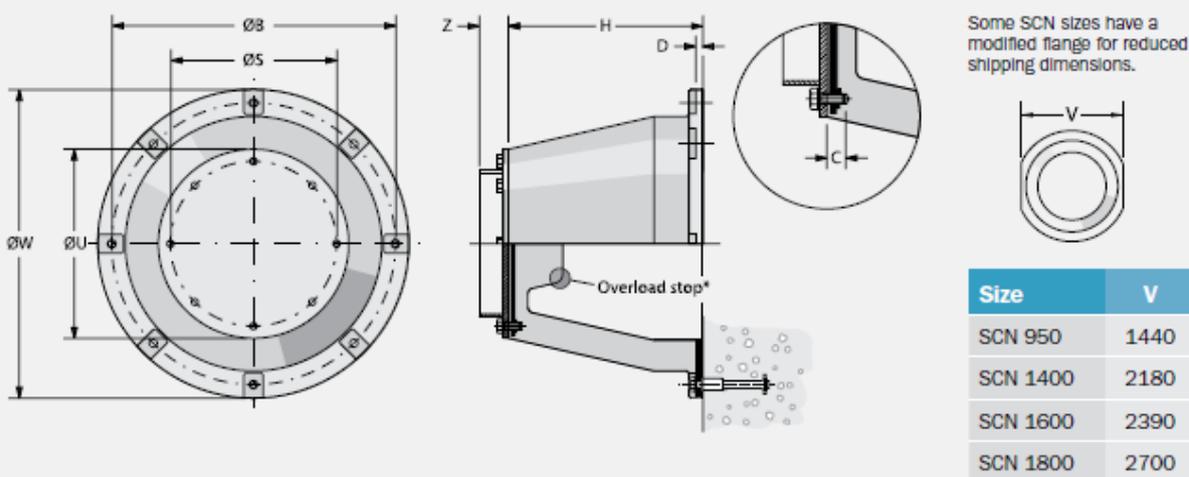
SUPER CONE FENDERS

Dimensions

	H	ØW	ØU	C	D	ØB	ØS	Anchors/ Head bolts ^	Z _{min}	Weight
SCN 300	300	500	295	27 – 37	20 – 25	440	255	4 × M20	45	40
SCN 350	350	570	330	27 – 37	20 – 25	510	275	4 × M20	52	50
SCN 400	400	650	390	30 – 40	20 – 28	585	340	4 × M24	60	76
SCN 500	500	800	490	32 – 42	30 – 38	730	425	4 × M24	75	160
SCN 550	550	880	540	32 – 42	30 – 38	790	470	4 × M24	82	210
SCN 600	600	960	590	40 – 52	35 – 42	875	515	4 × M30	90	270
SCN 700	700	1120	685	40 – 52	35 – 42	1020	600	4 × M30	105	411
SCN 800	800	1280	785	40 – 52	35 – 42	1165	685	6 × M30	120	606
SCN 860	860	1376	845	40 – 52	35 – 42	1250	735	6 × M30	130	750
SCN 900	900	1440	885	40 – 52	35 – 42	1313	770	6 × M30	135	841
SCN 950	950	1520	930	40 – 52	40 – 50	1390	815	6 × M30	142	980
SCN 1000	1000	1600	980	50 – 65	40 – 50	1460	855	6 × M36	150	1125
SCN 1050	1050	1680	1030	50 – 65	45 – 55	1530	900	6 × M36	157	1360
SCN 1100	1100	1760	1080	50 – 65	50 – 58	1605	940	8 × M36	165	1567
SCN 1200	1200	1920	1175	57 – 80	50 – 58	1750	1025	8 × M42	180	2028
SCN 1300	1300	2080	1275	65 – 90	50 – 58	1900	1100	8 × M48	195	2455
SCN 1400	1400	2240	1370	65 – 90	60 – 70	2040	1195	8 × M48	210	3105
SCN 1600	1600	2560	1570	65 – 90	70 – 80	2335	1365	8 × M48	240	4645
SCN 1800	1800	2880	1765	75 – 100	70 – 80	2625	1540	10 × M56	270	6618
SCN 2000	2000	3200	1955	80 – 105	90 – 105	2920	1710	10 × M56	300	9560
SCN 2250	2250	3600	2205	100 – 120	100 – 110	3285	1930	12 × M76	335	13,500
SCN 2500	2500	4000	2450	120 – 150	100 – 120	3650	2150	12 × M76	375	18,500

^ Fender anchors / head bolts indicated are based on fenders RDP performance using a particular grade of steel. Please contact Trelleborg Marine Systems' local office for precise size, material and type for different grades of fenders pertaining to the project requirements.

[Units: mm, kg]



* Contact Trelleborg Marine Systems' local offices

[Units: mm]

Tabella 4.9 - Caratteristiche geometriche di fender conici (da <https://www.trelleborg.com/>)

4.4 Equipaggiamento per l'ormeggio

4.4.1 Bitte

Con riferimento a quanto anticipato al par. § 3.2 e al layout di ormeggio proposto, le bitte previste sono:

- Nr. 12 Bitte sul molo di futura realizzazione in corrispondenza del fronte banchina (**C÷N**), con capacità pari a SWL=300ton per le bitte interessate dall'ormeggio (**C, H, I, J, K**), e capacità inferiori per quelle non impiegate nel layout, purché compatibili con le tipologie di navi che si prevede ormeggeranno lungo la nuova banchina. Le bitte dell'allineamento frontale hanno spaziatura longitudinale variabile ca. 22.9m÷30.0m÷23.50m;
- Nr. 6 Bitte di capacità variabile aventi spaziatura circa pari a 15.0m (**O÷T**); si evidenzia che queste bitte andranno predisposte su una struttura che non è oggetto dell'attuale PFTE, in parte a Nord dello sbocco del Rio Cantarena (**O÷Q** SWL=300ton) e in parte nel molo a sud dello sbocco del Rio Cantarena (**R÷T** SWL=250ton);
- Nr. 3 Bitte SWL=300ton sulla struttura esistente alla testata del molo Fincantieri aventi spaziatura circa pari a 15.0m (**A, B, V**); si evidenzia che queste bitte andranno predisposte su una struttura che non è oggetto dell'attuale PFTE.

Si ipotizza che la testata delle bitte (punto in cui si esercita la reazione delle cime di ormeggio) abbia un'altezza rispetto al piano finito della banchina (posto alla +4.2m MSL) di 0.5m.

La distanza tra l'asse delle bitte poste sull'allineamento frontale e il fuoritutto del pannello del parabordo lato mare misura circa 2.5m.

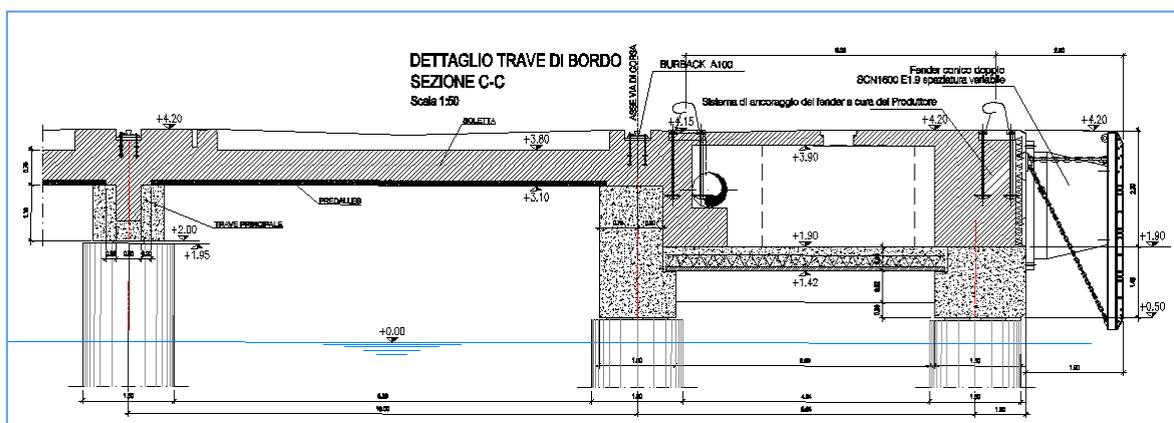


Figura 4.13 - Sezione tipica C-C

4.4.2 Fender

Con riferimento a quanto anticipato al par. § 3.2 e descritto al par. §4.3, i parabordi previsti sono:

- Nr. 12 fender con doppio cono SCN1600 E1.9, identificati con le lettere **cc÷nn**, previsti sull'allineamento frontale del molo Fincantieri in corrispondenza delle relative bitte, con spaziatura longitudinale variabile 22.9m÷30.0m÷17.6m;
- In corrispondenza della testata del molo esistente e della radice del molo esistente lato sud dallo sbocco del Rio Cantarena non è previsto l'impatto con l'imbarcazione, tuttavia si suggerisce di mettere in opera lo stesso fender doppio conico SCN160 E1.9 in corrispondenza di ognuna delle bitte predisposte (A, B, R, S, T).

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx



Figura 4.14 - Esempio di fender conici installati su trave di coronamento di banchina

5 MOORING ANALYSIS

5.1 Considerazioni sulla rosa dei venti di progetto

Nella presente sezione vengono illustrati i risultati della *mooring analysis* effettuata per la nave da crociera di progetto ormeggiata presso il nuovo molo Fincantieri in configurazione *Port*, con la prua rivolta verso la radice del molo esistente.

I valori di progetto della velocità del vento sono definiti nel par. §4.1.2, e sono stati ottenuti eseguendo una analisi statistica sulla base di serie temporali di velocità del vento misurate in corrispondenza dell'aeroporto di Genova e reperite dalla banca dati NOAA. Nella successiva Figura 5.1 sono visibili le rose dei venti di progetto ottenute dalle elaborazioni statistiche per vari tempi di ritorno.

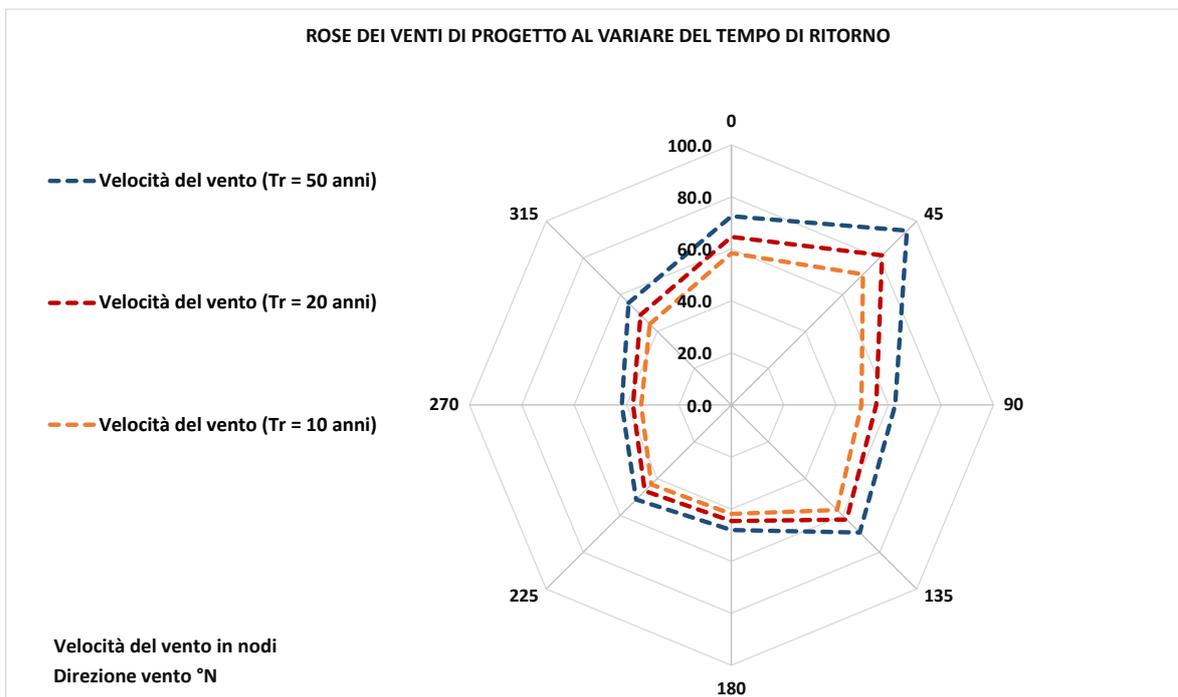


Figura 5.1 - Rose dei venti di progetto al variare del tempo di ritorno

Come evidenziato dai risultati delle simulazioni descritte nel seguito, la *mooring analysis* risulta verificata considerando per la velocità del vento un tempo di ritorno di 10 anni, che, riferita a 2 anni di durata attesa dell'ormeggio dell'imbarcazione (tempo stimato necessario per il suo allestimento), corrisponde ad una probabilità di *failure* (configurazione di ormeggio non verificata staticamente) del 18%. Tale risultato deriva dall'applicazione del criterio descritto in [Rif. 14]:

$$Tr = Tv / [-\ln (1-Pf)]$$

dove Tr è il tempo di ritorno delle azioni di progetto, Tv il tempo di vita dell'opera e Pf la probabilità di *failure*. Se la durata dell'ormeggio si riducesse ad 1 anno, in base al medesimo criterio la probabilità di *failure* si ridurrebbe al 10%.

5.2 Considerazioni sulle strutture di banchina

La nave da crociera di progetto per la quale è stata effettuata la *mooring analysis* ha una lunghezza fuori tutto che eccede considerevolmente lo sviluppo del nuovo molo Fincantieri.

Tale situazione non consente una configurazione di ormeggio tradizionale come quella riportata a titolo esemplificativo nella seguente Figura 5.2 (tratta dalla normativa BS EN 6349-4:2014):

Figure 11 Typical mooring pattern for continuous quay

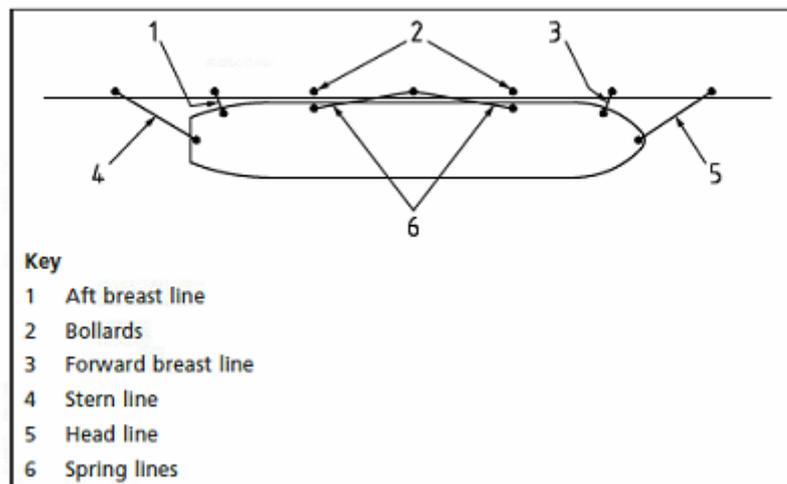


Figura 5.2 - Configurazione di ormeggio ideale su banchina continua (da BS EN 6349-4:2014 [Rif. 12])

Come già anticipato al par. 3.1, le configurazioni di ormeggio di progetto considerate nella *mooring analysis* risultano condizionate dai seguenti vincoli:

- Non è consentito prevedere un allungamento del molo di futura realizzazione per evidenti ragioni legate alle manovre dell'imbarcazione in entrata e uscita dal porto.
- Non è possibile predisporre punti di ormeggio puntuali e fissi in mare per evidenti ragioni legate alle manovre dell'imbarcazione in entrata e uscita dal porto.
- Non è consentito predisporre punti di ormeggio in corrispondenza dell'area destinata allo sbocco del Rio Cantarena.

Visti i vincoli geometrici di cui sopra sono stati previsti punti di ormeggio sul molo oggetto di ampliamento, e sulle strutture esistenti alla radice del molo e in testata al molo esistente, che si trovano al di fuori della zona oggetto di progettazione.

5.3 Considerazioni sui criteri di rottura delle cime

Per quanto riguarda le limitazioni alla capacità delle cime, si considera pari al 75% la massima tensione ammessa per le cime di ormeggio in HMPE, come indicato dal doc. PIANC – WG24 - Criteria for movements of moored ships in harbours (vedi [Rif. 9]) nella sezione 2.5.

Con riferimento alle bitte si considera come carico massimo quello corrispondente al SWL – *safe working load*. Per le bitte interessate dal layout di ormeggio le capacità sono le seguenti:

- Bitte sul nuovo molo Fincantieri **C, H, I, J, K SWL=300ton;**
- Bitte sulla struttura esistente alla radice del molo **O, P, Q SWL=300ton, S, T=250ton;**
- Bitte sulla struttura esistente alla testata del molo **A, B, V SWL=300ton**

Le restanti bitte non direttamente interessate dal layout di ormeggio proposto possono avere capacità inferiori alle 300ton, purché compatibili con le tipologie di navi che si prevede ormeggeranno lungo la nuova banchina.

5.4 Verifiche dell'ormeggio per la nave di progetto

Per la nave da crociera di progetto viene definito il layout di ormeggio con le seguenti condizioni:

- Livello del medio mare +0.0m MSL;
- Livello massimo di alta marea +0.5m MSL;
- Nave da crociera con pescaggio di progetto pari a 9.5m;
- Orientamento della nave con prua rivolta verso la radice del molo (condizione *port*);
- Presenza/assenza di corrente pari a 1m/s=1.94nodi diretta in direzione Sud-Ovest (inclinazione rispetto al Nord pari a 225°);
- Nr. 4 cime di ormeggio da poppa (ID. 17÷20);
- Nr. 3 cime di ormeggio lungo la murata in prossimità della poppa (ID. 14, 15,16);
- Nr. 4 cime di ormeggio lungo la murata in prossimità della prua (ID. 11, 12, 13, 33);
- Nr. 10 cime di ormeggio a prua (ID. 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 53÷56);

Complessivamente il layout di ormeggio proposto prevede l'impiego di **21 cime di ormeggio** (si veda Figura 5.3).

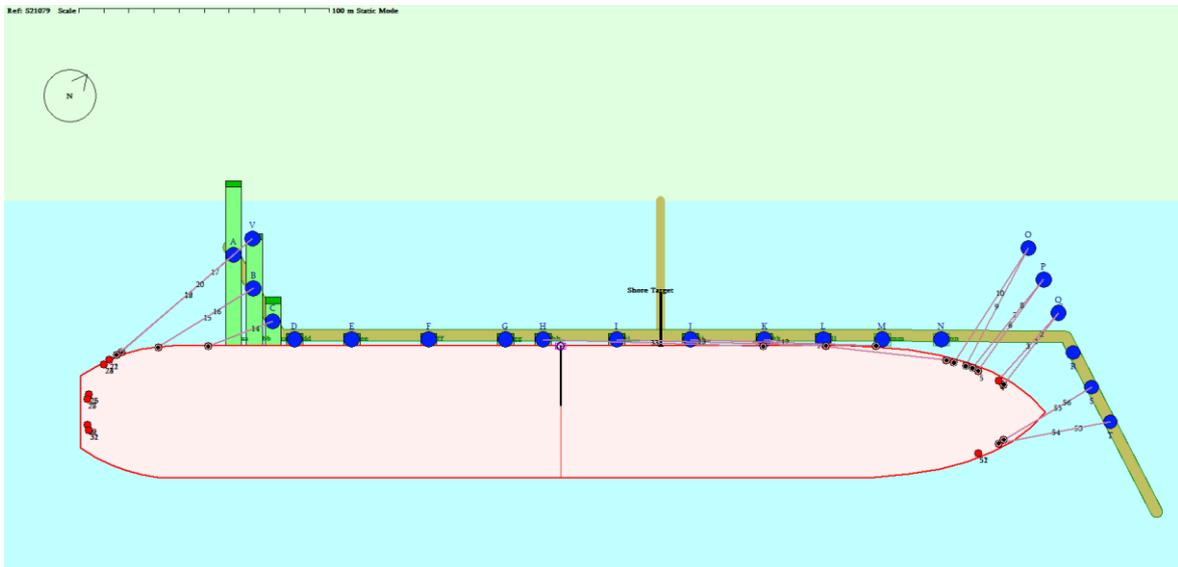


Figura 5.3 - Layout di ormeggio della nave da crociera di progetto

In queste condizioni viene effettuata la *mooring analysis*.

L'output principale dell'analisi consiste nella visualizzazione di rose dei venti limite: per ogni direzione del vento ($0^\circ \div 360^\circ$) viene individuata la velocità del vento a cui corrisponde il raggiungimento della capacità massima delle bitte e/o delle cime di ormeggio, sulla base dei criteri descritti al par. §5.3.

Nel medesimo grafico sono riportate le rose dei venti di progetto al variare del tempo di ritorno, dal confronto tra le curve emerge che il layout di ormeggio proposto risulta:

- **verificato** per velocità del vento determinate su tempi di ritorno pari a $T_R=10$ anni, ai quali corrisponde una probabilità di *failure* del **10%**;
- **non verificato per venti nel quadrante N-E** per venti di progetto corrispondenti a $T_R=50$ anni ai quali corrisponde una probabilità di *failure* del **2%**;
- **non verificato per venti nel quadrante N-E** per venti di progetto corrispondenti a $T_R=20$ anni ai quali corrisponde una probabilità di *failure* del **5%**.

Le onde generate dal vento così come la corrente vengono aggiunti alle azioni del vento sulla nave e verificate puntualmente, con i risultati presentati in forma tabellare (Tabella 5.2) e grafica (da Figura 5.6 a Figura 5.13), unitamente agli spostamenti dell'imbarcazione nelle varie direzioni principali.

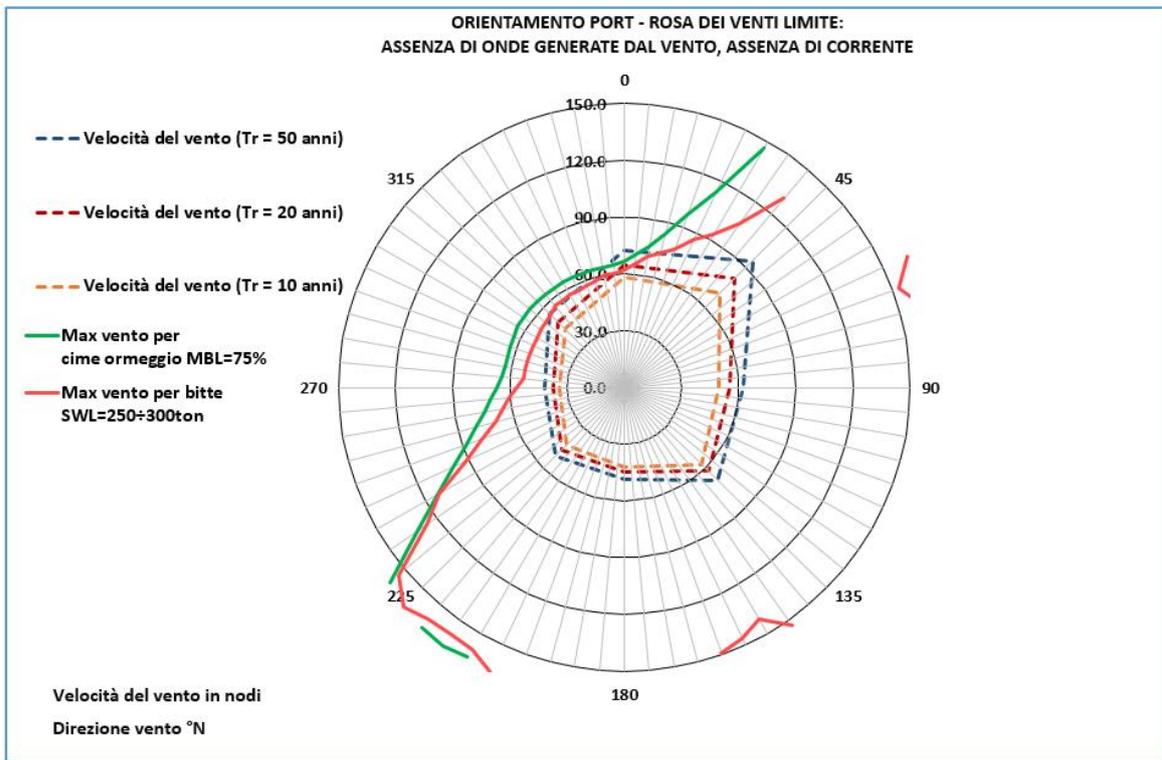


Figura 5.4 - Rosa dei venti limite in assenza di onde generate dal vento e di corrente

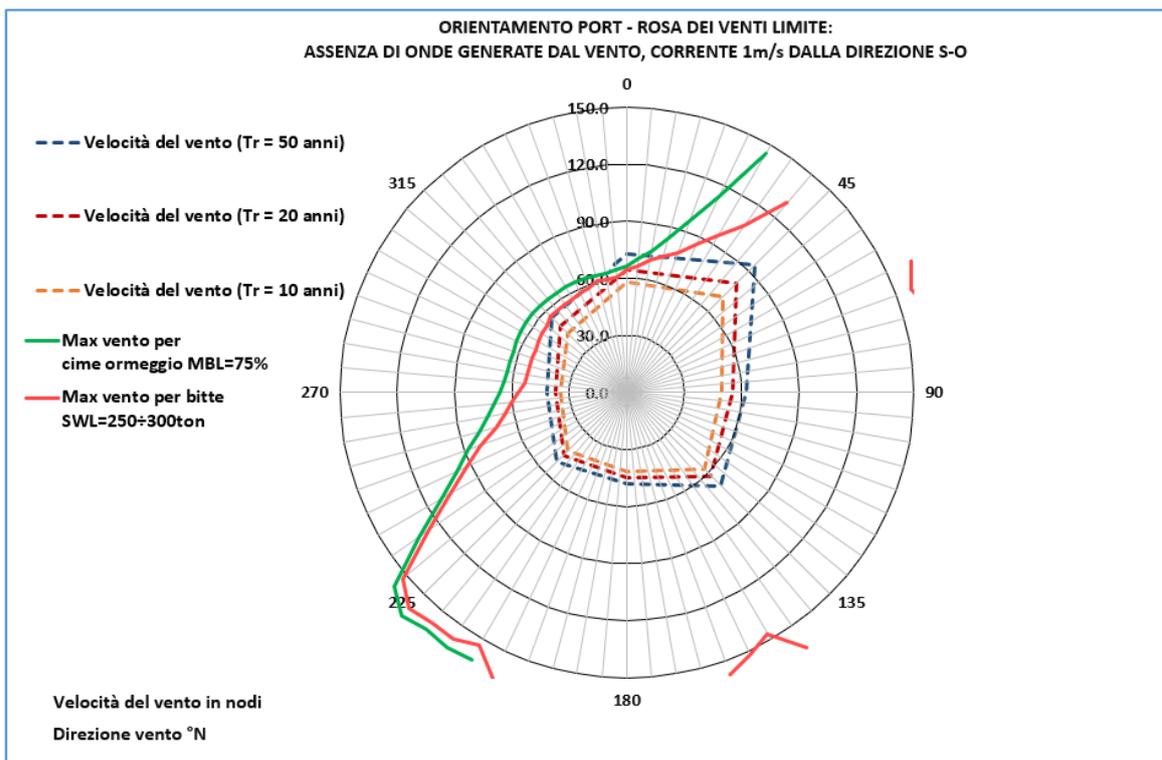


Figura 5.5 - Rosa dei venti limite in assenza di onde generate dal vento e in presenza di corrente

Progetto: Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova sestri ponente - P.2879 FASE 2	Livello progettazione: Progetto di Fattibilità Tecnico Economica	Elaborato: IDRAULICA E MARITTIMA 2879-F2_GEN-Mp002_A.docx
--	---	---

Come si evince dal confronto di Figura 5.4 e Figura 5.5 la presenza della corrente diretta da S-O non ha influenza rilevante sulle rose dei venti limite, che anzi risultano leggermente superiori rispetto alla condizione in assenza di corrente.

Le condizioni di progetto per le verifiche puntuali nei confronti delle condizioni di vento, corrente e onde sono riepilogate nella successiva Tabella 5.1:

		N	N-E	E	S-E	S	S-O	O	N-O
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
Velocità del vento (Tr = 10 anni)	(m/s)	30.0	36.5	25.5	29.3	21.5	22.2	17.7	22.6
	(nodi)	58.4	71.0	49.6	57.0	41.8	43.2	34.4	44.0
Altezza d'onda generata localmente	(m)	-	-	-	-	0.37	0.55	0.64	-
Periodo dell'onda generata localmente	(sec)	-	-	-	-	1.96	2.43	2.75	-
Corrente	(m/s)	-	-	-	-	-	1.0	-	-
	(nodi)	-	-	-	-	-	1.94	-	-

Tabella 5.1 - Condizioni di progetto per verifiche puntuali

Nella successiva Tabella 5.2 sono riepilogati, per le 8 direzioni del vento considerate, gli spostamenti dell'imbarcazione, i tiri massimi delle bitte con l'identificativo delle relative bitte, i tiri massimi delle cime con l'identificativo delle relative cime per le singole condizioni di progetto (vento, onde, corrente) riportate in Tabella 5.1.

Non si registrano apprezzabili differenze tra la condizione di alta e bassa marea.

In blu sono evidenziate le configurazioni più critiche.

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA
2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

Condizione di progetto	ID e Figura	MAX tiro bitte (ton)	MAX tiro cime (ton)	Surge ³ (m)	Sway ⁴ (m)	Yaw ⁵ (°)	Heave ⁶ (°)
Vento 58.4 nodi, 0°N NO onde NO corrente	ID. a Figura 5.6	261 (87%) BITTA K	261 (60%) CIMA 11	1.18 (fwd)	-1.76 (out)	0.2° (port)	0.0° (up)
Vento 71.0 nodi, 45°N NO onde NO corrente	ID. b Figura 5.7	38 (13%) BITTA B	27.0 (6%) CIMA 3	0.0 (aft)	-0.03 (out)	0.0° (stbd)	0.0° (up)
Vento 49.6 nodi, 90°N NO onde NO corrente	ID. c Figura 5.8	19.3 (7%) BITTA B	9.8 (2%) CIME 14, 15, 16	0.00 (aft)	0.08 (inw)	0.1° (port)	0.0° (up)
Vento 57.0 nodi, 135°N NO onde NO corrente	ID. d Figura 5.9	23.7 (9%) BITTA T	14.2 (3%) CIMA 53	0.00 (aft)	0.12 (inw)	0.0° (port)	0.0 (up)
Vento 41.8 nodi, 180°N Onde h=0.37, 180°N, T=1.96s NO corrente	ID. e Figura 5.10	53.8 (18%) BITTA Q	21.1 (5%) CIMA 1	0.08 (fwd)	0.07 (inw)	0.0° (stbd)	0.0° (up)
Vento 43.2 nodi, 225°N Onde h=0.55, 225°N, T=2.43s Corrente 1.94 nodi, 225°N	ID. f Figura 5.11	31.8 (11%) BITTA K	31.8 (7%) CIMA 11	0.15 (fwd)	0.01 (inw)	0.0° (port)	0.0° (up)
Vento 34.4 nodi, 270°N Onde h=0.64, 270°N, T=2.75s NO corrente	ID. g Figura 5.12	118.5 (40%) BITTA A	99.4 (23%) CIMA 11	0.46 (fwd)	-0.69 (out)	0.1° (port)	0.0° (up)
Vento 44.0 nodi, 315°N Assenza onde NO corrente	ID. h Figura 5.13	199.0 (66%) BITTA A	164 (37%) CIMA 11	0.75 (fwd)	-1.16 (out)	0.2° (port)	0.0° (up)

Tabella 5.2 Spostamenti della nave di progetto, tiri sulle bitte e delle cime nelle singole condizioni di progetto in concomitanza di vento, corrente ed onde

³ Movimento sussultorio

⁴ Movimento oscillatorio

⁵ Inclinazione

⁶ Inclinazione dovuta al sollevamento

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di genova sestri ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

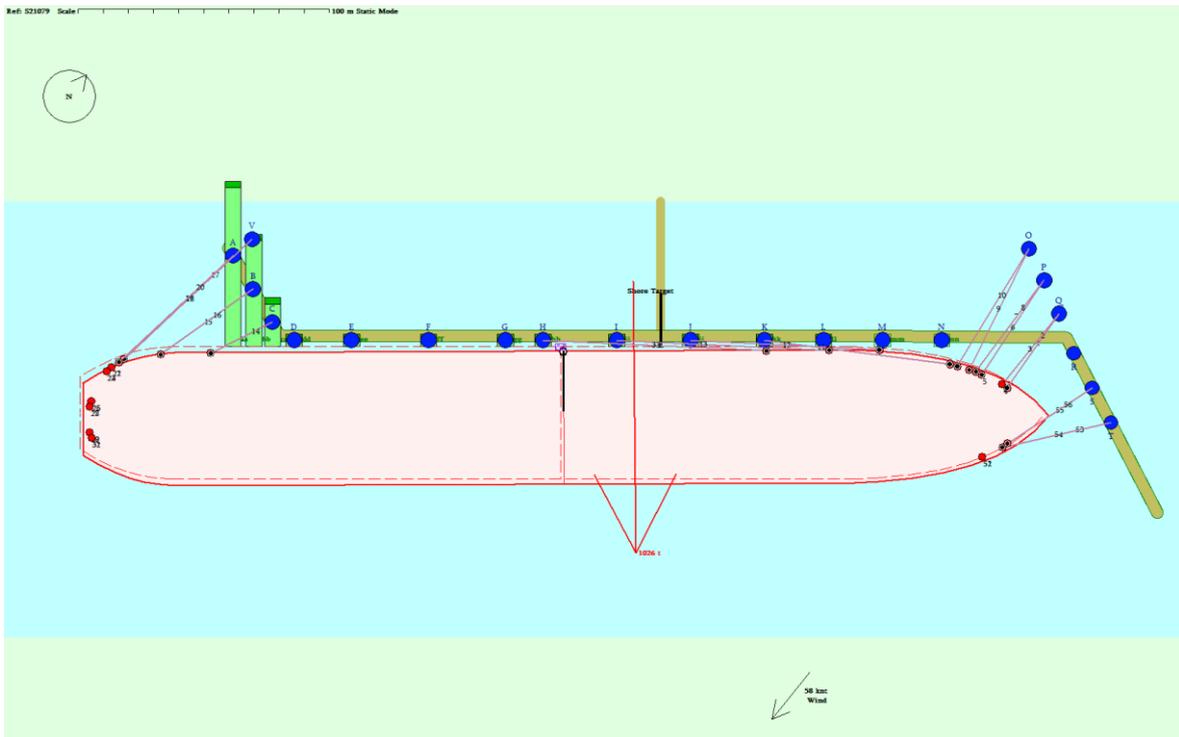


Figura 5.6 Configurazione deformata nella condizione di progetto a

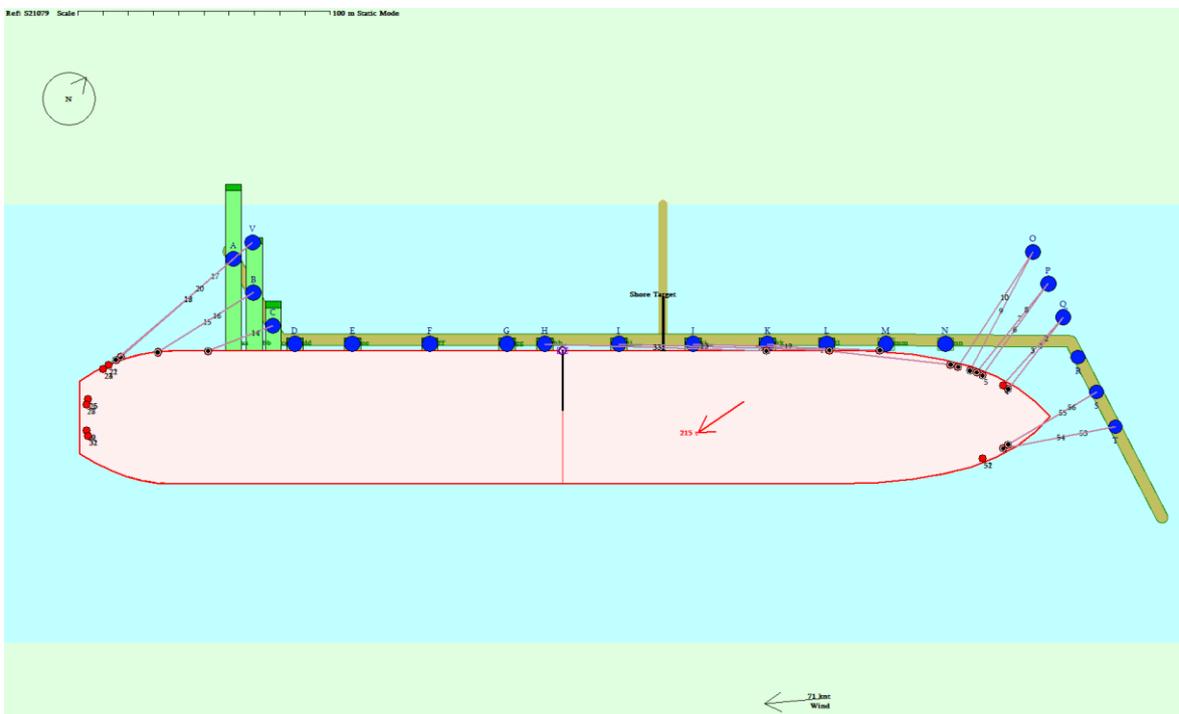


Figura 5.7 Configurazione deformata nella condizione di progetto b

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di genova sestri ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

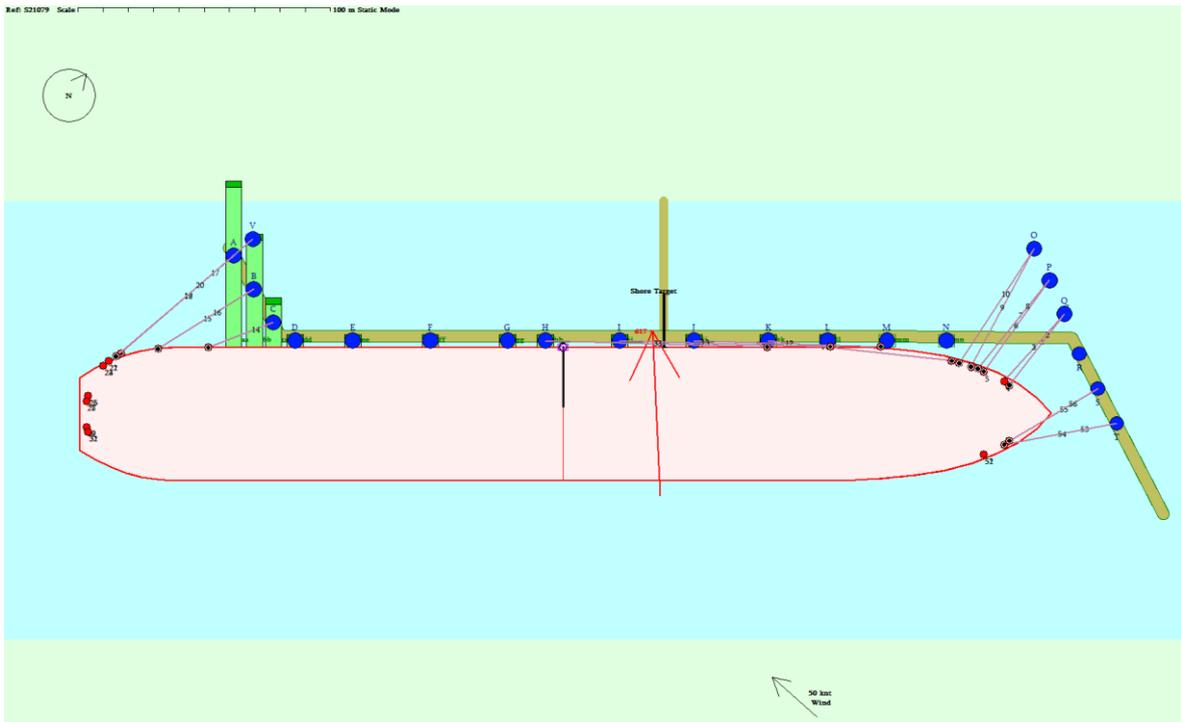


Figura 5.8 Configurazione deformata nella condizione di progetto c

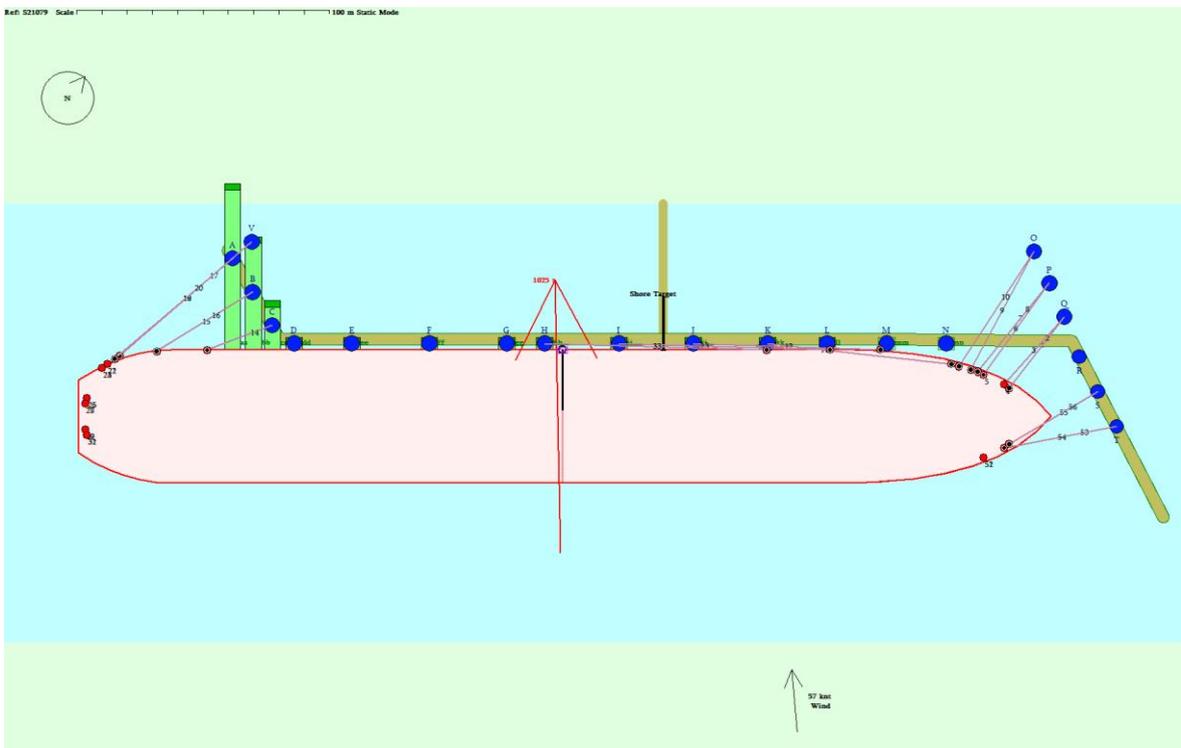


Figura 5.9 Configurazione deformata nella condizione di progetto d

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di genova sestri ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

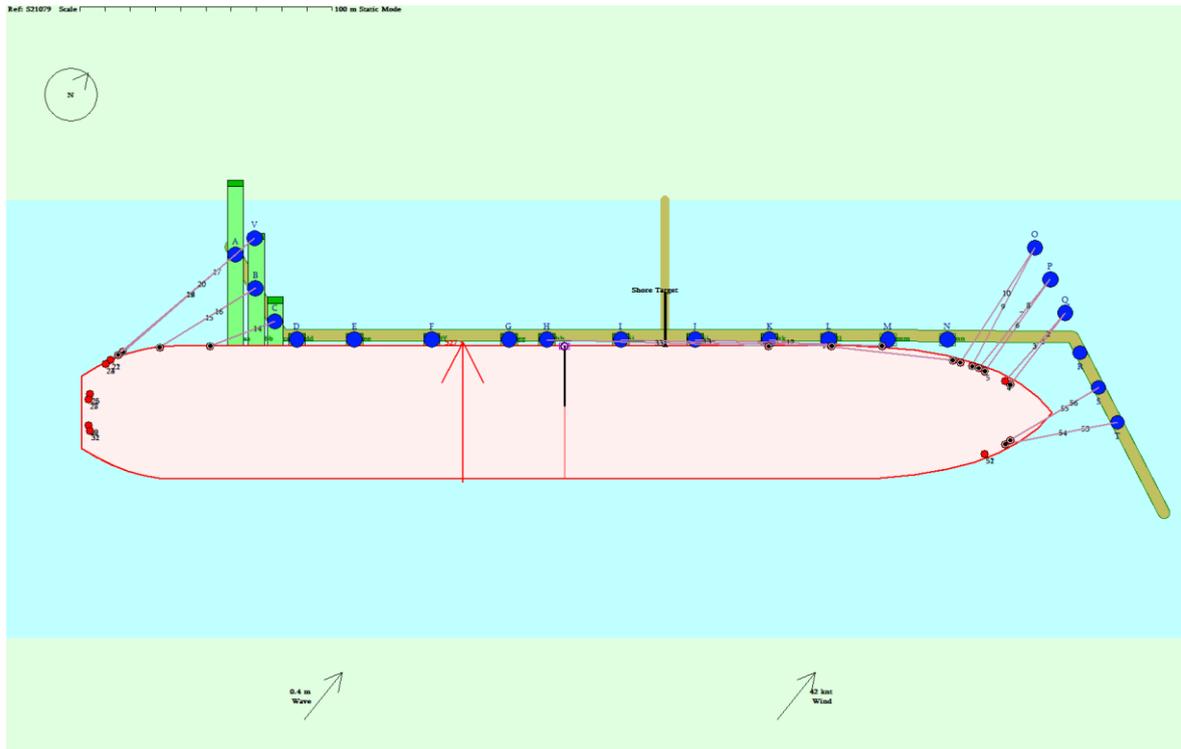


Figura 5.10 Configurazione deformata nella condizione di progetto e

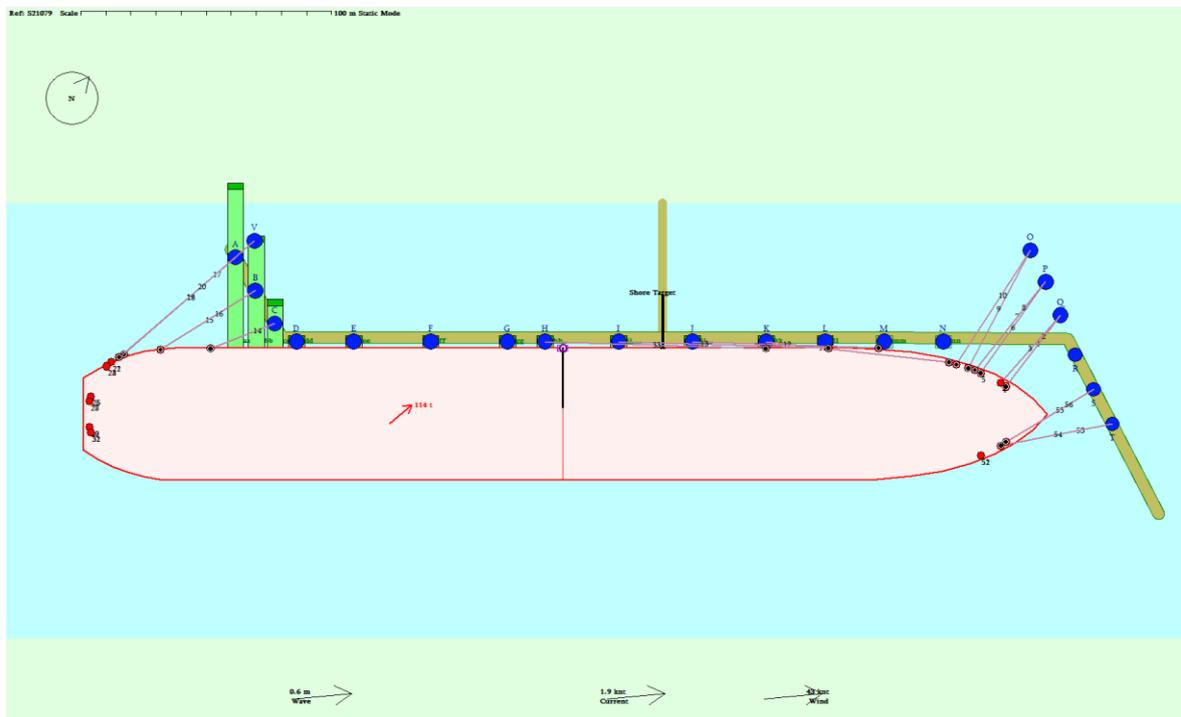


Figura 5.11 Configurazione deformata nella condizione di progetto f

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di genova sestri ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

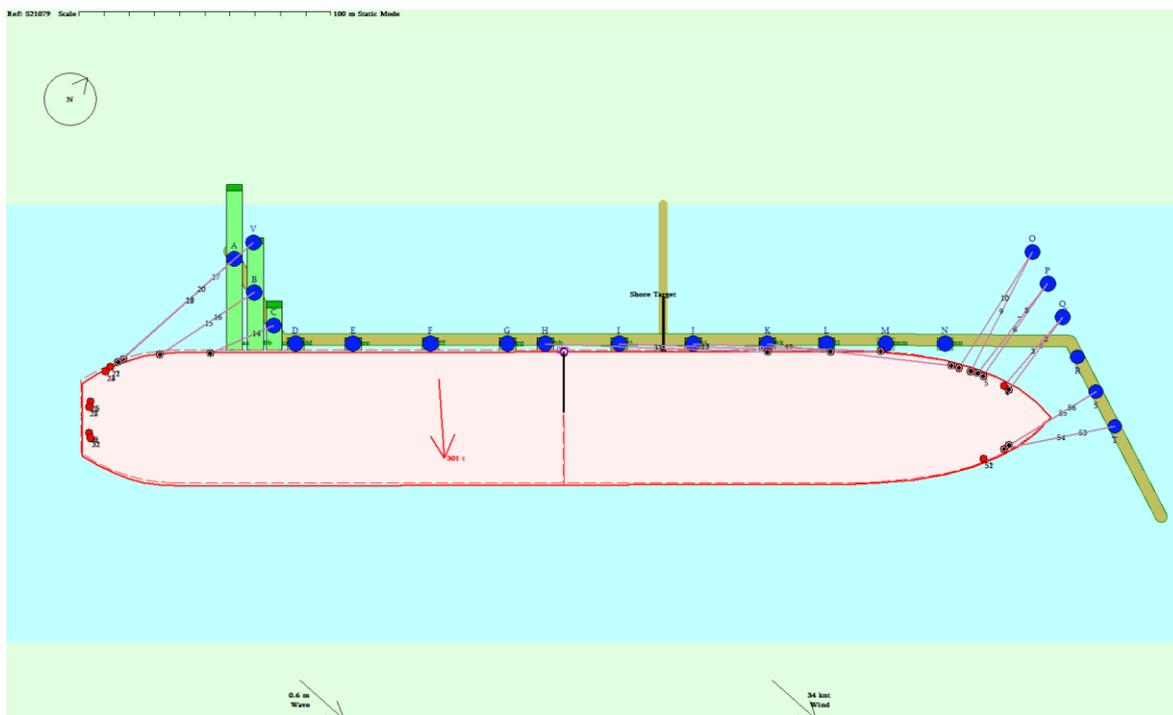


Figura 5.12 Configurazione deformata nella condizione di progetto g

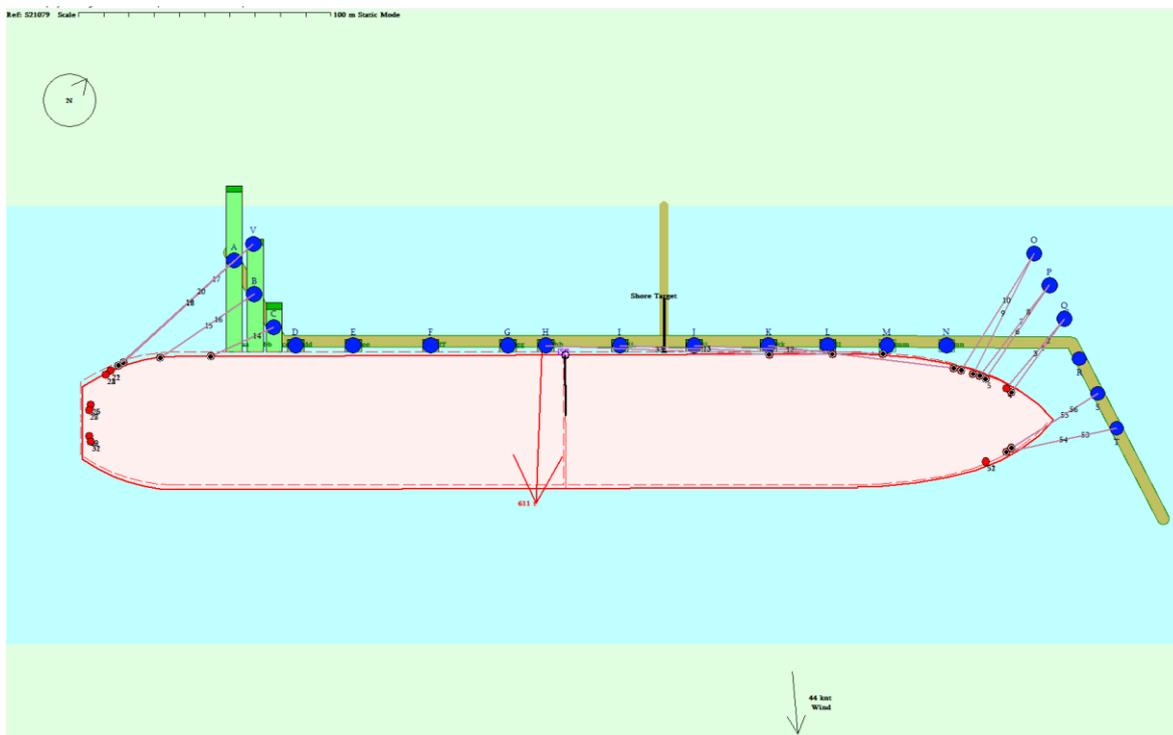


Figura 5.13 Configurazione deformata nella condizione di progetto h

Come visibile dalla Tabella 5.2, per le condizioni di progetto riferite a $T_R=10$ anni il layout di ormeggio proposto verifica tutte le condizioni puntuali di caricamento per effetto del vento, corrente ed onde. Dalla tabella si evince che la condizione di vento più critica è quella dalla direzione Nord (0°), per la quale la condizione di ormeggio proposta mostra i maggiori spostamenti della nave, i tiri sulle bitte e sulle cime.

6 CONCLUSIONI

6.1 Risultati della *mooring analysis*

Nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) delle opere di nuovo layout interno del bacino di Multedo presso il porto di Genova Sestri Ponente, F&M Ingegneria SpA ha incaricato Enser Srl di eseguire le seguenti attività correlate con l'ampliamento del nuovo molo Fincantieri previsto a PFTE:

- Reperimento ed elaborazione statistica dei dati di clima meteomarinario (livelli idrometrici, vento ed onde) relativi all'area in progetto. Determinazione velocità ed angolo di incidenza della corrente di progetto;
- Definizione della geometria della nave di progetto (nave da crociera di lunghezza 380.0m, larghezza 50.0m e pescaggio 9.5m);
- Determinazione dell'energia di impatto della nave di progetto, definizione della spaziatura e dimensionamento dei parabordi necessari per l'ormeggio di tale nave;
- Elaborazione dati di input per analisi di ormeggio;
- Esecuzione dell'analisi di ormeggio per valutare il numero e la capacità di dispositivi di ormeggio e dei parabordi in banchina necessari per l'ormeggio della nave di progetto sul molo di allestimento di cui è prevista nuova realizzazione.

La presente relazione illustrativa descrive le valutazioni relative al dimensionamento dei parabordi (*fender*) proposti, e illustra un layout di ormeggio che, sotto determinate ipotesi di progetto, consente di verificare la *mooring analysis* per la nave da crociera di progetto.

In assenza di specifiche indicazioni da parte del committente le principali ipotesi sulle quali si fonda il calcolo eseguito sono le seguenti:

- il *general arrangement plan*, la sezione trasversale e il prospetto longitudinale della nave da crociera di progetto, la più lunga della categoria mai realizzata, sono stati definiti a partire da dati disponibili in rete e relativi ad imbarcazioni della stessa categoria e di dimensioni simili;
- le posizioni dei passacavi (*fairleads*) e il numero delle cime di ormeggio considerate per la nave da crociera di progetto sono state ipotizzate in base all'osservazione di imbarcazioni della stessa categoria e di dimensioni simili;
- la tipologia delle cime di ormeggio (HMPE), oltre ad essere tipica per navi di questa tipologia, è raccomandata dagli scriventi al fine di garantire le prestazioni richieste in termini di resistenza e di ridotta elasticità, così da limitare gli spostamenti dell'imbarcazione;
- Per le cime di ormeggio è stata considerata una capacità limite pari al 75% della resistenza, come indicato da linee guida del settore (PIANC);
- Sono stati previsti punti di ormeggio non solo lungo il molo di futura realizzazione, ma anche in corrispondenza delle strutture esistenti alla radice del molo e in testata al molo esistente, strutture che si trovano al di fuori della zona oggetto di progettazione, alla luce dei seguenti vincoli geometrici:
 - Non è consentito prevedere un allungamento del molo Fincantieri oggetto di ampliamento.
 - Non è consentito predisporre punti di ormeggio puntuali e fissi in mare (briccole di ormeggio).
 - Non è consentito predisporre punti di ormeggio in corrispondenza dell'area destinata allo sbocco del Rio Cantarena.

In aggiunta a quanto sopra il *layout* di ormeggio è stato verificato, su indicazione di F&M, considerando l'imbarcazione ormeggiata in configurazione *Port*, ovvero con la prua rivolta verso la radice del molo esistente.

Sulla base di queste ipotesi e dei vincoli geometrici dovuti alle dimensioni della banchina, più corta rispetto alla nave di progetto, è stato individuato un layout di ormeggio necessariamente asimmetrico sia in termini di geometria che di rigidità delle cime di ormeggio, ben distante dalle configurazioni di ormeggio standard e ideali, proposti dalle normative e linee guida del settore.

L'equilibrio delle ingenti azioni sollecitanti è garantito disponendo un numero elevato di cime e di bitte, peraltro condizionate, nel loro posizionamento, dai vincoli sopra elencati.

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

Si è considerata pari a 2 anni la durata attesa delle configurazioni di ormeggio di progetto, corrispondente al tempo stimato di allestimento della nave presso la nuova banchina.

Il risultato ottenuto per la *mooring analysis*, verificata per venti con tempo di ritorno pari a 10 anni, corrisponde pertanto ad una probabilità di *failure* pari al 18% nel corso del periodo di allestimento.

Per velocità del vento maggiori, corrispondenti ad esempio a tempi di ritorno di 20 anni e 50 anni, le probabilità di *failure* scenderebbero rispettivamente a 5% e 2%. Per tali condizioni, tuttavia non sono state individuate configurazioni di ormeggio verificate.

6.2 Possibilità di utilizzo di un dispositivo di ormeggio alternativo

Soluzioni alternative e migliorative delle condizioni di ormeggio potrebbero essere costituite dall'installazione di bitte su boe galleggianti ancorate ad un corpo morto tra il molo Fincantieri e le strutture del porto turistico (vedasi a titolo di esempio le immagini sottostanti). In tale situazione il layout di ormeggio della nave tornerebbe ad avvicinarsi a quelli più tradizionali proposti dalle normative e linee guida del settore, con beneficio per le sollecitazioni trasmesse ai dispositivi di ormeggio.

La possibilità di installare tali bitte su boe galleggianti dipende naturalmente anche dalle condizioni di manovrabilità e di navigazione per altri natanti nello specchio acqueo antistante il molo Fincantieri.

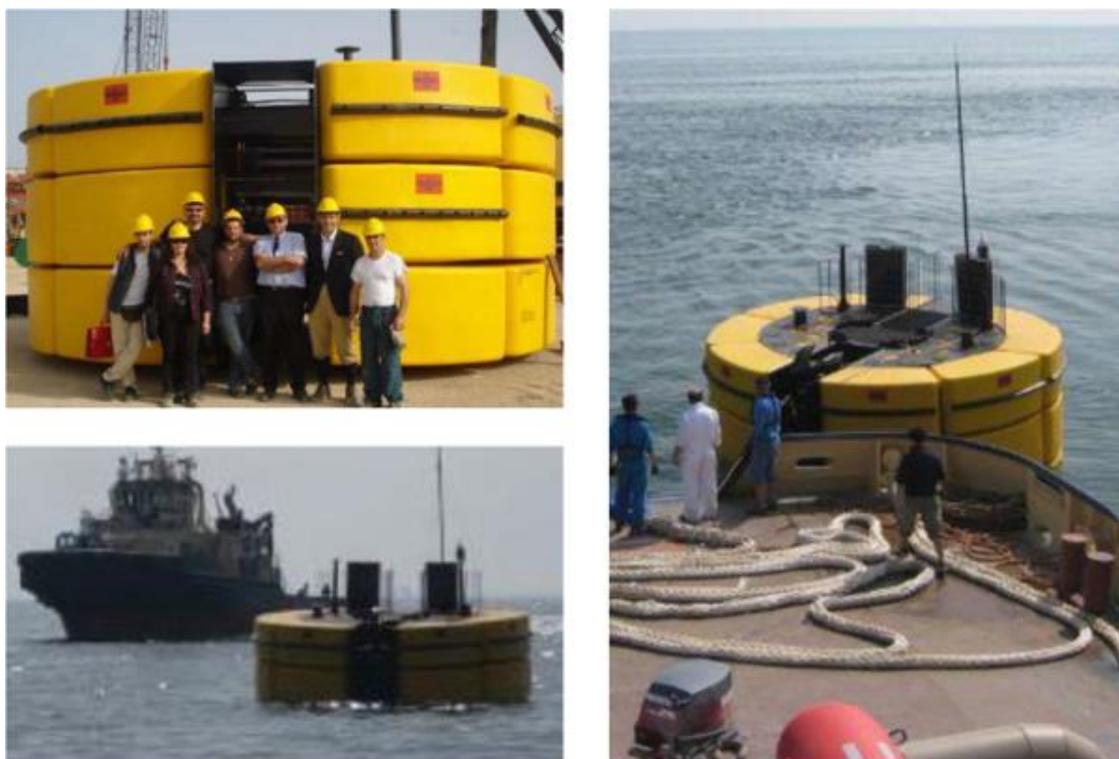


Figura 6.1 Esempi di bitta galleggiante da 250ton di capacità

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx



Figura 6.2 Esempio di bitta galleggiante da 300ton

Progetto:

Redazione del progetto di fattibilità tecnico economica per l'adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di genova sestri ponente - P.2879 FASE 2

Livello progettazione:

Progetto di Fattibilità
Tecnico Economica

Elaborato:

IDRAULICA E MARITTIMA

2879-F2_GEN-Mp002_A.docx

APPENDICE A: OPTIMOOR TECHNICAL NOTE



OPTIMOOR is a unique, easy-to-use computer program for the analysis of vessel moorings. In use world-wide, **OPTIMOOR** is proven as an essential tool for vessel and port operations personnel, especially when they have to undertake assessments to meet the requirements of the Oil Companies International Marine Forum (OCIMF) and satisfy OPA-90 legislation.

Computer simulation has in the past been the work of specialists, and was time consuming and expensive. **OPTIMOOR** is easy to use and employs the OCIMF recommended methods and formulae in a manner that can be run by any personnel to achieve results - **fast**. Licensed by Tension Technology International, the software is available in three configurations:

OPTIMOOR STANDARD

For quayside moorings at piers, jetties and sea islands (no spread mooring, no buoys allowed in pierside, no chains in lines, no catenary effects)

OPTIMOOR PLUS

All the configurations of **OPTIMOOR** standard but with added capability to include spread moorings with buoys and catenary chains (Catenary effects in chains included from both ship and anchor to buoy, catenary effects in wires included for CBM's, buoys allowed in pierside moorings.). The PLUS option also allows for batch operations which can prove very useful when considering multiple parameter combinations.

OPTIMOOR DYNAMIC

This dynamic simulation uses vessel hydrodynamics with time varying wind and current. The user can input other time dependent forces such as wave drift. The dynamic force and response of passing ships can also be calculated.

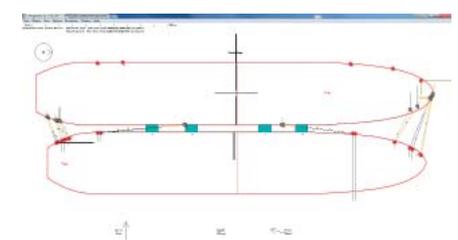
OPTIMOOR Dynamic can be run in continuous mode or in step mode to review data and vary input for example such as line failure. This program generates plots

of the time varying forces, vessel response, mooring line tensions and fender loads.

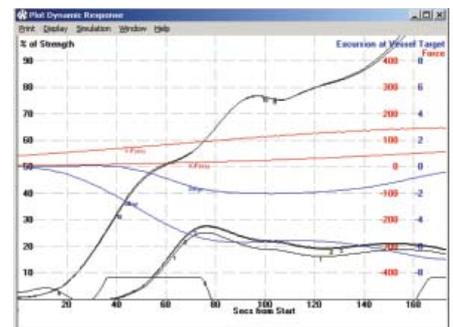
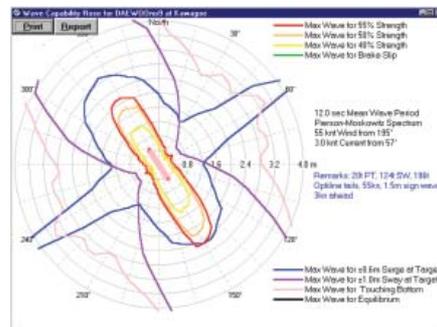
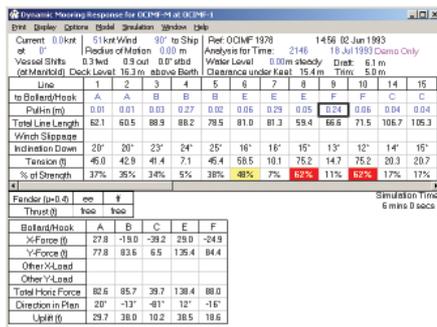
WRM (Wave Response Module) OPTION

This enhancement is available to all versions of **OPTIMOOR**. It calculates the vessel response to first-order wave effects taking shallow water and solid wall effects into account. The changing line load due to vessel motion at each fairlead is calculated.

Ship2Ship OPTION



A second ship can be added to any mooring type, pierside, turret, host at bow anchor, free drift.



OPTIMOOR will run on multiple Windows formats and files are prepared in a “spread-sheet” form describing the vessel mooring system and the berth mooring points. A simple case file is then created describing the mooring arrangement for the tanker at the berth. The only other inputs required are the wind and current velocities and directions. Provision is made for entering other applied forces, for example assisting tugs, passing ships, ice, and waves. Wave dynamic effects are also considered.

OPTIMOOR can calculate the non-linear RBS (strength) and load-extension characteristics for mooring lines. Data is provided for wire, aramid, HMPE, nylon double braid, nylon plaited and stranded, polyester, and polypropylene. For the synthetic ropes, both slow and dynamic response is modelled automatically.

OPTIMOOR calculates exposure areas, wind and current coefficients, and the resulting environmental forces on the vessel.

OPTIMOOR computes and displays vessel movements and mooring forces. Mooring line loads are shown in tonnes (or kips) and percent of rated breaking strength (RBS). Lines loaded to more than any specified ratio of RBS are highlighted in red. The analysis results are also reflected on the

plan graphic display and the numeric results can be printed out.

Powerful OPTIMOOR features are easy to access. One command brings a case back to its initial conditions and resets target pretensions. Another brings all lines up to the optimum tension for minimum vessel movement. The user may alter individual line tensions (in a manner analogous to tending the mooring winch) so as to bring the mooring line load distribution into better balance. A single command sweeps the wind through 360 degrees to determine the “worst-case” loading on each line, and a graphic wind or wave capability rosette can be generated.

OPTIMOOR has provision for initial and final draft and trim conditions and times. It also supports tidal variations via tide tables with automatic application of local correction factors. With these inputs, line tending requirements can be anticipated by stepping forward in time by minute or hour intervals. A single key command “fast-forwards” and displays the times at which various lines would become overloaded.

Vessel and port personnel can train on OPTIMOOR to learn good techniques for arranging and tending mooring lines. The advantages and problems of various

mooring arrangements can be explored and demonstrated. The time-forward feature with tide, draft and trim changes, will show how to anticipate line tending requirements and decide on what might be the best tending action at a particular time.

Key Features

- All types of inshore and offshore moorings
- Shielding effect of piers
- In-built OCIMF methods and coefficients
- Easy reporting to RTF format
- Graphic plan with “drag & drop” moorings
- Toggle between Metric and USA units
- Time related analyses to account for vessel draft (loading) and tide level changes
- Single and multiple batch files
- Easy reporting to Word or Excel file.
- Auto generation of sea state limit curves, wind or wave capability rosette
- Fixed piers with catenary anchored buoys
- Option to lock vessel/berth data
- Comprehensive rope property database
- Auto or manual pre-tension to set-up mooring
- Wave Response Module [WRM] Option
- Ship2Ship option for side by side mooring

To download a full working demo version of OPTIMOOR, go to www.tensiontech.com/programs/optimoor/optimoor_download.htm

For further information and a demonstration, contact:

Tension Technology International Ltd
www.tensiontech.com
 Tel: +44(0)1323 50 41 67
 Fax: +44(0)1323 50 97 70
banfield@tensiontech.com

Tension Technology International LLC
 Tel: +1 (973) 267 08 71
flory@tensiontech.com

© Tension Technology International Ltd
 Consultancy, Design
 and Engineering Services
 in Ropes, Textiles and
 Marine Systems

