AUTORITÀ PORTUALE DI SAVONA

PORTO DI VADO LIGURE

PROJECT FINANCING PER:

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, ESECUZIONE DEI LAVORI DELLA NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE DEL PORTO DI VADO LIGURE E GESTIONE DELLA PARTE RELATIVA AL TERMINAL CONTENITORI

SOCIETÀ DI PROGETTO: APM TERMINALS VADO LIGURE S.p.A.

MAERSK

CLF GRANDI LAVORI FINCOSIT

PROGETTAZIONE:

TECHNITAL S.p.A.

IL RESPONSABILE:

Dott. Ing. Guido Fiorini

PERIZIA DI VARIANTE

ELABORATO N° :

MI0102-PV-G-L-R-003-00

TITOLO ELABORATO

ELABORATI GENERALI

STRUTTURE PER L'ACCOSTO E SISTEMI PER L'ORMEGGIO IN BANCHINA

RELAZIONE DI CALCOLO

DATA	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
Dicembre 2015	G. Bragantini	A. Lizzadro	G. Fiorini

REVISIONE N°	DATA	DESCRIZIONE
00	Dicembre 2015	EMISSIONE PER APPROVAZIONE

NOME FILE

MI0102-PV-G-L-R-003-00.docx

A TERMINE DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO CON DIVIETO DI RIPRODURLO RENDENDOLO NOTO A TERZI ANCHE PARZIALMENTE SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE

AUTORITÀ PORTUALE DI SAVONA

PORTO DI VADO LIGURE

PROJECT FINANCING PER:

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, ESECUZIONE DEI LAVORI DELLA NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE DEL PORTO DI VADO LIGURE E GESTIONE DELLA PARTE RELATIVA AL TERMINAL CONTENITORI

PERIZIA DI VARIANTE

ELABORATI GENERALI
STRUTTURE PER L'ACCOSTO E SISTEMI PER L'ORMEGGIO IN BANCHINA
RELAZIONE DI CALCOLO

INDICE

1. INTRODUZIONE 9
2. LAYOUT DI RIFERIMENTO E NAVI DI PROGETTO 11
3. CRITERI DI PROGETTO 19
   3.1. Fender 19
   3.2. Bitte di ormeggio 23
   3.3. Sistemi di ormeggio 25
   3.4. Spostamenti massimi ammissibili delle navi all'ormeggio 26
4. DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ASSORBIMENTO DELL'ENERGIA DI ACCOSTO DELLE NAVI (FENDER) 28
   4.1. Metodologia di calcolo dell'energia di accosto e selezione dei fender 28
   4.2. Dimensionamento dei pannelli frontali 35
   4.3. Interasse dei fender 37
5. DIMENSIONAMENTO DELLE BITTE DI ORMEGGIO 40
   5.1. Pre-dimensionamento delle bitte d'ormeggio in base alle indicazioni di letteratura 40
   5.2. I tiri nominali alle bitte di ormeggio e interassi tra le bitte 41
6. VERIFICA DEI SISTEMI DI ORMEGGIO CON IL SOFTWARE OPTIMOOR 44
   6.1. Introduzione 44
   6.2. Condizioni e dati di riferimento 45
      6.2.1. Condizioni meteomarine di riferimento 45
      6.2.2. Navi di progetto 47
      6.2.3. Caratteristiche dei cavi di ormeggio 49
   6.3. Risultati delle simulazioni 52
      6.3.1. Banchina A - Container 54
      6.3.2. Banchina B - Container 58
      6.3.3. Banchina C - Rinfuse 62
      6.3.4. Banchina D- Petroli 67
   6.4. Conclusioni 71

ELENCO FIGURE

Fig. 2-1 - Schema planimetrico del nuovo Terminal: assegnazione delle banchine alle diverse categorie di trasporto 11
Fig. 2-2 - Planimetria delle opere e dei fondali nell'area portuale 12
Fig. 3-1 - Schema di ormeggio (con ausilio dei rimorchiatori) 19
Fig. 3-2 - Interasse dei fender (rif. "*Guidelines for the Design of Fenders Systems: 2002*", PIANC) 23
Fig. 3-3 - Schema di disposizione dei cavi in condizioni di ormeggio tipo "alongside berth" 24
Fig. 3-4 - Spostamenti delle navi nel piano verticale ed orizzontale 27
Fig. 4-1 - Schema di calcolo dell'energia di accosto nel caso in esame 28
Fig. 4-2 - Schema di accosto: Parametri del coefficiente di eccentricità (C_e) 29
Fig. 4-3 - Velocità di accosto in funzione delle condizioni di navigazione e delle dimensioni delle navi (Brolsma et al., 1977) 31
Fig. 4-4 - Schema del tipo di fender selezionato (Fonte: catalogo Trelleborg) 32
Fig. 4-5 - Caratteristiche geometriche dei Super Cone Fender - SCN (Trelleborg). In evidenza i fender adottati nel progetto 34
Fig. 4-6 - Interasse dei fender (rif. "*Guidelines for the Design of Fenders Systems: 2002*", PIANC) 38
Fig. 6-1 - Curve tensione deformazione dei vari tipi di cavi utilizzabili con OPTIMOOR 51
Fig. 6-2 - Schema di ormeggio Emma Maersk allibata - Banchina A - Condizione operativa 55
Fig. 6-3 - Schema di ormeggio Emma Maersk allibata - Banchina A - Condizione estrema 56
Fig. 6-4 - Banchina A (condizione estrema) - Valori limite dei parametri di controllo 58
Fig. 6-5 - Schema di ormeggio Emma Maersk a pieno carico - Banchina B - Condizione operativa 59
Fig. 6-6 - Schema di ormeggio Emma Maersk a pieno carico - Banchina B - Condizione estrema 60
Fig. 6-7 - Banchina B (condizione estrema) - Valori limite dei parametri di controllo 62
Fig. 6-8 - Schema di ormeggio Jo Jin Maru allibata - Banchina C - Condizione operativa 64
Fig. 6-9 - Schema di ormeggio Jo Jin Maru allibata - Banchina C - Condizione estrema 65
Fig. 6-10 - Banchina C (condizione estrema) - Valori limite dei parametri di controllo 67
Fig. 6-11 - Schema di ormeggio Ottomana - Banchina D - Condizione operativa 69

Fig. 6-12 - Banchina D - Valori limite dei parametri di controllo 71

ELENCO TABELLE

Tab. 2-1 - Banchina portacontenitori - Tratto A 15
Tab. 2-2 - Banchina portacontenitori - Tratto B 16
Tab. 2-3 - Banchina rinfuse - Tratto C 17
Tab. 2-4 - Banchina petroli - Tratto D 18
Tab. 3-1 - Valori limite della tensione delle cime d'ormeggio 25
Tab. 3-2 - Angolazione raccomandata delle cime d'ormeggio 26
Tab. 3-3 - Spostamenti ammissibili navi 27
Tab. 4-1 - Calcolo dell'energia di accosto e selezione dei fender 33
Tab. 4-2 - Reazioni massime esercitate dai fender di progetto 35
Tab. 4-3 - Calcolo delle dimensioni dei pannelli frontali 36
Tab. 4-4 - Pesi ammissibili dei pannelli adottati per le diverse tipologie di fender 37
Tab. 4-5 - Interassi dei fender 39
Tab. 5-1 - Tiri alla bitta in funzione delle dimensioni delle navi 41
Tab. 5-2 - Quadro riepilogativo dei tiri e degli interassi delle bitte 42
Tab. 6-1 - Cavi di ormeggio disponibili in OPTIMOOR 49
Tab. 6-2 - Resistenze dei cavi di ormeggio in termini di *MBL (Minimum Breaking Load*) - Valori in tonnellate 50
Tab. 6-3 - Quadro riepilogativo delle verifiche dei sistemi di ormeggio condotte con OPTIMOOR 52
Tab. 6-4 - Posizione fairleads e caratteristiche delle cime d'ormeggio 54
Tab. 6-5 - Banchina A (condizione operativa) - Condizioni di riferimento 55
Tab. 6-6 - Banchina A (condizione operativa) - Tensione linee di ormeggio e tiri sulle bitte 56
Tab. 6-7 - Banchina A (condizione estrema) - Condizioni di riferimento 57
Tab. 6-8 - Banchina A (condizione estrema) - Tensione linee di ormeggio e tiri sulle bitte 57
Tab. 6-9 - Banchina B (condizione operativa) - Condizioni di riferimento 59
Tab. 6-10 - Banchina B (condizione operativa) - Tensione linee di ormeggio e tiri sulle bitte 60
Tab. 6-11 - Banchina B (condizione estrema) - Condizioni di riferimento 60
Tab. 6-12 - Banchina B (condizione estrema) - Tensione linee di ormeggio e tiri sulle bitte 61
Tab. 6-13 - Posizione fairleads e caratteristiche delle cime d'ormeggio 63
Tab. 6-14 - Banchina C (condizione operativa) - Condizioni di riferimento 64

Tab. 6-15 - Banchina C (condizione operativa) - Tensione linee di ormeggio e tiri sulle bitte 65
Tab. 6-16 - Banchina C (condizione estrema) - Condizioni di riferimento 66
Tab. 6-17 - Banchina C (condizione estrema) - Tensione linee di ormeggio e tiri sulle bitte 66
Tab. 6-18 - Posizione fairleads e caratteristiche delle cime d'ormeggio 68
Tab. 6-19 - Banchina D (condizione operativa) - Condizioni di riferimento 69
Tab. 6-20 - Banchina D (condizione operativa) - Tensione linee di ormeggio e tiri sulle bitte 70
Tab. 6-21 - Tabella riepilogativa delle forze agenti sui sistemi di ormeggio – Banchina A 74
Tab. 6-22 - Tabella riepilogativa delle forze agenti sui sistemi di ormeggio – Banchina B 74
Tab. 6-23 - Tabella riepilogativa delle forze agenti sui sistemi di ormeggio – banchina C 75
Tab. 6-24 - Tabella riepilogativa delle forze agenti sui sistemi di ormeggio – banchina D 75

GLOSSARIO ED ABBREVIAZIONI

Loa	***L**ength **o**ver**a**ll*: lunghezza fuori tutto della nave.
Lbp	***L**ength **b**etween **p**erpendiculars*: lunghezza tra i perpendicolari della nave.
B	***B**eam*: Larghezza della nave.
T	Pescaggio massimo della nave (a pieno carico).
T_{all}	Pescaggio della nave in condizione *ballasted* (di allibo).
DWT	***D**ead **W**eigth **T**onnage*: peso del carico trasportato dalla nave, inclusi carburante, zavorra, equipaggio, acqua potabile e viveri.
DWT_{all}	DWT in condizione *ballasted* (di allibo).
Δ	Dislocamento (peso del volume d'acqua occupato dalla nave) a pieno carico.
Δ_{all}	Dislocamento della nave allibata.
h	Valore medio del fondale in banchina.
UKC	***U**nder **K**eel **C**learance*: franco sottochiglia.
TPC	***T**ons **P**er **C**entimeter*: tonnellate di carico richieste per variare di un centimetro il pescaggio della nave.
Cb	***B**lock **c**oefficient*: coefficiente di blocco della nave, calcolato come rapporto del volume di acqua occupato dalla nave a pieno carico ed il volume di un parallelepipedo avente larghezza pari a B, lunghezza Lbp ed altezza Tmax.
Cb_{all}	Coefficiente di blocco della nave in condizioni allibata.
Depth	Distanza verticale tra la chiglia della nave ed il ponte di coperta.
Freeb.	***Freeb**oard*: altezza del ponte di coperta della nave dalla linea di galleggiamento a pieno carico.
Fairlead	Passacavo o "bocca di rancio", apertura sulla murata adibita al passaggio dei cavi di ormeggio.
MBL	*Minimum Breaking Load* - Carico minimo di rottura (in kN o tonnellate) dei cavi di ormeggio.

1. INTRODUZIONE

Scopo del presente rapporto è presentare le valutazioni eseguite ai fini del dimensionamento degli arredi di banchina (fender e bitte d'ormeggio) e definire i carichi indotti dalle navi in fase di accosto e di ormeggio, da considerarsi per il dimensionamento delle strutture per l'accosto e l'ormeggio.

Il dimensionamento dei fender e delle bitte d'ormeggio è stato condotto con riferimento alla letteratura scientifica e tecnica disponibile, nonché alle Raccomandazioni Generali e alle Norme Internazionali che ne regolamentano sia i criteri di calcolo sia le caratteristiche.
Le valutazioni esposte all'interno del presente rapporto ricalcano quelle già presentate nell'ambito del Progetto Esecutivo – Fase 2 e contestuale perizia di variante della fase 1, che rappresentavano un aggiornamento di quelle eseguite nell'ambito del Progetto Definitivo, in quanto le navi di progetto avevano subito qualche modifica e così pure alcuni criteri di progetto, a seguito delle richieste avanzate dai futuri terminalisti. In particolare, come evidenziato in dettaglio nel capitolo successivo, la modifica più importante aveva riguardato la nave di progetto per la banchina container per cui si faceva riferimento ancora alla Emma Maersk, tuttavia per l'accosto lato mare veniva considerata in una condizione di pieno carico e non di allibo, come invece era previsto nel Progetto Definitivo.

Il documento presenta inoltre i risultati delle analisi effettuate con il software specialistico OPTIMOOR ai fini della verifica dei sistemi d'ormeggio per le diverse banchine e del calcolo degli spostamenti delle navi all'ormeggio, i quali concorrono alla definizione del franco di sicurezza sottochiglia delle navi di progetto. Per la trattazione completa di quest'ultimo aspetto si rimanda al documento "Fondali di progetto nell'area portuale – Relazione di calcolo" (MI010P PE G L R 4126 C0).
Anche in questo caso vengono riproposte le analisi effettuate nell'ambito del Progetto Esecutivo – Fase 2 e contestuale perizia di variante della fase 1, in quanto le lievi modifiche apportate al layout delle strutture per l'accosto e l'ormeggio delle navi nell'ambito della Perizia di variante non influiscono in maniera sostanziale sullo stato tensionale

delle linee di ormeggio e sulla performance dei fenders e risultano ininfluenti nella valutazione degli spostamenti verticali delle navi all'ormeggio, che concorrono alla definizione del franco di sicurezza sottochiglia delle navi di progetto.

2. LAYOUT DI RIFERIMENTO E NAVI DI PROGETTO

In Fig. 2-1 è illustrata - schematicamente - l'attribuzione delle banchine disponibili lungo la nuova piastra multifunzionale alle diverse tipologie di traffico.

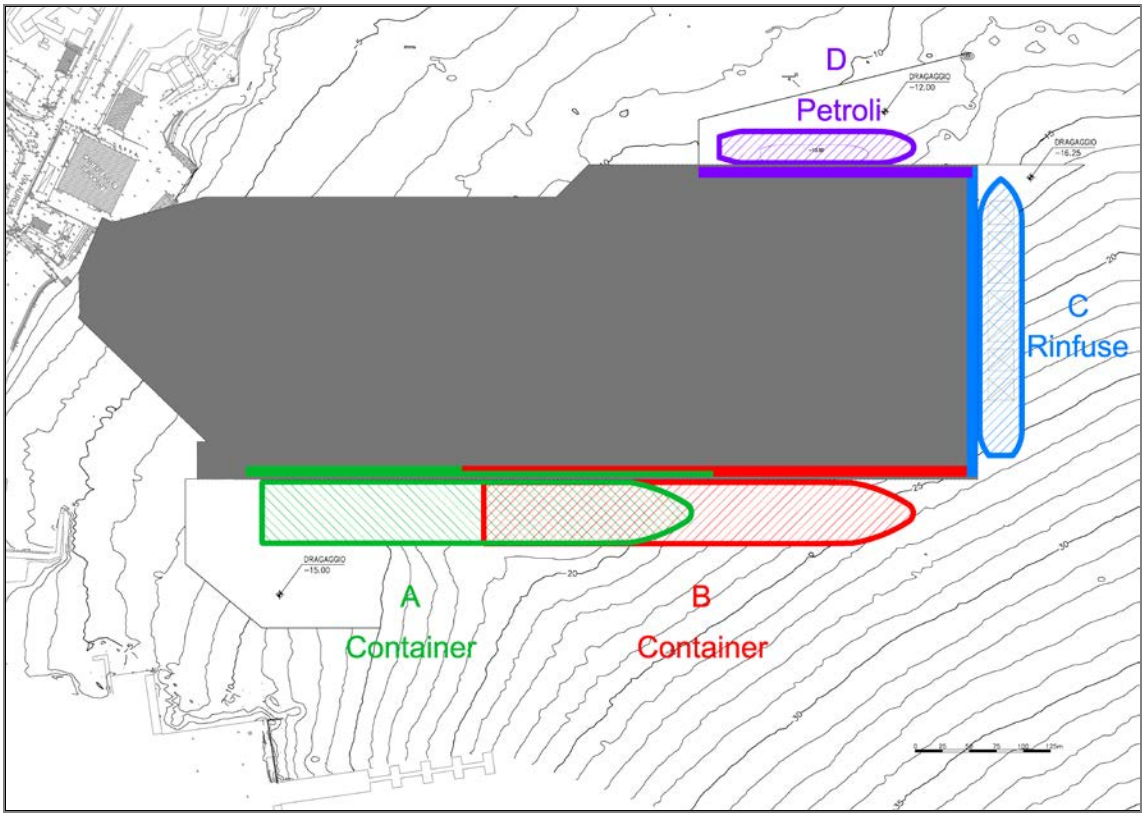


FIG. 2-1 - SCHEMA PLANIMETRICO DEL NUOVO TERMINAL: ASSEGNAZIONE DELLE BANCHINE ALLE DIVERSE CATEGORIE DI TRASPORTO

La configurazione delle opere e dei fondali nell'area portuale è quella rappresentata nella Fig. 2-1e riportata in dettaglio nei disegni di progetto.

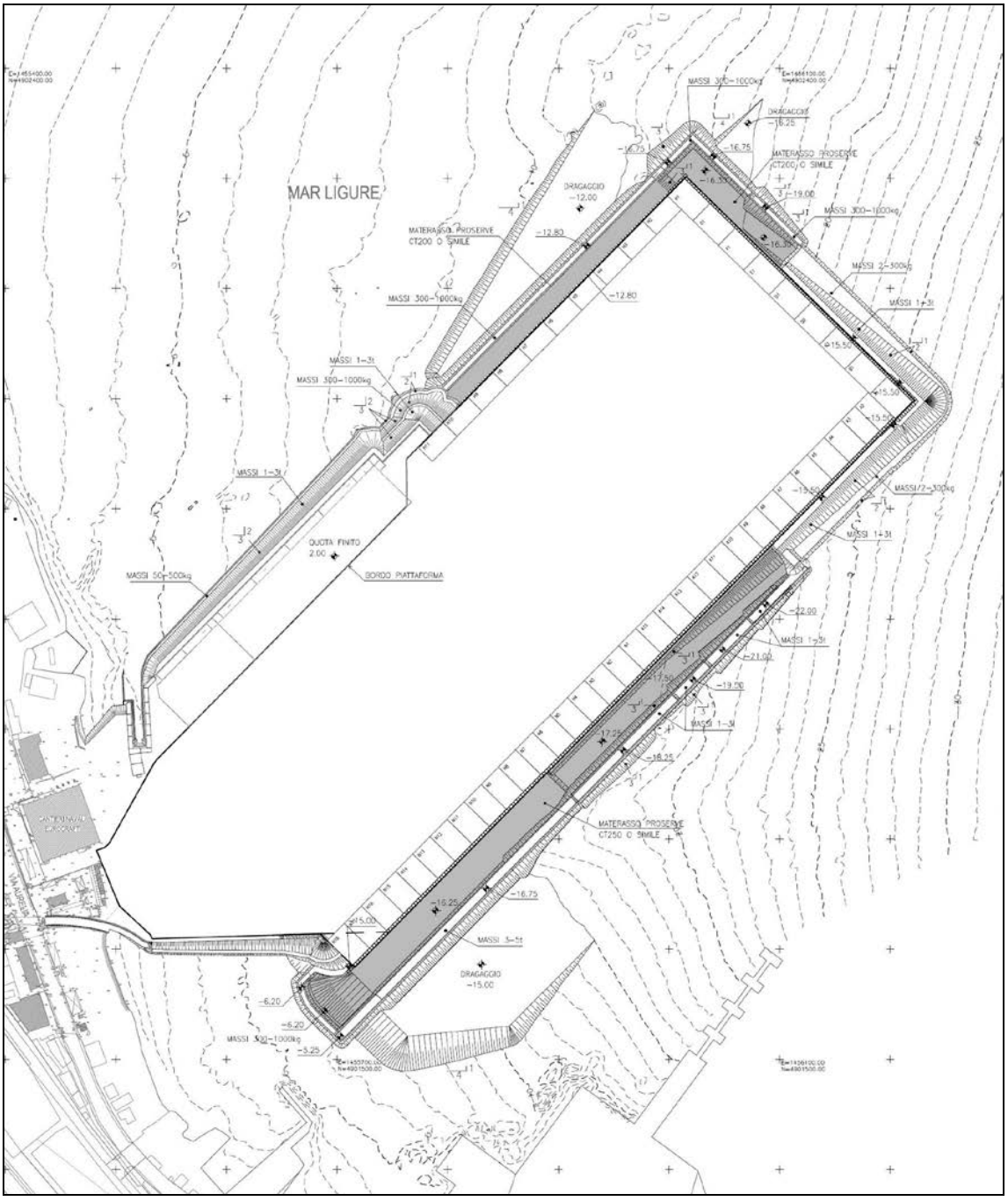


FIG. 2-2 - PLANIMETRIA DELLE OPERE E DEI FONDALI NELL'AREA PORTUALE

In sede di Progetto Preliminare, la banchina container, lunga circa 720 m, era stata suddivisa ipotizzando sul tratto B l'accosto di navi portacontenitori fino a 9.600 TEU ca. aventi lunghezza "fuori tutto" (Loa) pari a 370 m.
Nuovi indirizzi commerciali hanno recentemente richiesto la necessità di operare sul tratto B navi di classe E (Ultra Panamax Container Ship), tipo la Emma Maersk. Tali navi - da fonte Lloyd's Register of Ships aggiornato al marzo 2014 - hanno una capacità di carico di 15.500 TEU ca. (portata in DWT pari a 158.000 t ca.), una Loa = 398 m e una lunghezza tra i perpendicolari (Lbp) di 376 m ca.. Si tratta quindi di navi di dimensioni ben maggiori rispetto a quelle considerate nel Progetto Preliminare, che richiedono più spazio in banchina e maggiori fondali all'ormeggio o condizioni di allibo restrittive.

Nel Progetto Definitivo era stato considerato che la nave di progetto Emma Maersk potesse manovrare ed accostare lungo il tratto B (quello verso mare) della banchina portacontenitori solo in condizioni di allibo, mentre nel presente Progetto Esecutivo, a seguito di richieste dei terminalisti, l'Emma Maersk viene considerata in condizioni di pieno carico (pescaggio massimo 16 m) senza condizioni di allibo restrittive. I fondali in banchina e nell'area di manovra prospiciente, sono stati pertanto definiti in modo da rispettare questo nuovo criterio, garantendo un franco di sicurezza sottochiglia di almeno 1,25 m per navi di classe E a pieno carico.

Volendo operare con navi di classe E anche sul tratto A della banchina portacontenitori in cui il fondale dell'area di manovra è di -15 m e considerato che il franco di sicurezza sottochiglia non debba risultare inferiore ad 1,25 m, si è valutata una condizione di pescaggio di tali navi all'arrivo in banchina al massimo pari a 13,75 m e quindi con una capacità di carico ridotta, pari al 79% di quella massima. In termini di TEU, la riduzione è di circa 3.255 unità.

Per la selezione della nave di progetto di dimensioni minori che può accostare lungo la banchina portacontenitori (tratto A e B) si è fatto cautelativamente riferimento ad una nave di dimensioni caratteristiche corrispondenti alla classe 600-750 TEU (nave feeder). Le dimensioni caratteristiche di tale tipologia di naviglio sono state dedotte dal *Lloyd's Register of Ships* aggiornato al marzo 2014. A questa tipologia di naviglio (feeder) si è

fatto riferimento per la definizione dell'interasse delle strutture necessarie per l'accosto (fender) e l'ormeggio (bitte).

Considerazioni analoghe riguardo alle condizioni di pescaggio delle nuove navi di progetto - non sempre garantite nei valori massimi all'ormeggio in virtù dei fondali effettivamente disponibili - sono state eseguite anche per le Banchine C e D della piastra multifunzionale.

Per quanto attiene alla banchina rinfuse C, considerati i limiti imposti dai fondali e nel contempo l'esigenza di disporre di un franco di sicurezza sottochiglia (viste le condizioni di esposizione dell'accosto e conformemente a quanto richiesto dal terminalista) non inferiore ad 1,85 m all'ormeggio, si è valutata una condizione di pescaggio di entrambe le navi di progetto all'arrivo in banchina al massimo pari a 13.5 m e quindi con una capacità di carico ridotta, pari al 91% di quella massima nel caso della Mini Cape e al 98% di quella massima nel caso della Jo Jin Maru. È tuttavia possibile per entrambe le navi di progetto accostare in banchina a pieno carico (pescaggio 14,6 m) in condizioni meteomarine di calma, tenendo conto di un adeguato franco di sicurezza sottochiglia non inferiore a 0,65 m.

Infine, per quanto concerne la Banchina Petroli D, i fondali di progetto sono in grado di garantire il franco di sicurezza sottochiglia necessario (non inferiore a 1,40 m) per la tanker di maggiori dimensioni a pieno carico, pertanto non sono richieste condizioni di allibo restrittive.

Si rimanda al documento "Fondali di progetto nell'area portuale – Relazione di calcolo" (MI010P PE G L R 4126 C0) per i dettagli in merito alla definizione dei franchi di sicurezza sottochiglia delle navi di progetto nelle aree di manovra e agli ormeggi.

A seguire sono dunque riepilogati, per ciascun accosto, i dati caratteristici delle navi di progetto. Tali dati sono tratti da fonti autorevoli, quali le "*Guidelines for the design of fenders systems: 2002*" (PIANC - MarCom Report of WG 33) ed il *Lloyd's Register of Ships* aggiornato al marzo 2014.

TAB. 2-1 - BANCHINA PORTACONTENITORI - TRATTO A

Portacontenitori n. 1 - Feeder (max 600-750 TEU)					
Fondale disponibile	15 m				
Caratteristiche nave di progetto a pieno carico					
Loa	= 138.1 m	Δ	=	20.200 t	
Lbp	= 128.4 m	DWT	=	14.643 t	
B	= 22,90 m	TPC	=	28	
T	= 8,3 m	Cb	=	0,81	
Depth	= 13 m	Freeb.	=	3,7 m	
Caratteristiche nave di progetto allibata					
Percentuale di carico	100%				
Pescaggio nave allibata	T				

Portacontenitori n. 2 - E-class ("Emma Maersk", 15.500 TEU)					
Fondale disponibile	15 m				
Caratteristiche nave di progetto a pieno carico					
Loa	= 398 m	Δ	=	218.788 t	
Lbp	= 376 m	DWT	=	158.200 t	
B	= 56,4 m	TPC	=	150	
T	= 16 m	Cb	=	0,63	
Depth	= 30.2 m	Freeb.	=	14,2 m	
Caratteristiche nave di progetto allibata					
Percentuale di carico	79% (12.245 TEU)	DWT_{all}	=	124.450 t	
Pescaggio nave allibata (T_{all})	13,75 m				
Freeboard nave allibata ($Freeb_{all}$)	16,45 m				
Dislocamento nave allibata (Δ_{all})	185.000 t				
Cb_{all}	0,62				

TAB. 2-2 - BANCHINA PORTACONTENITORI - TRATTO B

Portacontenitori n. 1 - Feeder (max 600-750 TEU)					
Fondale disponibile	≥ 17.25 m				
Caratteristiche nave di progetto a pieno carico					
Loa	=	138.1 m	Δ	=	20.200 t
Lbp	=	128.4 m	DWT	=	14.643 t
B	=	22,90 m	TPC	=	28
T	=	8,3 m	Cb	=	0,81
Depth	=	13 m	Freeb.	=	3,7 m
Caratteristiche nave di progetto allibata					
Percentuale di carico	100%				
Pescaggio nave allibata	T				

Portacontenitori n. 2 - E-class ("Emma Maersk", 15.500 TEU)					
Fondale disponibile	≥ 17.25 m				
Caratteristiche nave di progetto a pieno carico					
Loa	=	398 m	Δ	=	218.788 t
Lbp	=	376 m	DWT	=	158.200 t
B	=	56,4 m	TPC	=	150
T	=	16 m	Cb	=	0.63
Depth	=	30.2 m	Freeb.	=	14,2 m
Caratteristiche nave di progetto allibata					
Percentuale di carico	100%				
Pescaggio nave allibata	T				

TAB. 2-3 - BANCHINA RINFUSE - TRATTO C

Portarinfuse n. 1 – Mini Cape			
Fondale disponibile	≥ 16.25 m		
Caratteristiche nave di progetto a pieno carico			
Loa = 255 m Lbp = 248 m B = 43,0 m T = 14,5 m Depth = 20,2 m		Δ = 134.904 t DWT = 114.563 t TPC = 103,6 Cb = 0,85 Freeb. = 5,7 m	
Caratteristiche nave di progetto allibata			
Percentuale di carico	91%	DWT_{all} = 104.203 t	
Pescaggio nave allibata (T_{all})	13,5 m		
Freeboard nave allibata ($Freeb_{all}$)	6,7 m		
Dislocamento nave allibata (Δ_{all})	125.000 t		
Cb_{all}	0,85		

N.B. *In condizioni meteomarine di calma, la nave può accostare a pieno carico*

Portarinfuse n. 2 – Jo Jin Maru			
Fondale disponibile	≥ 16.25 m		
Caratteristiche nave di progetto a pieno carico			
Loa = 240 m Lbp = 236 m B = 38,0 m T = 14,6 m Depth = 20,0 m		Δ = 116.500 t DWT = 98.697 t TPC = 14,4 Cb = 0,87 Freeb. = 5,4 m	
Caratteristiche nave di progetto allibata			
Percentuale di carico	98%	DWT_{all} = 97.113 t	
Pescaggio nave allibata (T_{all})	13,5 m		
Freeboard nave allibata ($Freeb_{all}$)	6,5 m		
Dislocamento nave allibata (Δ_{all})	108.000 t		
Cb_{all}	0,87		

N.B. *In condizioni meteomarine di calma, la nave può accostare a pieno carico*

TAB. 2-4 - BANCHINA PETROLI - TRATTO D

Tanker n. 1 - Ottomana					
Fondale disponibile	≥ 12 m				
Caratteristiche nave di progetto a pieno carico					
Loa	=	169,1 m	Δ	=	35.000 t
Lbp	=	158,7 m	DWT	=	27.300 t
B	=	27,4 m	TPC	=	37,5
T	=	9,96 m	Cb	=	0,79
Depth	=	14,6 m	Freeb.	=	4,6 m
Caratteristiche nave di progetto allibata					
Percentuale di carico	100%				
Pescaggio nave allibata	T_{max}				

Tanker n. 2					
Fondale disponibile	≥ 12 m				
Caratteristiche nave di progetto a pieno carico					
Loa	=	102 m	Δ	=	8.360 t
Lbp	=	97 m	DWT	=	5.000 t
B	=	16,8 m	TPC	=	13
T	=	6,4 m	Cb	=	0,78
Depth	=	7,9 m	Freeb.	=	1,5 m
Caratteristiche nave di progetto allibata					
Percentuale di carico	100%				
Pescaggio nave allibata	T_{max}				

3. CRITERI DI PROGETTO

3.1. Fender

L'ormeggio di una nave in banchina è un processo che avviene mediante la ciclica trasformazione dell'energia (cinetica) di accosto della nave in energia potenziale accumulata nella fase di deformazione/compressione dei fender.

Si osservi lo schema d'ormeggio proposto in Fig. 3-1 e la diversa attività dei rimorchiatori chiamati in assistenza. Si fa notare che lo schema è puramente concettuale; la posizione ed il numero dei rimorchiatori possono infatti essere diversi a seconda dei sistemi propulsivi ausiliari in dotazione alla nave (presenza di thruster a prua ed eventualmente anche a poppa). Restando quindi allo schema si osserva che alcuni rimorchiatori agiscono in *push* mentre altri (in *pull*) mantengono il controllo della posizione della nave (occorre evitare che la nave giunga all'ormeggio troppo angolata o parallela alla linea di banchina). Lo schema si mantiene in tal modo inalterato fino a quando non avviene l'urto della nave (generalmente di prua) contro il/i fender/s (il numero dipende dall'interasse, dall'angolazione della nave all'accosto, dal raggio di curvatura della prua,…).

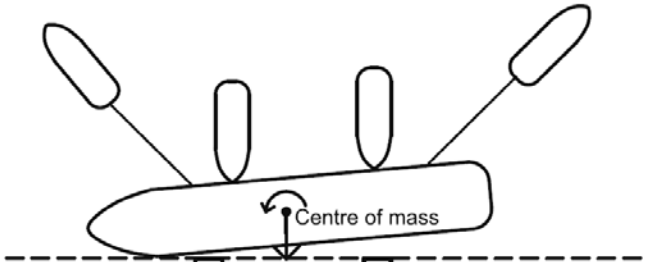


FIG. 3-1 - SCHEMA DI ORMEGGIO (CON AUSILIO DEI RIMORCHIATORI)

Nell'ipotesi che il contatto avvenga contro un unico fender, a seguito dell'urto, questo si deforma e l'energia cinetica della nave si trasforma in energia potenziale attraverso la deformazione/compressione del fender. Raggiunto il livello massimo di deformazione/compressione, il fender risponde elasticamente trasferendo l'energia potenziale pre-

cedentemente accumulata in energia cinetica della nave, la quale subisce quindi una traslazione e una rotazione attorno al suo baricentro. La nave quindi ruota (controllata dai rimorchiatori in *push*) ed il punto di contatto con il fender si trasferisce a poppavia della nave, in corrispondenza del quale il ciclo di trasferimento di energia si ripete. Durante il trasferimento del punto di contatto da prua a poppa (e viceversa) risulta molto importante che i rimorchiatori (specialmente quelli agenti in *push*) restino in attività. Il movimento della nave cessa quando tutta l'energia cinetica risulta dissipata.

"Il fender rappresenta la necessaria interfaccia tra la nave in fase di ormeggio e la banchina e la sua principale funzione è quella di trasformare l'energia di accosto della nave in reazioni che sia la nave stessa che le strutture di banchine possono sostenere con sufficiente fattore di sicurezza" (da "*Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines*" di Carl A. Thoresen, 2010).

Il calcolo dei fender viene eseguito attraverso le seguenti fasi:
- calcolo dell'energia cinetica di accosto per ciascuna nave di riferimento diretta al corrispondente attracco previsto nel nuovo terminal;
- selezione dei fender più idonei a contrastare l'energia di accosto e a fermare appropriatamente (delicatamente) la nave senza causare danni alla nave, alle strutture di banchina o ai fender.

Il dimensionamento dei fender viene condotto con riferimento alla vasta letteratura scientifica e tecnica disponibile, nonché alle Raccomandazioni generali e alle Norme internazionali che ne regolamentano sia i criteri di calcolo sia le caratteristiche.

In particolare, per la valutazione dell'energia cinetica della generica nave in accosto si fa riferimento alle "*Guidelines for the Design of Fenders Systems: 2002*" redatto dalla Commissione Speciale del PIANC MarCom WG 33, che recepiscono le raccomandazioni del "*British Standard Code of Practice for Maritime Structures*" BS 6349:Part 1:1984 "*General criteria*" e BS 6349:Part 4:1994 "*Code of practice for design of fendering and mooring system*".

Il calcolo dell'energia di accosto viene effettuato in riferimento alla nave di progetto di dimensioni maggiori che può accostare a ciascuna banchina mentre la valutazione dell'interasse a cui occorre posizionare i fender viene eseguita sulla base della nave di dimensioni minime che si prevede possa utilizzare ciascun accosto.

Per quanto attiene alla banchina C, il calcolo dell'energia di accosto sviluppato per la nave di progetto di maggiori dimensioni ha fatto riferimento alla condizione di pieno carico della nave, in quanto in condizioni meteomarine di calma non sono previste condizioni di allibo restrittive.

I fender di progetto sono stati selezionati tenendo in considerazione le tolleranze di fabbricazione, così come raccomandato dal produttore, che possono comportare una riduzione del 10% della capacità di assorbimento dei fender.

Nella valutazione della disposizione finale da adottare per i fender si è tenuto conto anche delle seguenti considerazioni:

- gli interassi dei fender lungo la banchina destinata alle navi portacontenitori devono essere possibilmente omogenei per consentire una maggiore flessibilità operativa;
- gli interassi dei fender lungo la banchina D devono essere variabili per tener conto delle diverse stazze del naviglio che si prevede utilizzerà quegli accosti.

I pannelli frontali da installare sui fender sono stati dimensionati allo scopo di distribuire in maniera adeguata le reazioni dei fender sullo scafo della nave e di mantenere quindi la pressione di contatto al di sotto di quella massima ammissibile che può sopportare lo scafo della generica nave.
La massima reazione esercitata dai fender sullo scafo della nave è stata calcolata considerando le tolleranze di fabbricazione (+10%), così come raccomandato dal produttore.
Per quanto riguarda i valori della massima *hull pressure* sostenibile dalla nave, di seguito vengono riportati i limiti assunti nell'ambito del progetto, che sono in linea con quelli proposti da Carl A. Thoresen in "*Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines*" (2010):

- Portarinfuse: < 200 kN/m^2

– Tanker: < 250 kN/m^2

Per entrambe le portacontenitori è stato invece assunto un unico limite di pressione ammissibile sullo scafo pari a 172 kN/m^2, valore fornito da Maersk (inferiore ai limiti raccomandati dalle diverse fonti bibliografiche).

L'interasse dei fender è stato definito in conformità alle seguenti raccomandazioni:

– le BS (BSI 6349:Part 4:1994) fissano un interasse che deve risultare non maggiore di 0,15*Ls (dove Ls è la lunghezza della nave di minori dimensioni che si prevede possa utilizzare la banchina);

– Carl A Thoresen (in "*Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines*", 2010) suggerisce interassi pari al 5-10% di Loa (Lunghezza "fuori tutto" della nave) per navi fino a 20.000 DWT. Per navi con DWT maggiore di tale limite l'interasse può essere assunto pari al 25-50% di Loa;

– il PIANC ("*Guidelines for the Design of Fenders Systems: 2002*") - con riferimento allo schema illustrato in Fig. 3-2 - propone la seguente formula per il calcolo dell'interasse dei fender:

$$F_{ns} = \sqrt{4 \cdot H \cdot R_b - H^2}$$

dove H è l'altezza del fender selezionato ed R_b il raggio di curvatura della prua della nave calcolabile mediante la seguente relazione:

$$R = \frac{1}{2}\left(\frac{B}{2} + \frac{Loa^2}{8 \cdot B}\right)$$

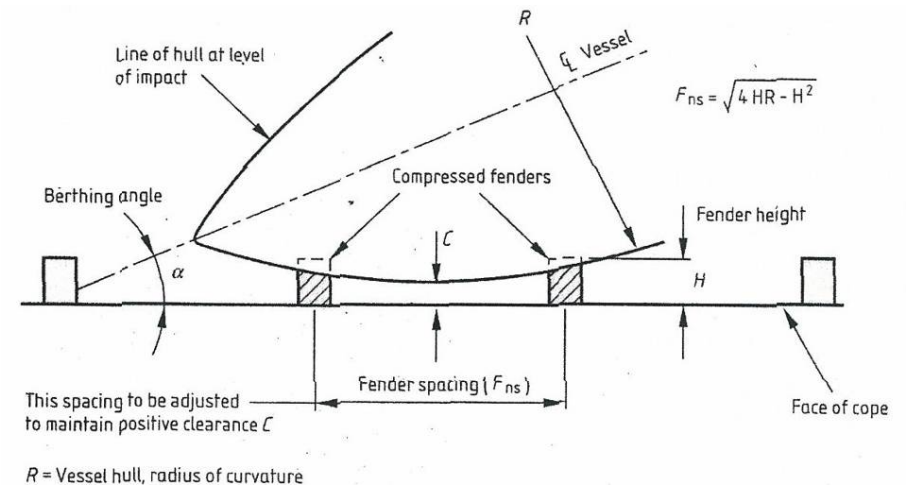


FIG. 3-2 - INTERASSE DEI FENDER (RIF. "*GUIDELINES FOR THE DESIGN OF FENDERS SYSTEMS: 2002*", PIANC)

3.2. Bitte di ormeggio

Le bitte di ormeggio devono poter assicurare la nave alle strutture di banchina con adeguato margine di sicurezza. Devono quindi poter resistere alle forze che vengono loro trasmesse attraverso i cavi di ormeggio dall'azione di onde, corrente e vento che agiscono sulla nave. Anche l'azione di sesse, maree e *ship suction* (forze che nascono dalle depressioni che si generano tra una nave all'ormeggio ed un'altra che naviga nelle immediate vicinanze) non deve essere trascurata. In questa sede viene tenuta in conto nella definizione di un coefficiente moltiplicativo del tiro nominale.

Il dimensionamento delle bitte d'ormeggio viene condotto con riferimento alla vasta letteratura scientifica e tecnica disponibile, nonché alle Raccomandazioni generali e alle Norme internazionali che ne regolamentano sia i criteri di calcolo sia le caratteristiche.

In particolare, per la valutazione del tiro nominale alle bitte e degli interassi a cui prevederle, si è fatto riferimento alla seguente letteratura disponibile in materia:

– le raccomandazioni contenute nel BS 6349:Part 4:1994 "Code of practice for design of fendering and mooring system" (Table 7 pg. 40);

– le indicazioni fornite da Carl. A. Thoresen in "*Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines*" (2010) che, in accordo con le BS, aggiunge utili indicazioni sugli interassi delle bitte, non presenti nelle prime in modo così puntuale;
– le indicazioni fornite dai più importanti fornitori di sistemi di ormeggio a livello internazionale, quali Trelleborg (Fentek).

La valutazione del tiro nominale viene effettuato in riferimento alla nave di progetto di dimensioni maggiori che può accostare a ciascuna banchina mentre la valutazione dell'interasse a cui posizionare le bitte d'ormeggio viene eseguita sulla base della nave di dimensioni minime che si prevede possa utilizzare ciascun accosto.

Il dimensionamento delle bitte d'ormeggio è stato sviluppato nell'ipotesi che per tutte le banchine si realizzi uno schema di ormeggio tipo "*alongside berth*" (rif. Fig. 3-3) e tenendo conto anche che gli interassi e le caratteristiche delle bitte lungo la banchina destinata alle navi portacontenitori devono essere possibilmente omogenei per consentire una maggiore flessibilità operativa.

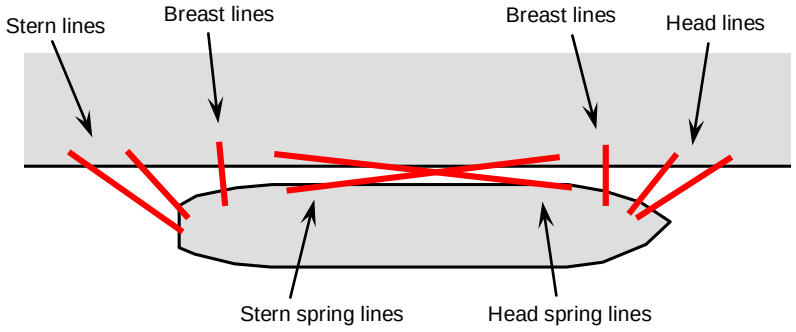


FIG. 3-3 - SCHEMA DI DISPOSIZIONE DEI CAVI IN CONDIZIONI DI ORMEGGIO TIPO "ALONGSIDE BERTH"

Gli interassi delle bitte devono inoltre soddisfare i requisiti richiesti da diversi regolamenti e linee guida, quali il British Standard (BS 6349-1:2000, "*Maritime Structures – Part 1: Code of Practice For General Criteria*") e il PIANC ("*Criteria for Movements of Moored Ships in Harbours – A Practical Guide*" (1995)), circa la corretta angolazio-

ne orizzontale e verticale dei cavi di ormeggio (si vedano i requisiti riportati in Tab. 3-2 nel paragrafo seguente).

3.3. Sistemi di ormeggio

La verifica dei sistemi di ormeggio viene effettuata mediante un software specialistico (OPTIMOOR) implementato dalla *Tension Technology International* (TTI) che consente la verifica degli schemi di ormeggio con il controllo diretto dello stato tensionale nelle linee di ormeggio e dell'angolazione delle stesse, dei carichi sulle bitte e della performance dei fender sulla base delle raccomandazioni OCIMF (*Oil Companies International Marine Forum*).

Per quanto riguarda lo *stato tensionale* delle *linee di ormeggio*, i valori limite di tensione raccomandati dall'OCIMF sono riassunti in Tab. 3-1, in riferimento alle diverse tipologie dei cavi d'ormeggio in dotazione alle navi.

TAB. 3-1 - VALORI LIMITE DELLA TENSIONE DELLE CIME D'ORMEGGIO

Materiale costituente la cima d'ormeggio	**Tensione limite**
Acciaio	55% MBL*
Materiale sintetico	50% MBL
Poliamide	45% MBL

*MBL = Carico minimo di rottura della cima

Per quanto attiene all'*inclinazione* orizzontale e verticale delle *cime d'ormeggio*, i valori di riferimento sono riportati in Tab. 3-2 e tengono conto delle raccomandazioni contenute nei diversi regolamenti e linee guida, quali il British Standard Code of Practice for Maritime Structures (BS 6349:Part4:1994), le ROM 0.2-90 e il PIANC.

TAB. 3-2 - ANGOLAZIONE RACCOMANDATA DELLE CIME D'ORMEGGIO

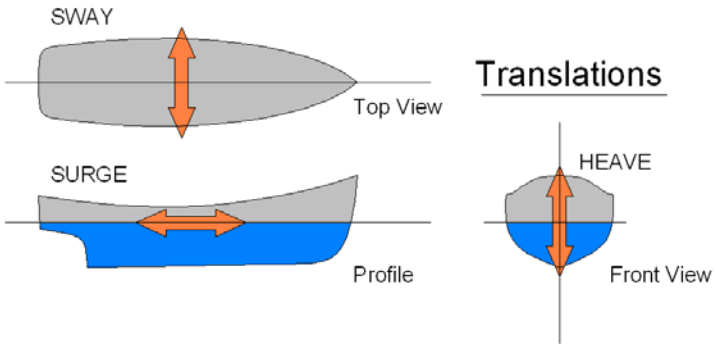
Cima d'ormeggio	**Angolazione orizzontale**	**Angolazione verticale**
Cime di prua e poppa	45°±15°	<30°
Traversi di prua e poppa	90°±30°	
Springs	5-10°	

La verifica della *performance dei fender* è stata effettuata sulla base del confronto tra le massime spinte esercitate sui fender dalle navi all'ormeggio e quelle sostenibili dai sistemi di assorbimento di progetto.

3.4. Spostamenti massimi ammissibili delle navi all'ormeggio

Le analisi eseguite tramite il software OTIMOOR hanno permesso di individuare le condizioni meteomarine che determinano il raggiungimento degli spostamenti massimi ammissibili al fine di consentire il carico/scarico delle merci e pertanto l'operatività in banchina.

Gli *spostamenti massimi ammissibili* delle navi all'ormeggio (si veda la Fig. 3-4) sono stati fissati in accordo alle raccomandazioni del PIANC (Report of WG 24: "Criteria for Movements of Moored Ships in Harbours – A Practical Guide" (1995)) e vengono riportati in Tab. 3-3.



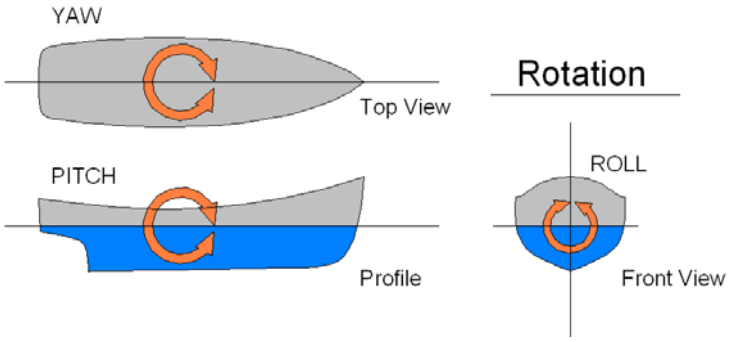


FIG. 3-4 - SPOSTAMENTI DELLE NAVI NEL PIANO VERTICALE ED ORIZZONTALE

TAB. 3-3 - SPOSTAMENTI AMMISSIBILI NAVI

Tipologia nave	**Surge (m)**	**Sway (m)**	**Heave (m)**	**Yaw (°)**	**Pitch (°)**	**Roll (°)**
Portacontainer	±0,75	±0,9	±0,5	±0,62	±0,75	±2,2
Portarinfuse	±1,0	±1,0	±0,5	±1,0	±1,0	±1,0
Tanker	±1,5	±3,0	-	-	-	-

A riguardo si precisa che il valore ammissibile di heave assunto per le navi portacontenitori (±0,5 m) corrisponde ad una efficienza delle operazioni di scarico/carico delle merci pari al 75% e risulta quindi superiore al valore limite indicato dal PIANC (±0,4 m) per garantire una piena operatività in banchina.

E' stato infatti ritenuto opportuno verificare lo stato tensionale delle cime d'ormeggio e i carichi sulle bitte con riferimento allo scenario più gravoso, ovvero quello caratterizzato da condizioni meteomarine tali da limitare l'efficienza delle operazioni di scarico/carico ma consentire comunque alla nave di rimanere in banchina.
L'assunzione, per le navi portacontenitori, di un valore limite di heave superiore a quello che garantisce la piena efficienza delle operazioni in banchina risulta cautelativo anche ai fini della valutazione del franco di sicurezza sottochiglia delle navi all'ormeggio.

Per la trattazione completa di questo tema si rimanda al documento "Fondali di progetto nell'area portuale – Relazione di calcolo" (MI010P PE G L R 4126 C0).

4. DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ASSORBIMENTO DELL'ENERGIA DI ACCOSTO DELLE NAVI (FENDER)

4.1. Metodologia di calcolo dell'energia di accosto e selezione dei fender

Gli schemi di calcolo dell'energia di accosto delle navi agli ormeggi del nuovo Terminal di Vado Ligure sono riferiti tutti allo stesso schema di ormeggio, classificato in letteratura come "*side berthing*" (rif. Fig. 4-1).

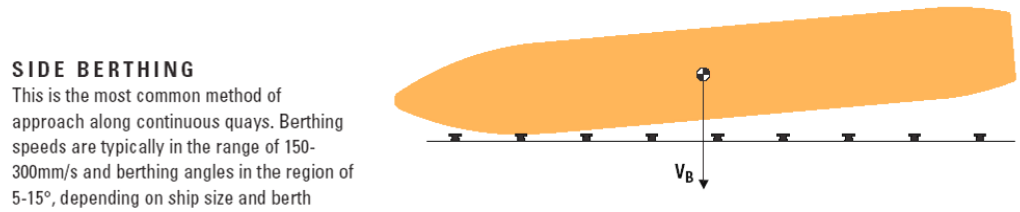


FIG. 4-1 - SCHEMA DI CALCOLO DELL'ENERGIA DI ACCOSTO NEL CASO IN ESAME

Per tale schema di ormeggio l'energia cinetica di accosto (*Berthing Energy*) è calcolata attraverso la seguente relazione:

$$E_N = \frac{1}{2} \cdot \Delta \cdot (V_B)^2 \cdot C_M \cdot C_E \cdot C_S \cdot C_C \qquad \text{(kNm)}$$

Dove:

Δ è il dislocamento della nave in tonnellate a pieno carico (o Δ_{all} in caso di nave allibata);

V_B è la velocità di accosto della nave in m/s ortogonale all'ormeggio. Il suo valore dipende dal grado di esposizione della banchina alle avverse condizioni meteomarine, dal dislocamento della nave e dalle condizioni di attracco;

C_M é un coefficiente che tiene conto del fatto che una notevole massa d'acqua si sposta con la nave (*Hydrodynamic mass coefficient*), quantità che aumenta col pescaggio e decresce con la larghezza della nave. L'effetto di tale massa d'acqua è

notevole in quanto continua a spingere la nave anche quando essa è ormai ferma all'ormeggio. Per il calcolo viene proposta la seguente relazione:

$C_M = 1+2D/B$

dove D = pescaggio della nave (m); B = larghezza della nave (m).

C_E è il coefficiente di eccentricità e consente di tener conto della riduzione dell'energia cinetica trasmessa ai fender quando l'urto non avviene parallelamente alla banchina (C_E=1) ma risulta invece inclinato (C_E<1), nel qual caso una notevole dissipazione dell'energia può avvenire attraverso la rotazione della nave. Il calcolo di tale coefficiente avviene attraverso la seguente relazione:

$C_E = (K^2+R^2\cos^2\gamma)/(K^2+R^2)$

dove:

K = $(0{,}19\ C_b+0{,}11)L$ *raggio giratore della nave* (m);

R = distanza del baricentro della nave dal punto di impatto (m);

γ = angolo tra la congiungente il punto di contatto al baricentro della nave e il vettore velocità (rif. Fig. 4-2);

Lbp = lunghezza tra i perpendicolari della nave (m);

$C_b = M_D / (Lbp*B*T\ \gamma_w)$ *coefficiente di blocco della nave*

γ_w = densità dell'acqua di mare (t/m^3);

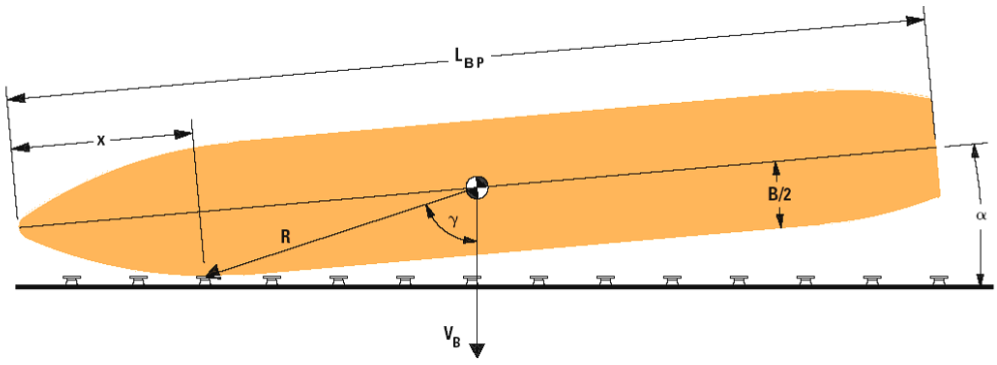


FIG. 4-2 - SCHEMA DI ACCOSTO: PARAMETRI DEL COEFFICIENTE DI ECCENTRICITÀ (C_E)

C_S é il coefficiente che tiene conto dell'energia eventualmente assorbita dalla deformazione dello scafo della nave. Assume valore pari a 0,9 nel caso che la nave sia equipaggiata con sistemi propri di fender, pari a 1,0 in caso contrario;

C_C è il coefficiente (*Berthing configuration coefficient*) che consente di considerare la riduzione dell'energia di accosto per effetto di una particolare tipologia costruttiva della banchina.

Le banchine a parete verticale attenuano l'urto della nave per l'effetto *cushioning*, ovvero l'effetto ammortizzante dell'acqua intrappolata tra scafo e banchina e in questi casi Cc viene assunto pari a 0,9 (si tenga presente però che per angoli di accosto superiori a 5° l'effetto *cushioning* svanisce). Le banchine su pali risultano invece permeabili, per cui Cc viene generalmente assunto pari a 1,0.

In Tab. 4-1 sono riportati i calcoli eseguiti nelle seguenti ipotesi:

– con riferimento al grafico proposto in Fig. 4-3 (assunto come riferimento nelle già citate pubblicazioni del PIANC e delle BS) la velocità d'urto (V_B) è stata in questa fase cautelativamente definita considerando condizioni di accosto del tipo "c" ("*Easy berthing, exposed*"). È stato comunque assunto, in accordo sia con le raccomandazioni del PIANC (rif. "Guidelines for the Design of Fenders Systems: 2002", Table 4.2.1 pg. 19) sia con le BS (rif. BS 6349 :Part 1:1984, Table 6 pg. 84), che la velocità della nave non debba mai essere inferiore ad alcuni limiti prefissati in funzione delle dimensioni della nave e delle modalità di accosto. Le velocità di accosto sono quindi ricavate dal grafico in Fig. 1.6 solo se risultano maggiori di tali limiti.
Per quanto riguarda le tankers, sebbene la letteratura specialistica (PIANC Report n° 116 – 2012 [Rif. 4]) raccomandi che la velocità di approccio sia ridotta a circa 0,05 m/s nella fase finale che precede il contatto con i fender, l'energia di accosto è stata cautelativamente calcolata in riferimento ad una velocità di 0,15 m/s.

a	Easy berthing, sheltered
b	Difficult berthing, sheltered
c	Easy berthing, exposed
d	Good berthing, exposed
e	Difficult berthing, exposed

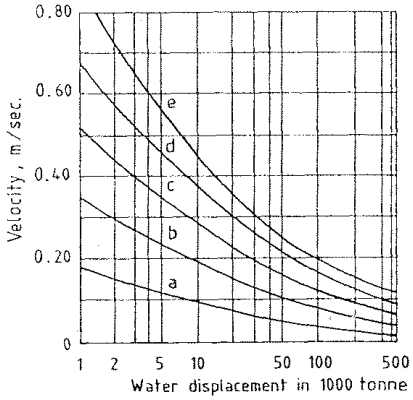


FIG. 4-3 - VELOCITÀ DI ACCOSTO IN FUNZIONE DELLE CONDIZIONI DI NAVIGAZIONE E DELLE DIMENSIONI DELLE NAVI (BROLSMA ET AL., 1977)

– l'energia di accosto (E_N) viene aumentata, in accordo con le prescrizioni e raccomandazioni vigenti, per tener conto di quello che viene chiamato "*abnormal impact*", ovvero l'impatto che potrebbe accidentalmente accadere per motivi diversi, quali la rottura dei cavi di traino dei rimorchiatori o di ormeggio alla banchina, l'errore umano, l'improvviso peggioramento delle condizioni meteomarine,… Nei casi in esame l'energia per urto accidentale (E_A) è stata calcolata con la relazione:

$$E_A = E_N \cdot F_S$$

dove F_S è il fattore di sicurezza per il quale vengono assunti i seguenti valori (rif. "*Guidelines for the Design of Fenders Systems: 2002*", Table 4.2.5 pg. 23):

Tankers and Portarinfuse	F_S = 1,25	per la nave di dimensioni maggiori tra quelle che utilizzano la banchina
	F_S = 1,75	per la nave di dimensioni minori tra quelle che utilizzano la banchina
Navi portacontenitori	F_S = 1,5	per la nave di dimensioni maggiori tra quelle che utilizzano la banchina
	F_S = 2,0	per la nave di dimensioni minori tra quelle che utilizzano la banchina

- per quanto attiene alla banchina C, il calcolo dell'energia di accosto sviluppato per la nave di progetto di maggiori dimensioni ha fatto riferimento alla condizione di pieno carico della nave, in quanto in condizioni meteomarine di calma non sono previste condizioni di allibo restrittive;
- i valori di energia calcolati e l'altezza del fronte banchina disponibile rendono obbligata la scelta di una configurazione del sistema di assorbimento dell'urto in fase di accosto della nave (fender con pannello frontale) del tipo illustrato in Fig. 4-4, costituito cioè da un solo fender tipo "Super CoNe" (da cui la sigla (SCN) o equivalente;

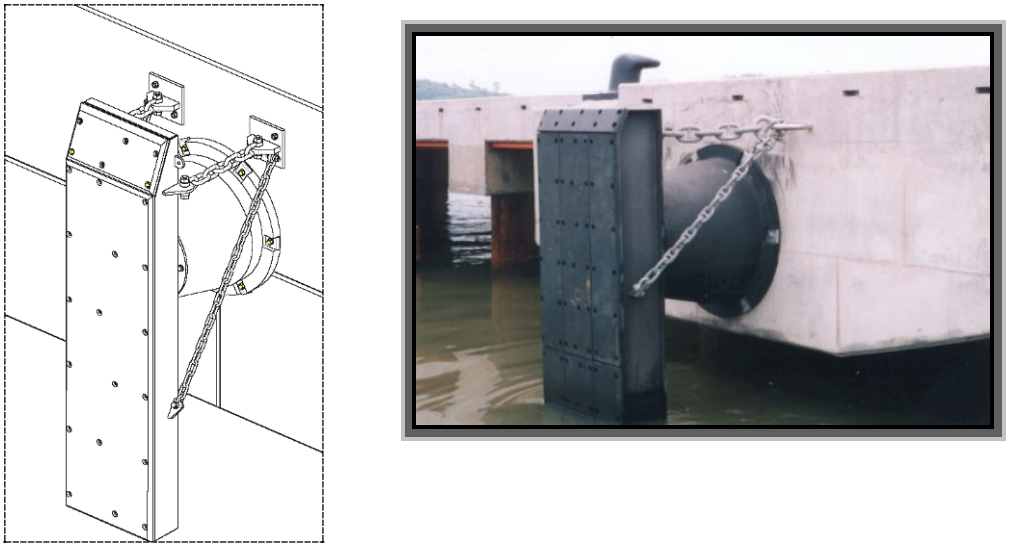


FIG. 4-4 - SCHEMA DEL TIPO DI FENDER SELEZIONATO (FONTE: CATALOGO TRELLEBORG)

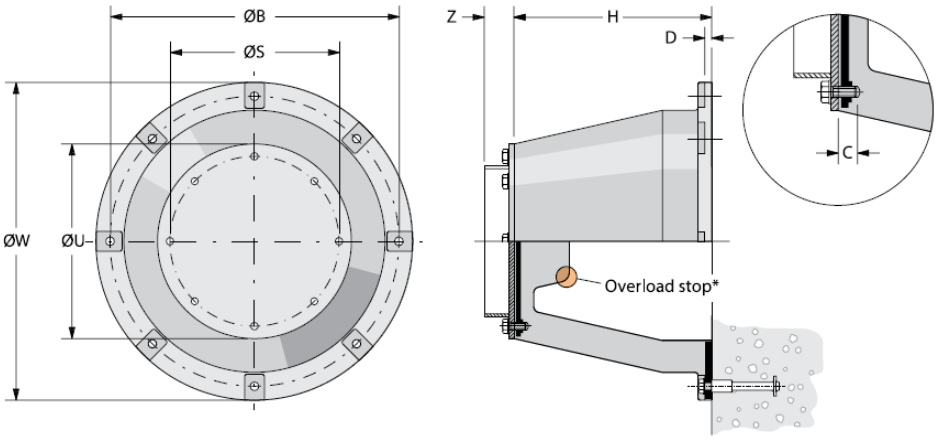
- nella selezione dei fender di progetto si è tenuto conto delle tolleranze di fabbricazione, così come raccomandato dal produttore, che possono comportare una riduzione del 10% della capacità di assorbimento dei fender;
- per consentire la maggiore flessibilità possibile di utilizzo delle banchine A e B, su tutto il fronte sono adottati fender aventi le medesime caratteristiche geometriche ed elastiche.

TAB. 4-1 - CALCOLO DELL'ENERGIA DI ACCOSTO E SELEZIONE DEI FENDER

Tipologia di nave		Portacontenitori 2 – allibata	Portacontenitori 2 – a pieno carico	Portarinfuse 1	Tanker 1
Banchina di riferimento		Banchina A	Banchina B	Banchina C	Banchina D
Dati di input					
L_{oa}	(m)	398,00	398,00	255,00	169,15
B	(m)	56,40	56,40	43,00	27,40
T (o T_{all})	(m)	13,75	16,02	14,50	9,96
Cb (o Cb_{all})		0,62	0,63	0,85	0,79
γ_w	(t/m^3)	1,03	1,03	1,03	1,03
Δ (o Δ_{all})	(t)	**185.000**	**218.788**	**134.904**	**35.000**
α	(°)	6	6	10	10
DWT (o DWT_{all})	(t)	124.450	158.200	114.563	27.300
Dati di output					
V_B	(m/s)	**0,12**	**0,12**	**0,12**	**0,15**
L_{bp}	(m)	376,00	376,00	248,00	158,70
C_M		**1,49**	**1,57**	**1,67**	**1,73**
K	(m)	85,58	86,25	67,39	41,23
R	(m)	98,14	98,14	65,62	41,97
γ	(°)	67,30	67,30	60,87	60,95
C_E		**0,52**	**0,52**	**0,63**	**0,61**
C_S		**1,0**	**1,0**	**1,0**	**1,0**
C_C		**1,0**	**1,0**	**1,0**	**1,0**
E_N	(kNm)	**1.024**	**1.284**	**1.022**	**416**
E_A	**(kNm)**	**1.535**	**1.926**	**1.278**	**519**
$E_{A,MIN}$	**(kNm)**	**1.706**	**2.140**	**1.420**	**577**
Tipologia Fender TRELLEBORG (o equivalente)		**SCN 1600 E2.4**	**SCN 1600 E2.4**	**SCN 1300 E3.1**	**SCN 1100 E1.7**
E*	(kNm)	**2.162**	**2.162**	**1.463**	**595**
R*	(kN)	**2.605**	**2.605**	**2.167**	**1.043**

* Valore nominale al 72% di deformazione

Come si rileva dalla Tab. 4-1, viene proposta ovunque la tipologia "Super Cone Fender" (contrassegnata dalla sigla "SCN"). In Fig. 4-5 sono riportate le caratteristiche geometriche di tale tipologia di fender (rif. catalogo azienda Trelleborg).



	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

[Units: mm, kg]

FIG. 4-5 - CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEI SUPER CONE FENDER - SCN (TRELLEBORG). IN EVIDENZA I FENDER ADOTTATI NEL PROGETTO

4.2. Dimensionamento dei pannelli frontali

I pannelli sono installati sui fender allo scopo di distribuire in maniera adeguata le reazioni dei fender sullo scafo della nave, senza comprometterne l'integrità.

Le dimensioni dei pannelli frontali sono calcolate dal rapporto tra la massima reazione esercitata dal fender e la pressione massima ammissibile che può sopportare lo scafo della generica nave.

La massima reazione esercitata dal fender sullo scafo della nave è stata calcolata considerando le tolleranze di fabbricazione (+10%), così come raccomandato dal produttore. Le massime reazioni esercitate dai vari sistemi di fender risultano quindi quelle riportate in Tab. 4-2.

TAB. 4-2 - REAZIONI MASSIME ESERCITATE DAI FENDER DI PROGETTO

Fender	**R (kN)**	**R_{max} (kN)**
SCN 1600 E2.4	2.605	2.866
SCN 1300 E3.1	2.167	2.384
SCN 1100 E1.7	1.043	1.147

Per quanto riguarda i valori della massima *hull pressure* sostenibile dalla nave, di seguito vengono riportati i limiti assunti nell'ambito del progetto, che sono in linea con quelli proposti da Carl A. Thoresen in "*Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines*" (2010):

– Portarinfuse: < 200 kN/m^2
– Tanker: < 250 kN/m^2

Per entrambe le portacontenitori è stato invece assunto un unico limite di pressione ammissibile sullo scafo pari a 172 kN/m^2, valore fornito da Maersk (inferiore ai limiti raccomandati dalle diverse fonti bibliografiche).

Con riferimento a tali valori viene proposto in Tab. 4-3 il riepilogo delle dimensioni adottate per pannelli, dove con "Ph_c" è stata indicata la massima pressione calcolata (ottenuta dividendo i valori di reazione in Tab. 4-2 con la superficie del pannello) e con "Ph_{amm}" la massima pressione ammissibile (selezionata dal precedente elenco).

Le dimensioni ottimali del pannello sono state ricavate determinate al fine di soddisfare il requisito Phc<Pha.

TAB. 4-3 - CALCOLO DELLE DIMENSIONI DEI PANNELLI FRONTALI

Tipologia di nave		Portacontenitori	Portarinfuse	Tankers
Banchina di riferimento		Banchina A e B	Banchina C	Banchina D
Altezza	(m)	**4,5**	**3,5**	**2,5**
Larghezza	(m)	**4,0**	**3,5**	**2,0**
Ph_c	(kN/m^2)	159	195	229
Ph_{amm}	(kN/m^2)	< 172	< 200	< 250

Viene inoltre verificato che il peso del pannello sia compatibile con lo schema di fender proposto - ad unico super cono (rif. Fig. 4-4) - per stabilire la necessità o meno di installare sistemi di supporto ausiliari quali catene.
Ogni Super Cono può sopportare un peso del pannello considerevole. I pesi dei pannelli sopportabili da tali fender, senza l'ausilio di sistemi di supporto ausiliari, sono riepilogati nella seconda colonna di Tab. 4-4.
Nella terza colonna sono riportati i pesi stimati dei pannelli sulla base delle dimensioni riportate in Tab. 4-3 e di progetti simili già eseguiti.

TAB. 4-4 - PESI AMMISSIBILI DEI PANNELLI ADOTTATI PER LE DIVERSE TIPOLOGIE DI FENDER

Indice di energia	**Peso ammissibile del pannello (kg)**	**Peso stimato del pannello (kg)**
SCN 1600 E2.4	4.645 x 1.3 = 6.039	~ 5.400
SCN 1300 E3.1	2.455 x 1.5 = 3.682	~ 3.675
SCN 1100 E1.7	1.567 x 1.0 = 1.567	~ 1.500

Nonostante dal confronto tra i pesi ammissibili e quelli stimati dei pannelli frontali si rilevi che non sono necessari sistemi ausiliari di supporto, al fine di garantire la verticalità dei pannelli ed evitare eccessive deformazioni, vengono previste quattro catene (2 diagonali ai lati del fender e 2 sopra il fender) a sostegno dei pannelli adottati per le diverse tipologie di fender.

4.3. Interasse dei fender

Esistono diverse formulazioni per la definizione dell'interasse dei fender. Quelle più autorevoli - ed ampiamente collaudate - sono di seguito elencate:

- le BS (BSI 6349:Part 4:1994) fissano un interasse che deve risultare non maggiore di 0,15*Ls (dove Ls è la lunghezza della nave di minori dimensioni che si prevede possa utilizzare la banchina);
- Carl A Thoresen (in "*Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines*", 2010) suggerisce interassi pari al 5-10% di Loa (Lunghezza "fuori tutto" della nave) per navi fino a 20.000 DWT. Per navi con DWT maggiore di tale limite l'interasse può essere assunto pari al 25-50% di Loa;
- il PIANC ("*Guidelines for the Design of Fenders Systems: 2002*") - con riferimento allo schema illustrato in Fig. 4-6 - propone la seguente formula per il calcolo dell'interasse dei fender:

$$F_{ns} = \sqrt{4 \cdot H \cdot R_b - H^2}$$

dove H è l'altezza del fender selezionato ed R_b il raggio di curvatura della prua della nave calcolabile mediante la seguente relazione:

$$R = \frac{1}{2}\left(\frac{B}{2} + \frac{Loa^2}{8 \cdot B}\right)$$

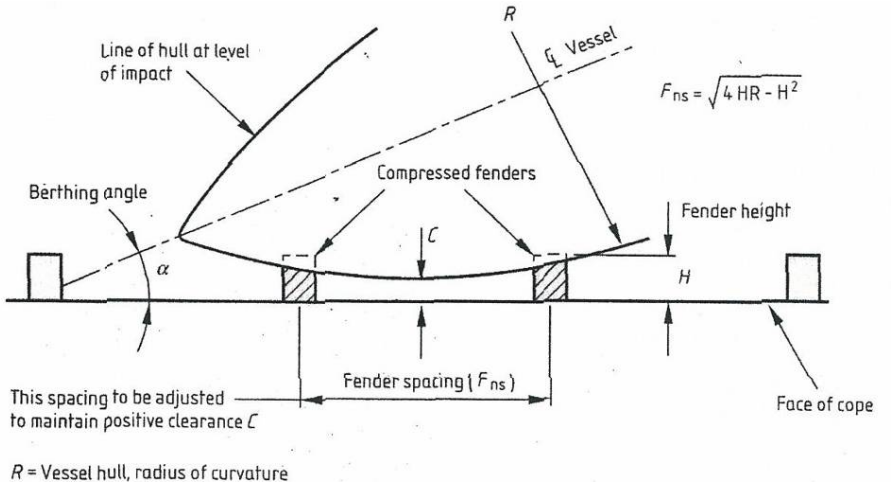


FIG. 4-6 - INTERASSE DEI FENDER (RIF. "*GUIDELINES FOR THE DESIGN OF FENDERS SYSTEMS: 2002*", PIANC)

In Tab. 4-5 sono riepilogati i risultati dei calcoli condotti con riferimento alle diverse formulazioni. I valori massimi degli interassi da adottare in questa fase dello studio sono riportati nell'ultima riga della tabella, differenziati per tipologia di banchina e nave.

La disposizione finale adottata per i fender è stata selezionata tenendo conto dei seguenti criteri:

- omogeneità negli interassi lungo la banchina destinata alle navi portacontenitori per consentire una maggiore flessibilità operativa;
- interassi variabili lungo la banchina D per tener conto delle diverse stazze del naviglio che si prevede utilizzerà quegli accosti.

TAB. 4-5 - INTERASSI DEI FENDER

Tipologia di nave		Portacontenitori 1	Portacontenitori 1	Portarinfuse 2	Tanker 1	Tanker 2
Banchina di riferimento		Banchina A	Banchina B	Banchina C	Banchina D	
S (B.S.)	(m)	20,72	20,72	36,00	25,37	15,30
S (Thoresen)	(m)	13,81	13,81	24,00	16,92	10,20
S (PIANC)	(m)	19,16	19,16	23,25	17,78	13,70
S progetto	**(m)**	**19,25**		**23**	**19**	**13**

5. DIMENSIONAMENTO DELLE BITTE DI ORMEGGIO

La valutazione del tiro nominale alle bitte d'ormeggio è stata eseguita mediante uno strumento modellistico appropriato per l'analisi degli schemi di accosto, denominato OPTIMOOR, implementato dalla *Tension Technology International* (TTI) sulla base delle raccomandazioni OCIMF (*Oil Companies International Marine Forum*). Nel capitolo 6 seguente sono riportati in dettaglio i risultati delle verifiche condotte con il modello OPTIMOOR.

5.1. Pre-dimensionamento delle bitte d'ormeggio in base alle indicazioni di letteratura

Nel presente paragrafo viene eseguito un pre-dimensionamento mirato alla definizione degli interassi delle bitte (da utilizzare come input in OPTIMOOR nella fase successiva di analisi approfondita degli schemi di ormeggio) e del tiro (da utilizzare quale termine di confronto con i risultati ottenuti con il modello).

Per la valutazione del tiro nominale alle bitte e degli interassi a cui prevederle, si è fatto riferimento alla seguente letteratura disponibile in materia:

- le raccomandazioni contenute nel BS 6349:Part 4:1994 "Code of practice for design of fendering and mooring system" (Table 7 pg. 40);
- le indicazioni fornite da Carl. A. Thoresen in "*Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines*" (vedi Tab. 5-1) che, in accordo con le BS, aggiunge utili indicazioni sugli interassi delle bitte, non presenti nelle prime in modo così puntuale;
- le indicazioni fornite dai più importanti fornitori di sistemi di ormeggio a livello internazionale, quali Trelleborg (Fentek).

La valutazione del tiro nominale è stata effettuata in riferimento alla nave di progetto di dimensioni maggiori che può accostare a ciascuna banchina, mentre la valutazione dell'interasse a cui occorre posizionare le bitte d'ormeggio è stata eseguita sulla base della nave di dimensioni minime che si prevede possa utilizzare ciascun accosto.

In Tab. 5-1 sono di seguito riepilogate le caratteristiche delle bitte raccomandate dalla letteratura in funzione del parametro 'dislocamento' delle navi di progetto, nell'ipotesi che per tutte le banchine si realizzi uno schema di ormeggio tipo "*alongside berth*".

TAB. 5-1 - TIRI ALLA BITTA IN FUNZIONE DELLE DIMENSIONI DELLE NAVI

Ships with displacement in tons up to	Bollard load *P* in kN	Approximate spacing between bollards in metres	Bollard load normal from the berth in kN/m berth	Bollard load along the berth in kN/m berth
2000	100	10	15	10
5000	200	15	15	10
10 000	300	20	20	15
20 000	500	20	25	20
30 000	600	25	30	20
50 000	800	25	35	20
100 000	1000	30	40	25
200 000	1500	30	50	30
>200 000	2000	35	65	40

5.2. I tiri nominali alle bitte di ormeggio e interassi tra le bitte

In Tab. 5-2 sono sintetizzate le caratteristiche delle bitte da realizzare al nuovo Terminal di Vado Ligure, con riferimento ai valori dedotti dalla letteratura e soprattutto a quelli ricavati dall'applicazione del modello OPTIMOOR (a riguardo i risultati completi sono presentati nel cap. 6), che consentono di esaminare in dettaglio i sistemi per l'ormeggio e pertanto ottimizzare il dimensionamento delle bitte.

TAB. 5-2 - QUADRO RIEPILOGATIVO DEI TIRI E DEGLI INTERASSI DELLE BITTE

Banchina di riferimento	Banchina A	Banchina B	Banchina C	Banchina D
Valori dedotti da letteratura				
Interasse (m)	20	20	30	15/20
Tiro nominale (t)	150	150	100	60
Valori ricavati con OPTIMOOR				
Interasse (m)	**19,25**	**19,25**	**23**	**19,25**
Tiro nominale calcolato (t)	102	113	38	21
Caratteristiche delle bitte adottate nel progetto				
Capacità delle bitte (t)	**150**	**150**	**50**	**50**
Interasse (m)	**19,25**	**19,25**	**23**	**19**

L'interasse adottato per le bitte è stato selezionato tenendo conto anche dei seguenti criteri (simili a quelle già esposte per i fender):

- omogeneità di interassi e caratteristiche delle bitte lungo la banchina destinata alle navi portacontenitori per consentire una maggiore flessibilità operativa;
- all'estremità verso mare della banchina B è stata prevista una bitta aggiuntiva onde garantire un punto di ormeggio che possa essere impiegato per le head lines delle navi portarinfuse di maggiori dimensioni, in caso di condizioni meteomarine avverse. Analogamente, all'estremità della banchina C (in prossimità dello spigolo con la banchina B) è stata prevista una bitta aggiuntiva onde garantire un punto di ormeggio a disposizione delle head lines delle navi portacontanitori di maggiori dimensioni.

Gli interassi delle bitte proposti in Tab. 5-2 soddisfano in generale i requisiti richiesti da diversi regolamenti e linee guida, quali il British Standard (BS 6349-1:2000, "*Maritime Structures – Part 1: Code of Practice For General Criteria*") e il PIANC ("*Criteria for Movements of Moored Ships in Harbours – A Practical Guide*" (1995)), circa la corretta angolazione orizzontale e verticale dei cavi di ormeggio (si vedano i requisiti in Tab. 3-2).

Le verifiche degli schemi di ormeggio eseguite con OPTIMOOR hanno dimostrato che non è necessaria l'installazione di una seconda linea di ormeggi ausiliari per fronteggiare condizioni meteomarine gravose (le cosiddette "*storm bollards*").

6. VERIFICA DEI SISTEMI DI ORMEGGIO CON IL SOFTWARE OPTIMOOR

6.1. Introduzione

La verifica dei sistemi di ormeggio (complesso costituito dai *winches*, dalle linee di ormeggio e dalle bitte) viene condotta mediante l'ausilio di OPTIMOOR (Versione 6.2.9).

Si tratta di un software specialistico implementato dalla *Tension Technology International* (TTI) che consente la verifica degli schemi di ormeggio con il controllo diretto dello stato tensionale nelle linee di ormeggio, dei carichi sulle bitte e della performance dei fender sulla base delle raccomandazioni OCIMF (*Oil Companies International Marine Forum*).

Il modello consente inoltre di valutare gli spostamenti delle navi all'ormeggio, i quali concorrono alla definizione del franco di sicurezza sottochiglia delle navi di progetto. Per la trattazione completa di quest'aspetto si rimanda al documento "Fondali di progetto nell'area portuale – Relazione di calcolo" (MI010P PE G L R 4126 C0).

Segue una breve nota esplicativa in lingua inglese, estrapolata dal manuale utente del software:

> *The OPTIMOOR mooring analysis computer program takes input data for a particular vessel and a particular berth and computes the mooring forces produced by defined wind, wave, current, and other forces and changes in draft and tide. The calculations are performed almost instantaneously, allowing a number of different mooring, environment, draft and tide situations to be quickly investigated.*
>
> *The OPTIMOOR user defines the mooring by designating which vessel mooring lines are connected to which berth mooring points. The user controls the mooring line tensions by the realistic action of pulling in or paying out line. Thus, the user can explore the consequences of various ways of arranging and managing the mooring system.*
>
> *OPTIMOOR can be used as a planning and simulation tool to check the feasibility of mooring a vessel at a berth in various circumstances, to plan mooring arrangements in advance, and to aid in actually managing the mooring.*
>
> *OPTIMOOR can be used as a training aid to instruct vessel and marine terminal personnel on the advantages and disadvantages of various mooring meth-*

ods and to demonstrate strategies for responding to various combinations of environments, draft and tide.

OPTIMOOR can be used as a technical tool by engineers and naval architects to design marine terminals and ship-board mooring arrangements and to determine whether it is safe to moor particular vessels at particular berths.

Technital dispone della versione PLUS del modello OPTIMOOR che consente l'analisi di sistemi di ormeggio particolari, quali ormeggi con sistemi di boe e catenarie.

Il modello è stato ulteriormente potenziato con l'acquisizione del modulo "*Seakeeping*", che consente di tener conto in modo accurato dell'azione del moto ondoso sui sistemi di ormeggio.

Come fatto già in precedenza, segue una breve nota descrittiva del "*Seakeeping option*":

The Seakeeping option is an optional enhancement to all versions of OPTIMOOR. It uses response amplitude operators (RAO) to calculate vessel response to first-order waves. It calculates the shortperiod vessel motions in all six degrees of freedom (surge, sway, yaw, roll, pitch, heave) due to waves, taking into account shallow water effects and (if applicable) the presence of an adjacent solid wall.

The Seakeeping option can be used with all versions to calculate the first-order wave-induced vessel motions and the steady wave-drift forces in any sea state. The Dynamic version of OPTIMOOR is not required to use the Seakeeping option, and the Seakeeping option is not a prerequisite for the Dynamic version. But when used with the Dynamic version, the Seakeeping option performs more accurate estimates of hydrodynamic parameters.

6.2. Condizioni e dati di riferimento

6.2.1. Condizioni meteomarine di riferimento

Le condizioni meteomarine di riferimento per la verifica dei sistemi d'ormeggio sono state definite sulla base dei risultati delle analisi meteomarine presentate all'interno della "Relazione meteomarina" (MI010P-PE-G-L-R-4120-C0).

Sono state individuate le seguenti due condizioni di verifica:

1. condizione operativa limite (CO): è stato considerato un vento di intensità 30 nodi, ritenuto sufficientemente rappresentativo delle condizioni operative di tutte le banchine e ad esso è stata associata la condizione ondosa (specifica di ogni banchina) che determina il raggiungimento del valore limite degli spostamenti delle navi ammessi al fine di consentire il carico/scarico delle merci. La direzione di provenienza del moto ondoso è stata selezionata tenendo conto delle caratteristiche di esposizione di ciascuna banchina ed è stata assunta anche come direzione di provenienza del vento.
   Per quanto riguarda la banchina D, le condizioni meteomarine di riferimento per la verifica degli ormeggi sono state definite sulla base dei limiti operativi dell'accosto determinati non tanto dal moto ondoso (la banchina D risulta esposta solo al moto ondoso di generazione locale), quanto dall'intensità del vento. Analogamente a quanto fatto nelle verifiche dei sistemi d'ormeggio eseguite per il Transitorio Petroli (rif. "MI010P-PE-T-N-R-3030-C0.doc") e in conformità con le indicazioni fornite dalla locale Capitaneria di Porto e con le raccomandazioni delle OCIMF, si è assunta come velocità limite del vento per la permanenza della nave in banchina 35 nodi. L'analisi per la banchina D è stata eseguita considerando un vento con direzione variabile all'interno di tutto il settore omnidirezionale (OPTIMOOR consente infatti di far variare, nell'ambito della stessa analisi, la direzione di provenienza del vento all'interno dell'intero settore omnidirezionale) ed un moto ondoso di generazione locale proveniente dalla direzione 40°N.

2. condizione estrema (CE): è stato considerato un vento di intensità 50 nodi (caratterizzato da un tempo di ritorno dell'ordine dei 5 anni) con direzione variabile all'interno di tutto il settore omnidirezionale e ad esso è stato associato un moto ondoso frequente (Hs=1 m), la cui direzione di provenienza è stata selezionata tenendo conto delle caratteristiche di esposizione di ciascuna banchina.
   Il sistema d'ormeggio della banchina D non è stato verificato in relazione alla condizione estrema in quanto si è assunto che le navi lascino l'ormeggio quando viene raggiunta la velocità limite del vento (35 nodi) per la permanenza in banchina.

Si precisa che l'effetto di schermatura dall'azione del vento offerto dalla banchina quando questa si trova sopravvento rispetto alla nave è stata considerata limitatamente alla quota di estradosso della banchina senza considerare quindi eventuali ulteriori protezioni derivanti dalla presenza di edifici, container impilati sul piazzale ecc.

Per quanto riguarda la forzante ondosa, il modello richiede in input l'altezza d'onda significativa, il periodo medio Tz e lo spettro di energia del moto ondoso (spettro di Pierson-Moskovitz).
Il modulo "Seakeeping" del modello determina la risposta delle navi alla forzante ondosa in relazione allo spettro di moto ondoso selezionato, il quale include una sequenza di onde (tra cui l'onda massima), ciascuna con la frequenza ad essa associata. Ne consegue che l'intero contenuto energetico associato allo stato di mare viene considerato all'interno delle analisi effettuate.
Gli spostamenti delle navi, che dipendono non solo dal moto ondoso ma anche da altri fattori quali l'orientamento della nave ormeggiata, le caratteristiche dei cavi di ormeggio, ecc., vengono calcolati con riferimento ad un periodo di 3 ore ed i risultati vengono forniti sia in termini di valori "significativi" che in termini di valori massimi. I risultati esposti nel seguito della relazione sono relativi ai valori massimi degli spostamenti delle navi di progetto.

Infine si fa presente che le correnti non sono state considerate nell'ambito delle analisi di ormeggio in quanto il loro effetto è stato ritenuto trascurabile, date le basse velocità di propagazione evidenziate nello studio "Analisi degli effetti sull'idrodinamica e il ricambio" (MI010P-PE-G-L-R-4130-C0).

6.2.2. Navi di progetto

Le caratteristiche delle navi di progetto sono state precedentemente presentate nel par. 2.

Si fa notare che le superfici veliche delle navi sono automaticamente calcolate da OPTIMOOR sulla base delle caratteristiche dimensionali significative ('depth', pescaggio, lunghezza tra le perpendicolari, larghezza).

Per le navi portacontenitori, alle superfici veliche proposte dal modello occorre aggiungere quelle dei contenitori impilati sul ponte principale. Per la valutazione della superficie velica della nave Emma Maersk in condizioni di pieno carico si è fatto riferimento a 7 tiri di container mentre per la nave in condizione di allibo la valutazione è stata eseguita in riferimento ad una media di 5 tiri di container.

Nei paragrafi successivi si riporta, per ciascuna banchina, l'analisi d'ormeggio eseguita in riferimento alla nave di progetto per la quale sono stati ottenuti i risultati più gravosi in termini di tensione delle cime d'ormeggio, tiro alla bitta e spostamenti.

6.2.3. Caratteristiche dei cavi di ormeggio

L'analisi dinamica dello schema di ormeggio eseguita con OPTIMOOR, richiede la definizione delle caratteristiche di resistenza e delle proprietà di elasticità (curve tensione-deformazione) dei cavi utilizzati per assicurare l'ormeggio.

In Tab. 6-1 sono elencate le tipologie di cavi utilizzabili nell'ambito del modello OPTIMOOR. Per ognuna di esse, in Tab. 6-2 ed in Fig. 6-1 si riportano rispettivamente le resistenze in termini di carico di rottura (MBL - *Minimum Breaking Load*) e le curve tensione-deformazione.

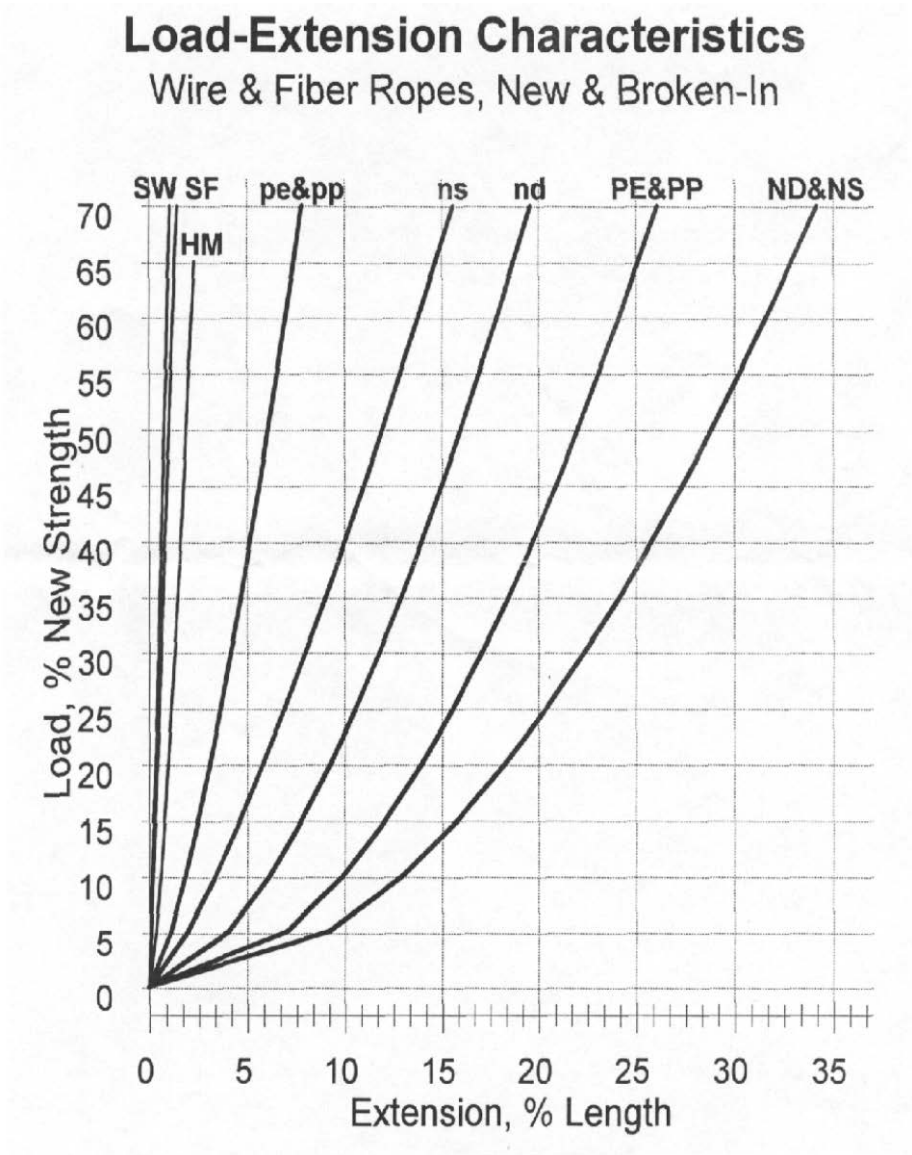
TAB. 6-1 - CAVI DI ORMEGGIO DISPONIBILI IN OPTIMOOR

Table 4-1 Mooring Line Options and Codes		
Mooring Line Description	Code	
	New Condition	Used Condition
Steel rope with Wire core	SW	
Steel rope with Fiber core	SF	
Spiral Strand wire	SS	
High Modulus fiber rope (i.e. Kevlar or Spectra)	HM	hm
DynaMax	DM	Dm
Vets 276 4-strand (Whitehill aramid rope)	VS	Vs
Parallel Strand Polyester, offshore quality	PS	
Nylon (Polyamide) Double braid	ND	nd
Nylon Stranded (3 strand or 8 strand)	NS	ns
PolyEster	PE	pe
PolyproPylene	PP	PP
Studlink Chain, Grade 1 *	C1	
Studlink Chain, Grade 2 *	C2	
Studlink Chain, Grade 3 *	C3	
Studlink Chain, Grade 4 *	C4	
Studlink Chain, Grade 5 *	C5	
Clump Weight *	Wt	
* OPTIMOOR Plus Version only		

TAB. 6-2 - RESISTENZE DEI CAVI DI ORMEGGIO IN TERMINI DI *MBL (MINIMUM BREAKING LOAD)* - VALORI IN TONNELLATE

OPTIMOOR Rope Strenght Characteristics
Strength = Y*diameter + Z*diameter^2

Diameter		**SF** Steel rope with Fiber core		**SW** Steel rope with Wire Core		**HM** High Modulus	**ND** Nylon Double-Briad		**NS** Nylon Stranded & Plaited		**PE** Polyester		**PP** Polypropylene	
mm	**in.**	OPTIMOOR	target A.I.S.I.	OPTIMOOR	target A.I.S.I.	OPTIMOOR	OPTIMOOR	target US C.I.	OPTIMOOR	target US C.I.	OPTIMOOR	target US C.I.	OPTIMOOR	target US C.I.
24		35		44		28	10		9		8		6	
25		**37**	**36**	**47**			**10**		**10**	**10**	**9**	**9**	**6**	**6**
28		46		57		37	13		12		11		7	
32		59		73		47	18		15		14		9	
36		73		91		59	22		19		17		12	
38	1.5	81	80	100	99	65	25	26	21	22	19	19	13	12
40		89		110		72	28		24		21		14	
44		107		132		86	34		28		25		17	
48		126		155		102	41		34		30		20	
52	**2**	**147**	**40**	**180**	**172**	**119**	**48**	**47**	**39**	**38**	**35**	**35**	**23**	**21**
56		169		207		137	56		45		40		27	
60		193		236		156	65		52		46		31	
64	2.5	218	214	267	265	177	74	73	58	57	52	50	35	33
68		245		300		199	84		66		58		39	
72		273		335		222	94		74		65		44	
76	**3**	**304**	**304**	**371**	**370**	**246**	**105**	**105**	**82**	**82**	**72**	**71**	**49**	**47**
80		335		410		272	117		90		80		54	
84		368		450		299	129		99		88		59	
88	3.5	403	407	492	503	327	142	153	109	122	96	103	65	66
92		440		536		357	155		119		105		71	
96		478		582		388	169		129		114		77	
100		517		630		420	184		140		124		83	
102	**4**	**537**	**523**	**655**	**647**	**437**	**192**		**140**	**147**	**129**	**122**	**86**	**78**



Rope Load-Extension Curves Used In OPTIMOOR - Comparison of All Wires and Fiber Rope Data

FIG. 6-1 - CURVE TENSIONE DEFORMAZIONE DEI VARI TIPI DI CAVI UTILIZZABILI CON OPTI-MOOR

6.3. Risultati delle simulazioni

Nei paragrafi a seguire sono presentati i risultati delle analisi condotte con il modello OPTIMOOR per la verifica degli schemi di ormeggio ipotizzati per le diverse banchine della piastra multifunzionale e per il calcolo degli spostamenti delle navi ormeggiate in banchina.

In Tab. 6-3 viene proposto il quadro riepilogativo delle simulazioni eseguite con OPTIMOOR.

TAB. 6-3 - QUADRO RIEPILOGATIVO DELLE VERIFICHE DEI SISTEMI DI ORMEGGIO CONDOTTE CON OPTIMOOR

	Moto ondoso			**Vento**	
Banchina A (Portacontenitori - Emma Maersk allibata)					
Condizione Operativa Limite	Hs=1,3m	Tz=5,2s	Dir=70°N	Vw=30nodi	Dir=70°N
Condizione Estrema	Hs=1,0m	Tz=4,5s	Dir=70°N	Vw = 50 nodi omnidirez.	
Banchina B (Portacontenitori - Emma Maersk)					
Condizione Operativa Limite	Hs=1,4m	Tz=4,8s	Dir=70°N	Vw=30nodi	Dir=70°N
Condizione Estrema	Hs=1,0m	Tz=4,1s	Dir=70°N	Vw = 50 nodi omnidirez.	
Banchina C (Portarinfuse – Jo Jin Maru allibata)					
Condizione Operativa Limite	Hs=1,9m	Tz=5,3s	Dir=90°N	Vw=30nodi	Dir=90°N
Condizione Estrema	Hs=1,0m	Tz=3,8s	Dir=90°N	Vw = 50 nodi omnidirez.	
Banchina D (Tanker n. 1 - Ottomana)					
Condizione Operativa Limite	Hs=1,0m	Tz=3,5s	Dir=40°N	Vw=35nodi omnidirez.	

I risultati delle verifiche condotte con OPTIMOOR sono presentati nei paragrafi a seguire mediante un set standard di grafici e tabelle, nell'ordine:

- una tabella con le caratteristiche delle linee di ormeggio utilizzate e con la posizione dei *fairleads* rispetto alla mezzeria della nave;
- una figura che riporta lo schema di ormeggio analizzato con l'indicazione delle linee di ormeggio utilizzate;
- una tabella (screenshot del pannello "General Environment" di OPTIMOOR) che riporta le condizioni (meteomarine, off-set e pescaggio della nave) di riferimento per le analisi;
- una tabella riepilogativa (screenshot del pannello "Static Mooring Response" di OPTIMOOR) che riporta i risultati salienti della simulazione, ovvero i dati di spostamento calcolati in corrispondenza di un punto target della nave (scelto in mezzeria), le tensioni di lavoro delle linee di ormeggio, la loro inclinazione, la percentuale di lavoro delle linee di ormeggio rispetto al valore di MBL (*Minimum Breaking Load*), la compressione nei fender e i dati caratteristici di tiro sulle bitte.

Nel pannello "Static Mooring Response" il valore di tensione dei cavi viene proposto su sfondo bianco, giallo, arancione o rosso a seconda del valore caratteristico da esso assunto. In accordo con le raccomandazioni OCIMF, OPTIMOOR adotta le seguenti convenzioni:

- sfondo bianco se la tensione nella linea di ormeggio è inferiore al 40% del MBL;
- sfondo giallo se la tensione nella linea di ormeggio è compresa tra il 40% e il 50% del MBL;
- sfondo arancione se la tensione nella linea di ormeggio è compresa tra il 50% e il 55% del MBL;
- sfondo rosso se la tensione nella linea di ormeggio è superiore al 55% del MBL.

I set di grafici relativi alla "condizione estrema" si arricchiscono con la "*wind limit rose*" che riporta, per ogni direzione di provenienza del vento, il valore di intensità dello stesso in corrispondenza del quale sono raggiunti i valori limite di parametri caratteristici quali le tensioni nei cavi di ormeggio al 40%, 50% e 55% del MBL, la deformazione limite dei fender, ecc.. Si tratta dunque di un diagramma polare dei valori caratteristici di intensità del vento definito per uno stato del mare assegnato.

6.3.1. Banchina A - Container

In questa sezione vengono presentati i risultati dell'analisi di ormeggio eseguita con il software OPTIMOOR per la banchina A, in relazione alla nave di progetto portacontenitori Emma Maersk in condizioni di allibo, nelle condizioni operativa ed estrema riepilogate in Tab. 6-3.

La nave di progetto è equipaggiata con cime d'ormeggio in poliestere di diametro 80 mm e carico minimo di rottura (MBL) pari a 129 t. Le caratteristiche delle cime d'ormeggio sono state fornite dall'armatore della nave e sono riepilogate in Tab. 6-4, assieme alle posizioni dei *fairleads* rispetto alla mezzeria della nave.

TAB. 6-4 - POSIZIONE FAIRLEADS E CARATTERISTICHE DELLE CIME D'ORMEGGIO

Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	202.9	-1.9	4.9	8.9	77	13	80 pe 129	
2	201.6	1.7	4.9	8.9	77	13	80 pe 129	
3	188.0	13.9	4.4	9.6	77	13	80 pe 129	
4	185.0	15.0	4.3	19.0	77	13	80 pe 129	
5	180.5	17.3	4.2	15.6	77	13	80 pe 129	
6	148.5	27.2	2.7	32.9	77	13	80 pe 129	
7	145.3	27.7	2.7	2.9	77	13	80 pe 129	
9	198.8	-5.7	4.9	3.1			80 pe 129	
10	202.8	0.0	5.0	4.2			80 pe 129	
11	198.7	5.6	4.9	3.1			80 pe 129	
12	189.4	12.3	4.4	3.2			80 pe 129	
13	183.0	15.8	4.3	3.1			80 pe 129	
14	172.3	20.7	4.1	3.3			80 pe 129	
15	151.5	26.6	2.7	3.6			80 pe 129	
17	-179.2	27.8	-2.6	13.8	77	13	80 pe 129	
18	-182.7	27.8	-2.6	7.8	77	13	80 pe 129	
19	-194.7	24.3	-2.6	6.9	77	13	80 pe 129	
20	-194.9	19.4	-2.6	7.9	77	13	80 pe 129	
21	-194.9	18.4	-2.6	11.2	77	13	80 pe 129	
22	-195.0	11.9	-2.6	8.0	77	13	80 pe 129	
23	-194.8	0.6	-2.6	26.6	77	13	80 pe 129	
24	-194.8	-0.6	-2.6	17.9	77	13	80 pe 129	
25	-195.0	-11.9	-2.6	8.0	77	13	80 pe 129	
26	-194.9	-18.4	-2.6	11.2	77	13	80 pe 129	
27	-194.9	-19.4	-2.6	7.9	77	13	80 pe 129	
28	-194.7	-24.3	-2.6	6.9	77	13	80 pe 129	
29	-182.7	-27.8	-2.6	7.8	77	13	80 pe 129	
30	-179.2	-27.8	-2.6	13.8	77	13	80 pe 129	
32	-181.1	27.9	-2.6	5.0			80 pe 129	
33	-194.7	22.3	-2.6	3.6			80 pe 129	
34	-194.7	22.3	-2.6	12.3			80 pe 129	
35	-194.9	16.6	-2.6	5.4			80 pe 129	
36	-195.0	14.0	-2.6	4.9			80 pe 129	
37	-195.0	-14.0	-2.6	4.9			80 pe 129	
38	-194.9	-16.6	-2.6	5.4			80 pe 129	
39	-195.0	-22.3	-2.6	12.3			80 pe 129	
40	-195.0	-22.3	-2.6	3.6			80 pe 129	
41	-195.0	-27.9	-2.6	5.0			80 pe 129	

Codes for Types of Line:
pe: polyester (broken-in)

Condizione Operativa

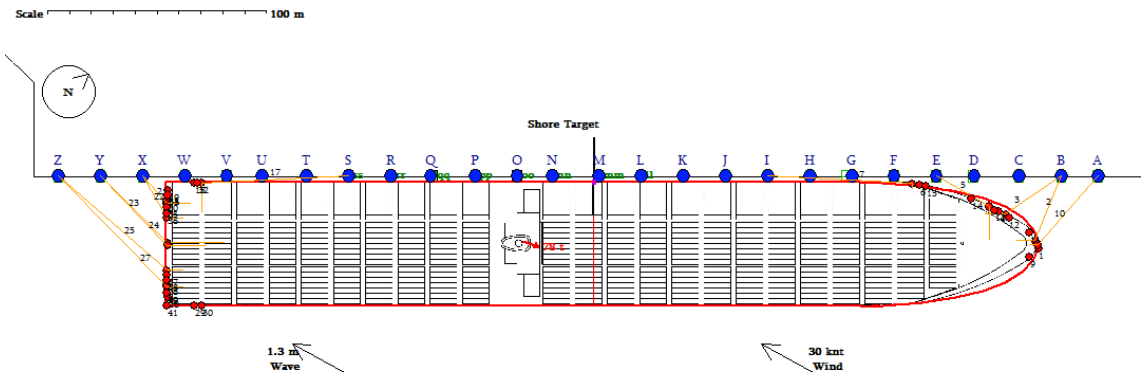


FIG. 6-2 - SCHEMA DI ORMEGGIO EMMA MAERSK ALLIBATA - BANCHINA A - CONDIZIONE OPERATIVA

TAB. 6-5 - BANCHINA A (CONDIZIONE OPERATIVA) - CONDIZIONI DI RIFERIMENTO

OPTIMOOR General Environment - C:\OPTIMOOR_Vado Ligure\Banchina A_Cond operativa\BanchinaA.opt

File Options Window Help

Vessel: Emma Maersk_Port sid at Berth: Banchina A Ref:

	Time	Date	Draft	Trim	WLevel	GM
Initial Setup:	0200	27 ott 2014	13.8	0.0	0.0	1.0
Final:	0201	27 ott 2014	13.8	0.0	0.0	1.0
Elapsed:	0001	0 days	Units: m & tonnes		steady	(m)
Analysis for:	0200	27 ott 2014	13.8	0.0	0.0	1.0

Side of Vessel Facing Up:	Port
Vessel Offset Beyond Berth Target:	0.0
8 Fenders within Range	
Lowest Bottom Clearance:	1.3
Present Clearance under Keel:	1.3

TOTAL FORCE	(t)
Total Force on Vessel:	78.5
Effective Angle to Vessel:	-164°
Longitudinal Component:	-75.3
Transverse Component:	-22.2
Total Yaw Moment / LBP:	1.7

WIND	
Mean Windspeed (knots):	30
Wind Direction (from) True:	70°
Angle to Berth Line X-axis:	29°
Wind X-Force (Longitudinal):	20.2
Wind Y-Force (Tranverse):	78.9
Wind Yaw Moment / LBP:	10.5
Wind Spectrum:	Steady

WAVES	
Significant Wave Height:	1.3
Wave Direction (from) True:	70°
Angle to Berth Line X-axis:	29°
Average Wave Period Tz:	5.2
Mean Drift X-Force (Longt):	-95.4
Mean Drift Y-Force (Trans):	-101.1
Mean Drift Yaw Mom / LBP:	-8.8
Wave Spectrum:	○ Longuet-Higgins ◉ Pierson-Moskowitz

SWELL	
Significant Swell Height:	0.0
Swell Direction (from) True:	8°
Angle to Berth Line X-axis:	-33°
Average Swell Period Tz:	2.0
Mean Drift X-Force (Longt):	0.0
Mean Drift Y-Force (Trans):	0.0
Mean Drift Yaw Mom / LBP:	0.0
Swell Spectrum:	○ Longuet-Higgins ◉ Pierson-Moskowitz

HARBOUR SEICHE/SURGE	
Significant Seiche Height:	0.0
Thrust Direction (from) True:	0°
Angle to Berth Line X-axis:	-41°
Harbour Seiche Period:	60
Drag X-Force (Longt):	0.0
Drag Y-Force (Trans):	0.0
Inertial X-Force (Longt):	0.0
Inertial Y-Force (Trans):	0.0
Seiche X-Force (Longt):	0.0
Seiche Y-Force (Trans):	0.0

CURRENT Const	Tidal	Combined
Velocity (knots): 0.0	-	-
Dirctn (from) True: 311°	-	-
Angle to Berth Line: -90°	-	-
X-Drag (Longitudinal): 0.0		
Y-Drag (Transverse): 0.0		
Drag Yaw Moment / LBP: 0.0		

Natural Periods (Approx) . . Surge: 88 Sway: 55 Roll: 45 secs

Banchina A (Emma Maersk allibata)

OTHER FORCE	(t)
Extra Force Applied:	0.0
Angle of Force to Vessel:	0°
Longitudinal Component:	0.0
Transverse Component:	0.0
Point of Application at FL:	0

TAB. 6-6 - BANCHINA A (CONDIZIONE OPERATIVA) - TENSIONE LINEE DI ORMEGGIO E TIRI SULLE BITTE

Static Mooring Response for Emma Maersk_Port sid at Banchina A

Print Display Options Model Sweep Window Help

30 knt Wind at 70° True | 1.3m Sig Wave Height | 0.0 m Sig Swell Height | Ref:
0.0 knt Current 311° True | Period 5.2 secs at 70° | Period 2.0 secs at 8° | Analysis for Time: 0200 27 ott 2014

Vessel Moves (at Target) 0.0 aft -0.1 aft | 0.1 inw -0.2 out | 0.0° stbd -0.1° stbd | 0.5 up -0.5 down | Water Level 0.0 m steady | Bottom Clearance: 1.3 m | Draft: 13.8 m Trim: 0.0 m | 0.1 Disequilibrium after 89 iterations

Line	2	3	5	7	10	17	21	22	23	24	25	27
to Bollard/Hook	B	B	E	I	A	S	X	X	Y	Y	Z	Z
Pull-in (m)	0.70	0.54	1.13	1.78	0.00	0.76	0.69	0.70	1.65	1.47	1.77	1.86
Total Line Length	43.7	43.4	46.4	68.7	48.6	80.8	29.6	31.1	69.0	61.3	72.5	77.4
Inline Motion (±)	0.24	0.18	0.24	0.13	0.19	0.09	0.25	0.20	0.12	0.12	0.10	0.11
Winch Slippage												
Inclination Down	27°	27°	29°	12°	21°	7°	28°	22°	12°	11°	8°	7°
Tension (t)	26.3	18.4	31.0	23.8	7.2$	7.6	32.6$	26.7$	20.0	20.1	19.7	19.3
% of Strength	20%	14%	24%	18%	6%	6%	25%	21%	16%	16%	15%	15%

☑ Auto-Calculation

Fender	ll	mm	nn	oo	pp	qq	rr	ss
Thrust (t)	34	44	57	66	78	90	103	115
Compression (m)	0.05$	0.07$	0.09$	0.11$	0.12$	0.14$	0.16$	0.18$
Pressure (t/m²)	3.9	2.5	3.2	3.7	4.3	5.0	5.7	16.8

Bollard/Hook	A	B	E	I	S	X	Y	Z
X-Force (t)	-4.4	-22.2	23.5	23.3	-7.6	31.9	27.7	28.3
Y-Force (t)	5.0	31.0	13.5	1.2	0.4	42.9	28.0	26.3
Other X-Load								
Other Y-Load								
Total Horiz Force	6.7	38.2	27.1	23.3	7.6	53.4	39.3	38.6
Direction in Plan	-41°	-36°	60°	87°	-87°	37°	45°	47°
Bollard Uplift	2.6	20.4	15.2	5.0	1.0	25.1	8.0	5.0

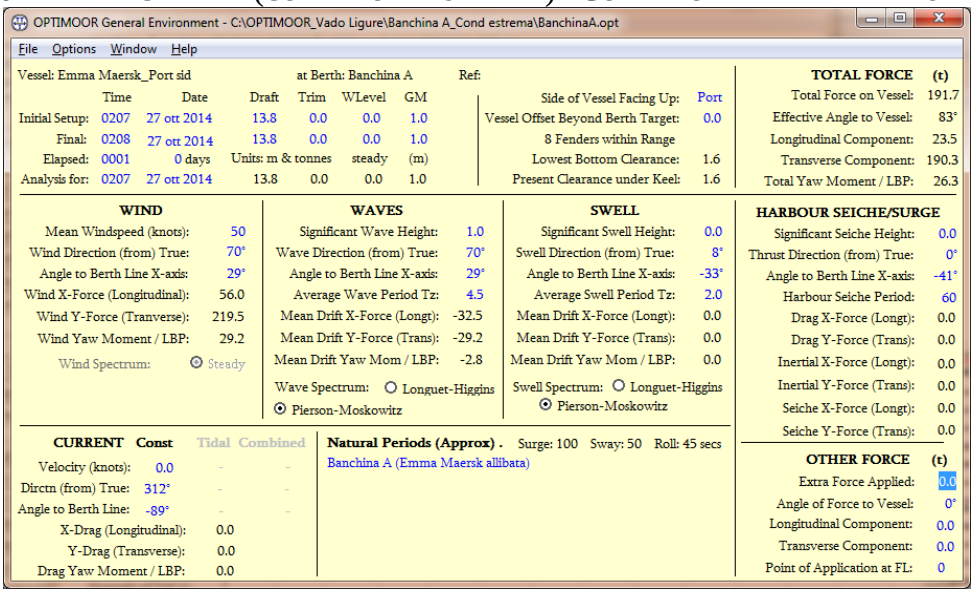
Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.8° Pitch: 0.1° Yaw: 0.0° (mooring stiffness ignored) ○ Significant ◉ 3hr Maximum

Condizione Estrema



FIG. 6-3 - SCHEMA DI ORMEGGIO EMMA MAERSK ALLIBATA - BANCHINA A - CONDIZIONE ESTREMA

TAB. 6-7 - BANCHINA A (CONDIZIONE ESTREMA) - CONDIZIONI DI RIFERIMENTO



OPTIMOOR General Environment - C:\OPTIMOOR_Vado Ligure\Banchina A_Cond estrema\BanchinaA.opt

File Options Window Help

Vessel: Emma Maersk_Port sid at Berth: Banchina A Ref:

	Time	Date	Draft	Trim	WLevel	GM
Initial Setup:	0207	27 ott 2014	13.8	0.0	0.0	1.0
Final:	0208	27 ott 2014	13.8	0.0	0.0	1.0
Elapsed:	0001	0 days	Units: m & tonnes		steady	(m)
Analysis for:	0207	27 ott 2014	13.8	0.0	0.0	1.0

Side of Vessel Facing Up:	Port
Vessel Offset Beyond Berth Target:	0.0
8 Fenders within Range	
Lowest Bottom Clearance:	1.6
Present Clearance under Keel:	1.6

TOTAL FORCE (t)

Total Force on Vessel:	191.7
Effective Angle to Vessel:	83°
Longitudinal Component:	23.5
Transverse Component:	190.3
Total Yaw Moment / LBP:	26.3

WIND

Mean Windspeed (knots):	50
Wind Direction (from) True:	70°
Angle to Berth Line X-axis:	29°
Wind X-Force (Longitudinal):	56.0
Wind Y-Force (Tranverse):	219.5
Wind Yaw Moment / LBP:	29.2

Wind Spectrum: Steady

WAVES

Significant Wave Height:	1.0
Wave Direction (from) True:	70°
Angle to Berth Line X-axis:	29°
Average Wave Period Tz:	4.5
Mean Drift X-Force (Longt):	-32.5
Mean Drift Y-Force (Trans):	-29.2
Mean Drift Yaw Mom / LBP:	-2.8

Wave Spectrum: Longuet-Higgins / Pierson-Moskowitz

SWELL

Significant Swell Height:	0.0
Swell Direction (from) True:	8°
Angle to Berth Line X-axis:	-33°
Average Swell Period Tz:	2.0
Mean Drift X-Force (Longt):	0.0
Mean Drift Y-Force (Trans):	0.0
Mean Drift Yaw Mom / LBP:	0.0

Swell Spectrum: Longuet-Higgins / Pierson-Moskowitz

HARBOUR SEICHE/SURGE

Significant Seiche Height:	0.0
Thrust Direction (from) True:	0°
Angle to Berth Line X-axis:	-41°
Harbour Seiche Period:	60
Drag X-Force (Longt):	0.0
Drag Y-Force (Trans):	0.0
Inertial X-Force (Longt):	0.0
Inertial Y-Force (Trans):	0.0
Seiche X-Force (Longt):	0.0
Seiche Y-Force (Trans):	0.0

CURRENT Const Tidal Combined

Velocity (knots):	0.0	-	-
Dirctn (from) True:	312°	-	-
Angle to Berth Line:	-89°	-	-
X-Drag (Longitudinal):	0.0		
Y-Drag (Transverse):	0.0		
Drag Yaw Moment / LBP:	0.0		

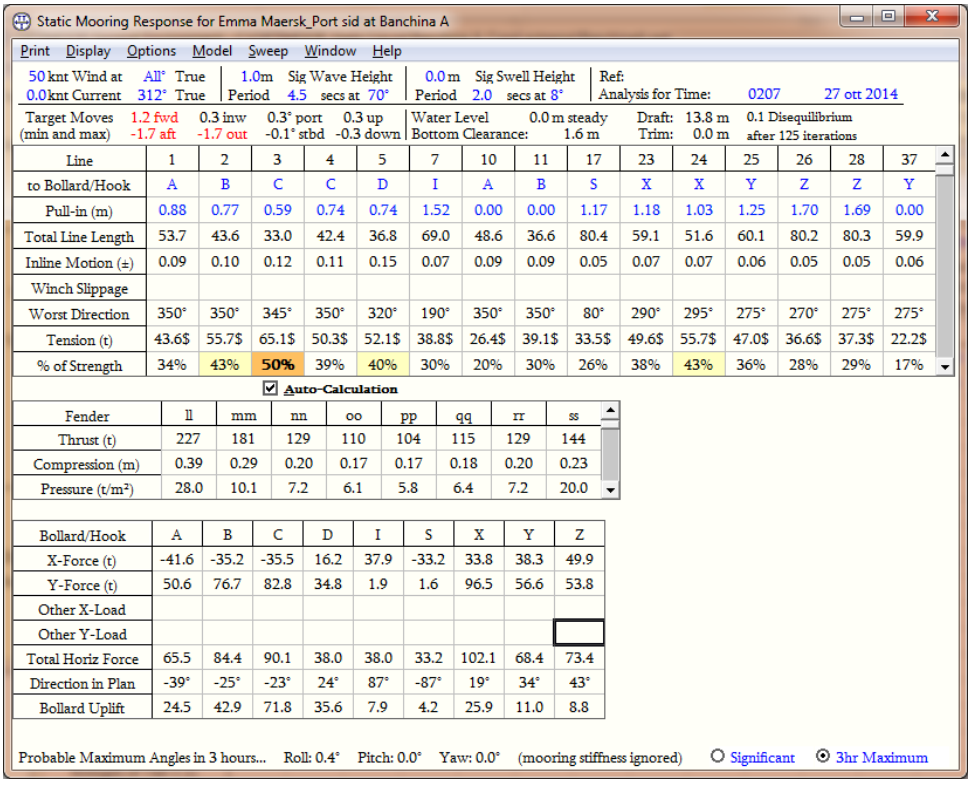
Natural Periods (Approx). Surge: 100 Sway: 50 Roll: 45 secs

Banchina A (Emma Maersk allibata)

OTHER FORCE (t)

Extra Force Applied:	0.0
Angle of Force to Vessel:	0°
Longitudinal Component:	0.0
Transverse Component:	0.0
Point of Application at FL:	0

TAB. 6-8 - BANCHINA A (CONDIZIONE ESTREMA) - TENSIONE LINEE DI ORMEGGIO E TIRI SULLE BITTE



Static Mooring Response for Emma Maersk_Port sid at Banchina A

Print Display Options Model Sweep Window Help

50 knt Wind at All° True | 1.0m Sig Wave Height | 0.0 m Sig Swell Height | Ref:
0.0 knt Current 312° True | Period 4.5 secs at 70° | Period 2.0 secs at 8° | Analysis for Time: 0207 27 ott 2014

Target Moves (min and max): 1.2 fwd -1.7 aft | 0.3 inw -1.7 out | 0.3° port -0.1° stbd | 0.3 up -0.3 down
Water Level Bottom Clearance: 0.0 m steady 1.6 m | Draft: 13.8 m Trim: 0.0 m | 0.1 Disequilibrium after 125 iterations

Line	1	2	3	4	5	7	10	11	17	23	24	25	26	28	37
to Bollard/Hook	A	B	C	C	D	I	A	B	S	X	X	Y	Z	Z	Y
Pull-in (m)	0.88	0.77	0.59	0.74	0.74	1.52	0.00	0.00	1.17	1.18	1.03	1.25	1.70	1.69	0.00
Total Line Length	53.7	43.6	33.0	42.4	36.8	69.0	48.6	36.6	80.4	59.1	51.6	60.1	80.2	80.3	59.9
Inline Motion (±)	0.09	0.10	0.12	0.11	0.15	0.07	0.09	0.09	0.05	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.06
Winch Slippage															
Worst Direction	350°	350°	345°	350°	320°	190°	350°	350°	80°	290°	295°	275°	270°	275°	275°
Tension (t)	43.6$	55.7$	65.1$	50.3$	52.1$	38.8$	26.4$	39.1$	33.5$	49.6$	55.7$	47.0$	36.6$	37.3$	22.2$
% of Strength	34%	43%	**50%**	39%	40%	30%	20%	30%	26%	38%	43%	36%	28%	29%	17%

Auto-Calculation

Fender	ll	mm	nn	oo	pp	qq	rr	ss
Thrust (t)	227	181	129	110	104	115	129	144
Compression (m)	0.39	0.29	0.20	0.17	0.17	0.18	0.20	0.23
Pressure (t/m²)	28.0	10.1	7.2	6.1	5.8	6.4	7.2	20.0

Bollard/Hook	A	B	C	D	I	S	X	Y	Z
X-Force (t)	-41.6	-35.2	-35.5	16.2	37.9	-33.2	33.8	38.3	49.9
Y-Force (t)	50.6	76.7	82.8	34.8	1.9	1.6	96.5	56.6	53.8
Other X-Load									
Other Y-Load									
Total Horiz Force	65.5	84.4	90.1	38.0	38.0	33.2	102.1	68.4	73.4
Direction in Plan	-39°	-25°	-23°	24°	87°	-87°	19°	34°	43°
Bollard Uplift	24.5	42.9	71.8	35.6	7.9	4.2	25.9	11.0	8.8

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.4° Pitch: 0.0° Yaw: 0.0° (mooring stiffness ignored) Significant / 3hr Maximum

In Fig. 6-4 è riportata la "*wind limit rose*" che evidenzia, per ogni direzione di provenienza del vento, il valore di intensità dello stesso in corrispondenza del quale sono raggiunti i valori limite di parametri caratteristici quali le tensioni nei cavi di ormeggio al 40%, 50% e 55% del MBL, la deformazione limite dei fender, ecc.. Si tratta dunque di un diagramma polare dei valori caratteristici di intensità del vento definito per uno stato del mare assegnato.

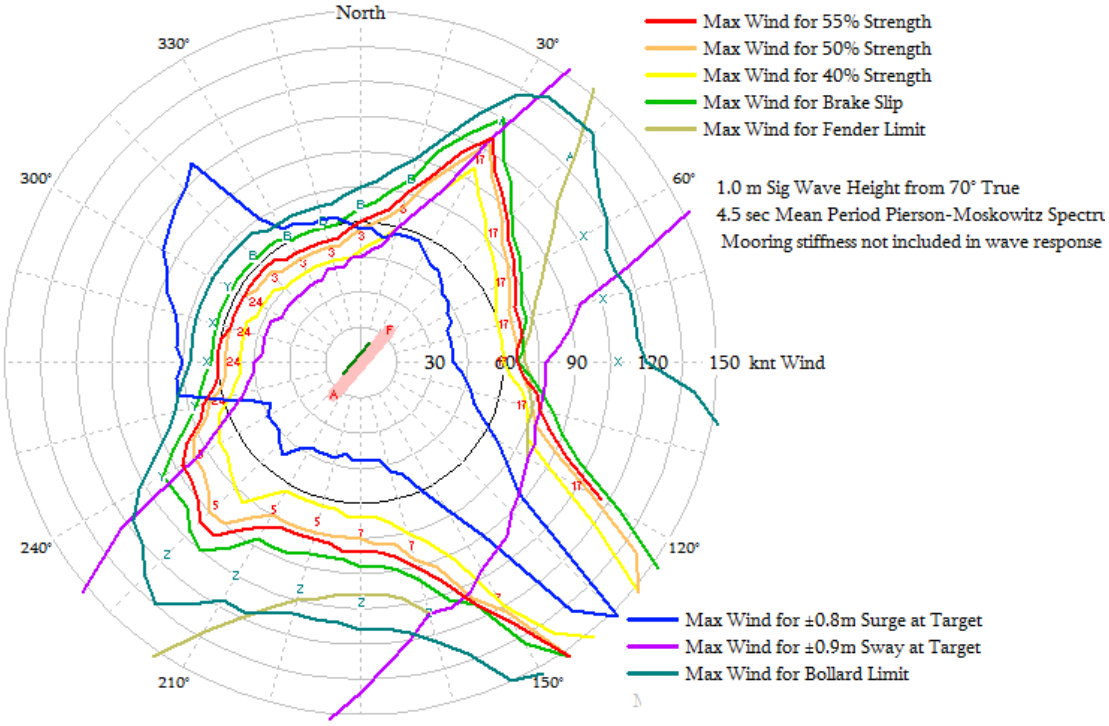


FIG. 6-4 - BANCHINA A (CONDIZIONE ESTREMA) - VALORI LIMITE DEI PARAMETRI DI CONTROLLO

6.3.2. Banchina B - Container

In questa sezione vengono presentati i risultati dell'analisi di ormeggio eseguita con il software OPTIMOOR per la banchina B, in relazione alla nave di progetto portacontenitori Emma Maersk a pieno carico, nelle condizioni operativa ed estrema riepilogate in Tab. 6-3.

La nave di progetto è equipaggiata con cime d'ormeggio in poliestere di diametro 80 mm e carico minimo di rottura (MBL) pari a 129 t. Le caratteristiche delle cime d'ormeggio sono state fornite dall'armatore della nave e sono riepilogate nella Tab. 6-4 riportata nel paragrafo precedente, assieme alle posizioni dei *fairleads* rispetto alla mezzeria della nave.

Condizione Operativa

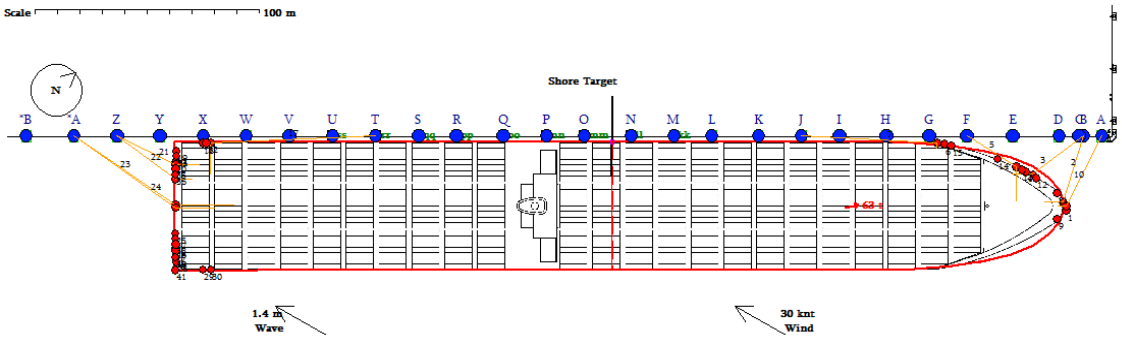


FIG. 6-5 - SCHEMA DI ORMEGGIO EMMA MAERSK A PIENO CARICO - BANCHINA B - CONDIZIONE OPERATIVA

TAB. 6-9 - BANCHINA B (CONDIZIONE OPERATIVA) - CONDIZIONI DI RIFERIMENTO

OPTIMOOR General Environment - C:\OPTIMOOR_Vado Ligure\Banchina B_Cond operativa\BanchinaB.opt

File Options Window Help

Vessel: Emma Maersk_Pieno ca — at Berth: Banchina B — Ref:

	Time	Date	Draft	Trim	WLevel	GM
Initial Setup:	0200	27 ott 2014	16.0	0.0	0.0	1.0
Final:	0201	27 ott 2014	16.0	0.0	0.0	1.0
Elapsed:	0001	0 days	Units: m & tonnes		steady	(m)
Analysis for:	0200	27 ott 2014	16.0	0.0	0.0	1.0

Side of Vessel Facing Up:	Port
Vessel Offset Beyond Berth Target:	0.0
9 Fenders within Range	
Lowest Bottom Clearance:	0.9
Present Clearance under Keel:	0.9

TOTAL FORCE	(t)
Total Force on Vessel:	63.3
Effective Angle to Vessel:	167°
Longitudinal Component:	-61.7
Transverse Component:	14.1
Total Yaw Moment / LBP:	4.0

WIND	
Mean Windspeed (knots):	30
Wind Direction (from) True:	70°
Angle to Berth Line X-axis:	29°
Wind X-Force (Longitudinal):	21.9
Wind Y-Force (Tranverse):	93.6
Wind Yaw Moment / LBP:	12.4
Wind Spectrum:	Steady

WAVES	
Significant Wave Height:	1.4
Wave Direction (from) True:	70°
Angle to Berth Line X-axis:	29°
Average Wave Period Tz:	4.8
Mean Drift X-Force (Longt):	-83.6
Mean Drift Y-Force (Trans):	-79.5
Mean Drift Yaw Mom / LBP:	-8.4
Wave Spectrum:	Longuet-Higgins / Pierson-Moskowitz

SWELL	
Significant Swell Height:	0.0
Swell Direction (from) True:	8°
Angle to Berth Line X-axis:	-33°
Average Swell Period Tz:	2.0
Mean Drift X-Force (Longt):	0.0
Mean Drift Y-Force (Trans):	0.0
Mean Drift Yaw Mom / LBP:	0.0
Swell Spectrum:	Longuet-Higgins / Pierson-Moskowitz

HARBOUR SEICHE/SURGE	
Significant Seiche Height:	0.0
Thrust Direction (from) True:	0°
Angle to Berth Line X-axis:	-41°
Harbour Seiche Period:	60
Drag X-Force (Longt):	0.0
Drag Y-Force (Trans):	0.0
Inertial X-Force (Longt):	0.0
Inertial Y-Force (Trans):	0.0
Seiche X-Force (Longt):	0.0
Seiche Y-Force (Trans):	0.0

CURRENT Const	Tidal	Combined
Velocity (knots): 0.0	-	-
Dirctn (from) True: 311°	-	-
Angle to Berth Line: -90°	-	-
X-Drag (Longitudinal): 0.0		
Y-Drag (Transverse): 0.0		
Drag Yaw Moment / LBP: 0.0		

Natural Periods (Approx) . . Surge: 95 Sway: 65 Roll: 45 secs
Banchina B (Emma Maersk a pieno carico)

OTHER FORCE	(t)
Extra Force Applied:	0.0
Angle of Force to Vessel:	0
Longitudinal Component:	0.0
Transverse Component:	0.0
Point of Application at FL:	0

TAB. 6-10 - BANCHINA B (CONDIZIONE OPERATIVA) - TENSIONE LINEE DI ORMEGGIO E TIRI SULLE BITTE

Static Mooring Response for Emma Maersk_Pieno ca at Banchina B

Print Display Options Model Sweep Window Help

30 knt Wind at 70° True | 1.4m Sig Wave Height | 0.0 m Sig Swell Height | Ref:
0.0 knt Current 311° True | Period 4.8 secs at 70° | Period 2.0 secs at 8° | Analysis for Time: 0200 27 ott 2014

Vessel Moves -0.2 aft 0.1 inw 0.1° port 0.5 up | Water Level 0.0 m steady | Draft: 16.0 m | 0.1 Disequilibrium
(at Target) -0.2 aft -0.1 out 0.0° port -0.5 down | Bottom Clearance: 0.9 m | Trim: 0.0 m | after 62 iterations

Line	2	3	5	7	10	17	21	22	23	24
to Bollard/Hook	B	B	F	J	A	T	Z	Z	*A	*A
Pull-in (m)	0.70	0.53	1.04	1.59	0.00	0.95	0.98	0.96	1.93	1.73
Total Line Length	41.9	40.3	43.8	63.4	41.7	86.7	40.1	40.1	80.0	72.1
Inline Motion (±)	0.26	0.22	0.30	0.15	0.23	0.07	0.12	0.11	0.07	0.07
Winch Slippage										
Inclination Down	25°	26°	27°	11°	22°	5°	13°	12°	7°	7°
Tension (t)	22.6$	20.8$	28.2$	21.3	6.3$	9.9	21.6	21.3	18.9	19.0
% of Strength	18%	16%	22%	17%	5%	8%	17%	17%	15%	15%

☑ Auto-Calculation

Fender	kk	ll	mm	nn	oo	pp	qq	rr	ss
Thrust (t)	74	70	67	65	62	60	58	56	54
Compression (m)	0.12$	0.11$	0.11$	0.10$	0.10$	0.09$	0.09$	0.09$	0.09$
Pressure (t/m²)	7.9	3.9	3.7	3.6	3.5	3.3	3.2	3.1	8.5

Bollard/Hook	A	B	F	J	T	Z	*A
X-Force (t)	-2.7	-21.1	21.3	20.9	-9.9	35.8	31.1
Y-Force (t)	5.2	30.9	13.2	1.1	0.4	21.7	21.2
Other X-Load							
Other Y-Load							
Total Horiz Force	5.8	37.4	25.1	21.0	9.9	41.8	37.6
Direction in Plan	-27°	-34°	58°	87°	-88°	59°	56°
Bollard Uplift	2.4	18.5	13.0	4.1	0.9	9.1	4.5

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.7° Pitch: 0.2° Yaw: 0.0° (mooring stiffness ignored) ○ Significant ◉ 3hr Maximum

Condizione Estrema

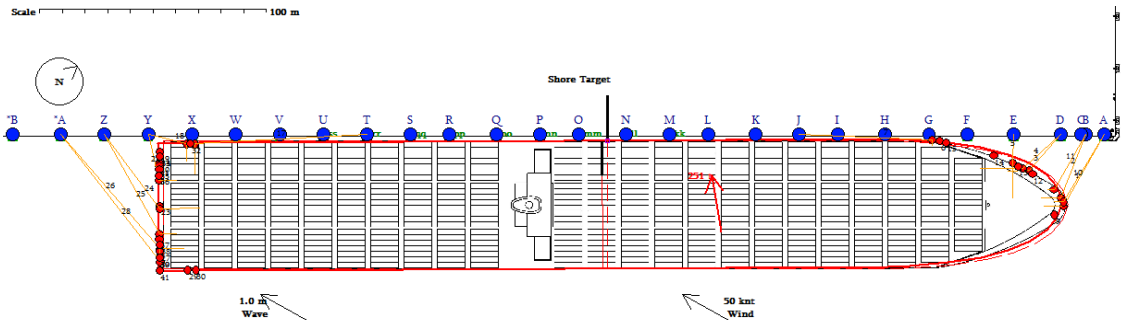
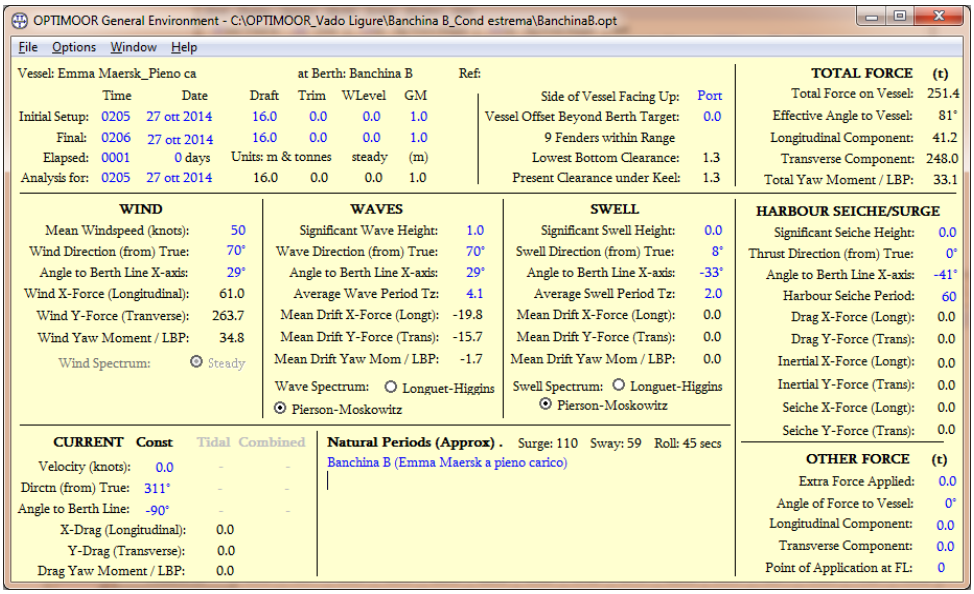
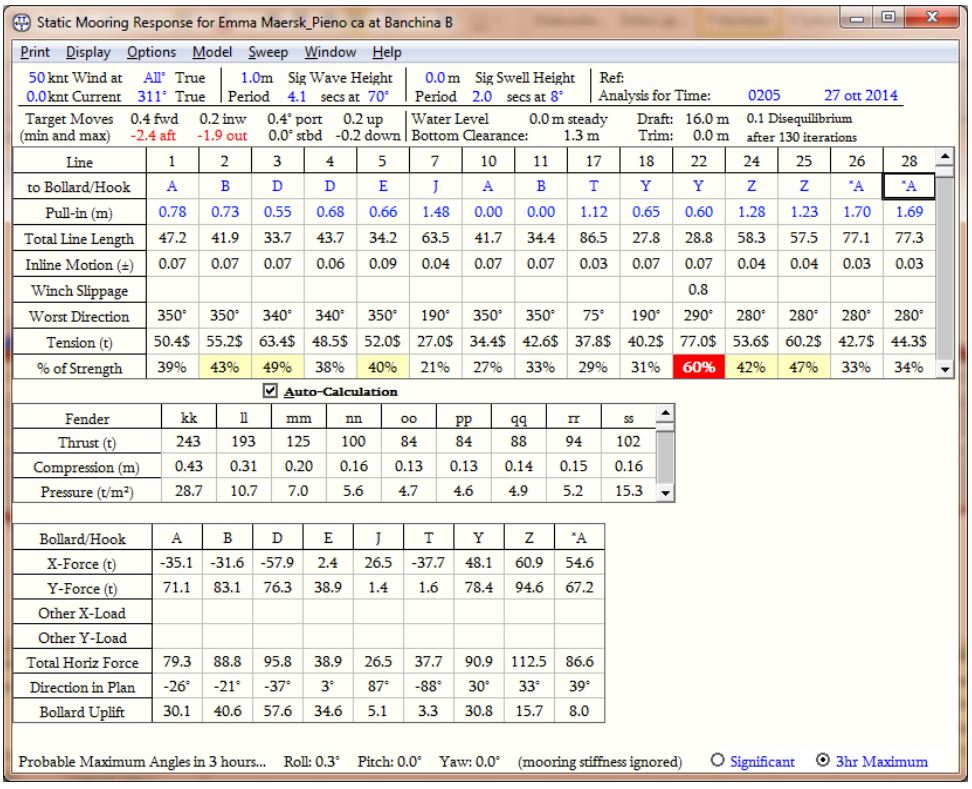


FIG. 6-6 - SCHEMA DI ORMEGGIO EMMA MAERSK A PIENO CARICO - BANCHINA B - CONDIZIONE ESTREMA

TAB. 6-11 - BANCHINA B (CONDIZIONE ESTREMA) - CONDIZIONI DI RIFERIMENTO



TAB. 6-12 - BANCHINA B (CONDIZIONE ESTREMA) - TENSIONE LINEE DI ORMEGGIO E TIRI SULLE BITTE



Line	1	2	3	4	5	7	10	11	17	18	22	24	25	26	28
to Bollard/Hook	A	B	D	D	E	J	A	B	T	Y	Y	Z	Z	*A	*A
Pull-in (m)	0.78	0.73	0.55	0.68	0.66	1.48	0.00	0.00	1.12	0.65	0.60	1.28	1.23	1.70	1.69
Total Line Length	47.2	41.9	33.7	43.7	34.2	63.5	41.7	34.4	86.5	27.8	28.8	58.3	57.5	77.1	77.3
Inline Motion (±)	0.07	0.07	0.07	0.06	0.09	0.04	0.07	0.07	0.03	0.07	0.07	0.04	0.04	0.03	0.03
Winch Slippage											0.8				
Worst Direction	350°	350°	340°	340°	350°	190°	350°	350°	75°	190°	290°	280°	280°	280°	280°
Tension (t)	50.4$	55.2$	63.4$	48.5$	52.0$	27.0$	34.4$	42.6$	37.8$	40.2$	77.0$	53.6$	60.2$	42.7$	44.3$
% of Strength	39%	43%	49%	38%	40%	21%	27%	33%	29%	31%	60%	42%	47%	33%	34%

Fender	kk	ll	mm	nn	oo	pp	qq	rr	ss
Thrust (t)	243	193	125	100	84	84	88	94	102
Compression (m)	0.43	0.31	0.20	0.16	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16
Pressure (t/m²)	28.7	10.7	7.0	5.6	4.7	4.6	4.9	5.2	15.3

Bollard/Hook	A	B	D	E	J	T	Y	Z	*A
X-Force (t)	-35.1	-31.6	-57.9	2.4	26.5	-37.7	48.1	60.9	54.6
Y-Force (t)	71.1	83.1	76.3	38.9	1.4	1.6	78.4	94.6	67.2
Other X-Load									
Other Y-Load									
Total Horiz Force	79.3	88.8	95.8	38.9	26.5	37.7	90.9	112.5	86.6
Direction in Plan	-26°	-21°	-37°	3°	87°	-88°	30°	33°	39°
Bollard Uplift	30.1	40.6	57.6	34.6	5.1	3.3	30.8	15.7	8.0

In Fig. 6-7 è riportata la "*wind limit rose*" che evidenzia, per ogni direzione di provenienza del vento, il valore di intensità dello stesso in corrispondenza del quale sono raggiunti i valori limite di parametri caratteristici quali le tensioni nei cavi di ormeggio al 40%, 50% e 55% del MBL, la deformazione limite dei fender, ecc.. Si tratta dunque di un diagramma polare dei valori caratteristici di intensità del vento definito per uno stato del mare assegnato.

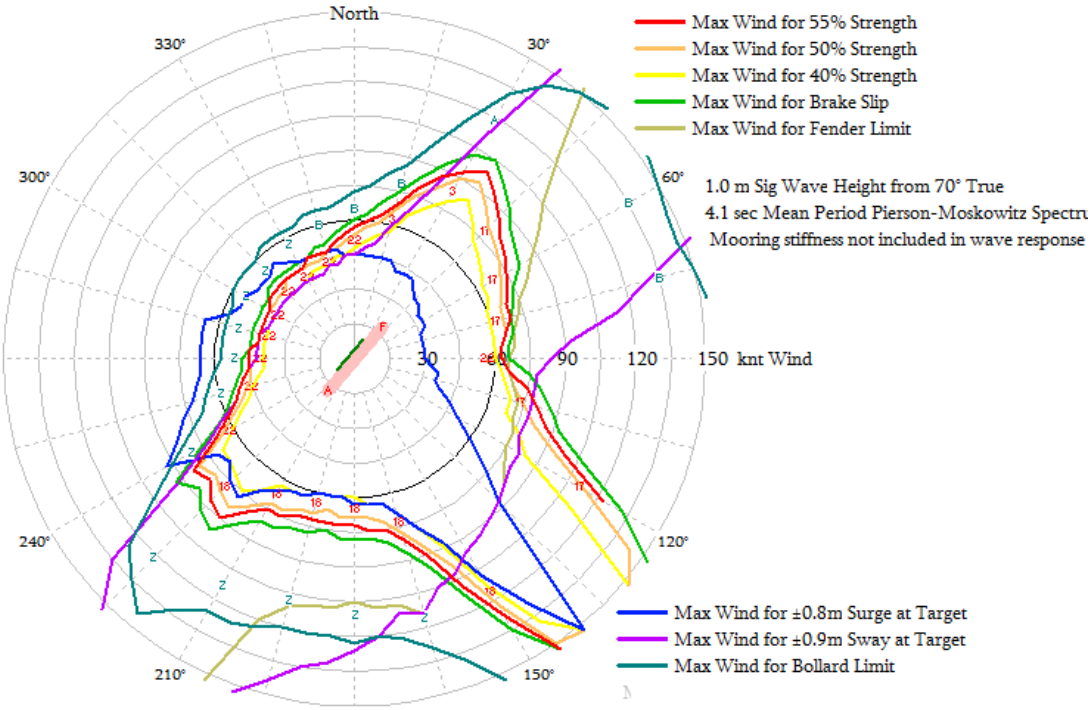


FIG. 6-7 - BANCHINA B (CONDIZIONE ESTREMA) - VALORI LIMITE DEI PARAMETRI DI CONTROLLO

6.3.3. Banchina C - Rinfuse

In questa sezione vengono presentati i risultati dell'analisi di ormeggio eseguita con il software OPTIMOOR per la banchina C, in relazione alla nave di progetto portarinfuse Jo Jin Maru in condizioni di allibo, nelle condizioni operativa ed estrema riepilogate in Tab. 6-3.

In assenza di informazioni precise circa l'equipaggiamento della nave di progetto, si è assunto che la Jo Jin Maru sia dotata di cime d'ormeggio in polipropilene di diametro 72 mm e carico minimo di rottura (MBL) pari a 57 t, sulla base delle indicazioni fornite dalle BS 6349-4:1994 per navi della stessa tipologia.

Le caratteristiche delle cime d'ormeggio e le posizioni dei *fairleads* rispetto alla mezzeria della nave sono riepilogate in Fig. 6-8.

TAB. 6-13 - POSIZIONE FAIRLEADS E CARATTERISTICHE DELLE CIME D'ORMEGGIO

Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	102.3	15.7	3.7	17.4	34	6	72 pp 57	
2	104.0	15.1	3.7	16.8	34	6	72 pp 57	
3	115.6	7.8	4.0	8.6	34	6	72 pp 57	
4	116.7	6.2	4.1	8.6	34	6	72 pp 57	
5	116.7	-6.2	4.1	8.6	34	6	72 pp 57	
6	115.6	-7.8	4.0	8.5	34	6	72 pp 57	
7	77.1	18.6	0.4	17.5	34	6	72 pp 57	
8	75.3	18.6	0.4	17.5	34	6	72 pp 57	
10	74.1	18.6	0.4	3.6			72 pp 57	
11	101.5	15.9	3.6	3.6			72 pp 57	
12	111.8	11.2	3.8	3.3			72 pp 57	
14	-62.2	18.7	0.4	17.5	34	6	72 pp 57	
15	-63.9	18.7	0.4	17.5	34	6	72 pp 57	
16	-111.6	11.1	1.1	11.3	34	6	72 pp 57	
17	-112.6	10.7	1.1	10.7	34	6	72 pp 57	
18	-121.2	6.0	1.3	5.8	34	6	72 pp 57	
19	-121.2	4.4	1.3	5.8	34	6	72 pp 57	
20	-121.2	-4.4	1.3	5.8	34	6	72 pp 57	
21	-121.2	-6.0	1.3	5.8	34	6	72 pp 57	
23	-121.2	3.0	1.3	3.0			72 pp 57	
24	-121.2	-3.0	1.3	3.0			72 pp 57	

Codes for Types of Line:

pp: polypropylene dry (broken-in)

Condizione Operativa

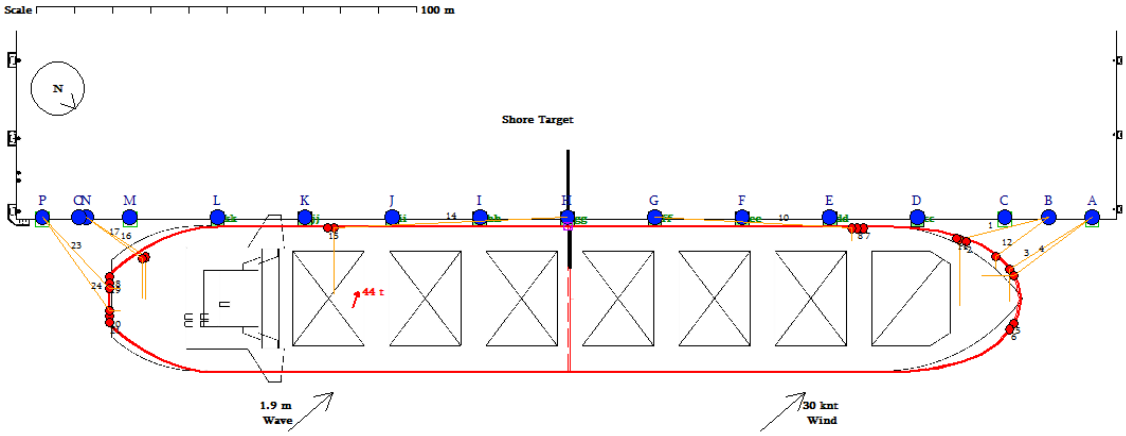


FIG. 6-8 - SCHEMA DI ORMEGGIO JO JIN MARU ALLIBATA - BANCHINA C - CONDIZIONE OPERATIVA

TAB. 6-14 - BANCHINA C (CONDIZIONE OPERATIVA) - CONDIZIONI DI RIFERIMENTO

OPTIMOOR General Environment - C:\OPTIMOOR_Vado Ligure\Banchina C_Cond operativa\BanchinaC.opt

File Options Window Help

Vessel: Jo Jin Maru allibata at Berth: Banchina C Ref:

	Time	Date	Draft	Trim	WLevel	GM
Initial Setup:	0200	27 ott 2014	13.5	0.0	0.0	1.0
Final:	0201	27 ott 2014	13.5	0.0	0.0	1.0
Elapsed:	0001	0 days	Units: m & tonnes		steady	(m)
Analysis for:	0200	27 ott 2014	13.5	0.0	0.0	1.0

Side of Vessel Facing Up:	Port
Vessel Offset Beyond Berth Target:	0.0
9 Fenders within Range	
Lowest Bottom Clearance:	5.3
Present Clearance under Keel:	5.3

TOTAL FORCE	(t)
Total Force on Vessel:	44.5
Effective Angle to Vessel:	111°
Longitudinal Component:	-16.3
Transverse Component:	41.4
Total Yaw Moment / LBP:	-9.9

WIND	
Mean Windspeed (knots):	30
Wind Direction (from) True:	90°
Angle to Berth Line X-axis:	139°
Wind X-Force (Longitudinal):	-5.8
Wind Y-Force (Tranverse):	25.3
Wind Yaw Moment / LBP:	-4.8
Wind Spectrum:	Steady

WAVES	
Significant Wave Height:	1.9
Wave Direction (from) True:	90°
Angle to Berth Line X-axis:	139°
Average Wave Period Tz:	5.3
Mean Drift X-Force (Longt):	-10.5
Mean Drift Y-Force (Trans):	16.1
Mean Drift Yaw Mom / LBP:	-5.0
Wave Spectrum:	Longuet-Higgins / Pierson-Moskowitz

SWELL	
Significant Swell Height:	0.0
Swell Direction (from) True:	8°
Angle to Berth Line X-axis:	57°
Average Swell Period Tz:	2.0
Mean Drift X-Force (Longt):	0.0
Mean Drift Y-Force (Trans):	0.0
Mean Drift Yaw Mom / LBP:	0.0
Swell Spectrum:	Longuet-Higgins / Pierson-Moskowitz

HARBOUR SEICHE/SURGE	
Significant Seiche Height:	0.0
Thrust Direction (from) True:	0°
Angle to Berth Line X-axis:	49°
Harbour Seiche Period:	60
Drag X-Force (Longt):	0.0
Drag Y-Force (Trans):	0.0
Inertial X-Force (Longt):	0.0
Inertial Y-Force (Trans):	0.0
Seiche X-Force (Longt):	0.0
Seiche Y-Force (Trans):	0.0

CURRENT Const	Tidal	Combined
Velocity (knots): 0.0	-	-
Dirctn (from) True: 311°	-	-
Angle to Berth Line: 0°	-	-
X-Drag (Longitudinal): 0.0		
Y-Drag (Transverse): 0.0		
Drag Yaw Moment / LBP: 0.0		

Natural Periods (Approx) . . . . . Sway: 61 Roll: 30 secs
Banchina C (Jo Jin Maru allibata)

OTHER FORCE	(t)
Extra Force Applied:	0.0
Angle of Force to Vessel:	0°
Longitudinal Component:	0.0
Transverse Component:	0.0
Point of Application at FL:	0

TAB. 6-15 - BANCHINA C (CONDIZIONE OPERATIVA) - TENSIONE LINEE DI ORMEGGIO E TIRI SULLE BITTE

Static Mooring Response for Jo Jin Maru allibata at Banchina C

Print Display Options Model Sweep Window Help

30 knt Wind at 90° True | 1.9m Sig Wave Height | 0.0 m Sig Swell Height | Ref:
0.6 knt Current 311° True | Period 5.3 secs at 90° | Period 2.0 secs at 8° | Analysis for Time: 0200 27 ott 2014

Vessel Moves (at Target) 0.7 fwd 0.5 fwd | 0.1 inw -0.2 out | 0.0° port 0.0° stbd | 0.5 up -0.5 down | Water Level 0.0 m steady | Bottom Clearance: 5.3 m | Draft: 13.5 m Trim: 0.0 m | 0.1 Disequilibrium after 118 iterations

Line	1	3	4	10	12	14	16	17	23	24
to Bollard/Hook	B	A	A	G	B	H	N	N	P	P
Pull-in (m)	0.95	0.77	0.77	0.00	0.00	1.79	0.46	0.44	0.00	0.00
Total Line Length	41.7	34.4	34.4	55.0	21.8	77.8	29.3	28.1	28.2	32.9
Inline Motion (±)	0.20	0.22	0.23	0.11	0.31	0.10	0.17	0.18	0.21	0.22
Winch Slippage										
Inclination Down	12°	12°	12°	2°	17°	2°	8°	8°	6°	5°
Tension (t)	6.0$	7.0$	7.4$	4.1	2.0$	5.6	18.7	19.6	10.8$	8.3$
% of Strength	11%	12%	13%	7%	3%	10%	33%	34%	19%	15%

☑ Auto-Calculation

Fender	cc	dd	ee	ff	gg	hh	ii	jj	kk
Thrust (t)	168	168	168	168	168	168	169	170	170
Compression (m)	0.10$	0.10$	0.10$	0.10$	0.10$	0.10$	0.11$	0.11$	0.12$
Pressure (t/m²)	13.7	13.6	13.6	13.6	13.6	13.7	13.7	13.8	49.5

Bollard/Hook	A	B	G	H	N	P
X-Force (t)	-11.6	-7.2	4.1	-5.6	31.2	12.3
Y-Force (t)	8.0	2.5	0.2	0.3	21.7	14.5
Other X-Load						
Other Y-Load						
Total Horiz Force	14.1	7.6	4.1	5.6	38.0	19.0
Direction in Plan	-56°	-71°	87°	-87°	55°	40°
Bollard Uplift	3.1	1.8	0.2	0.2	5.4	2.0

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.6° Pitch: 0.5° Yaw: 0.0° (mooring stiffness ignored) ○ Significant ◉ 3hr Maximum

Condizione Estrema

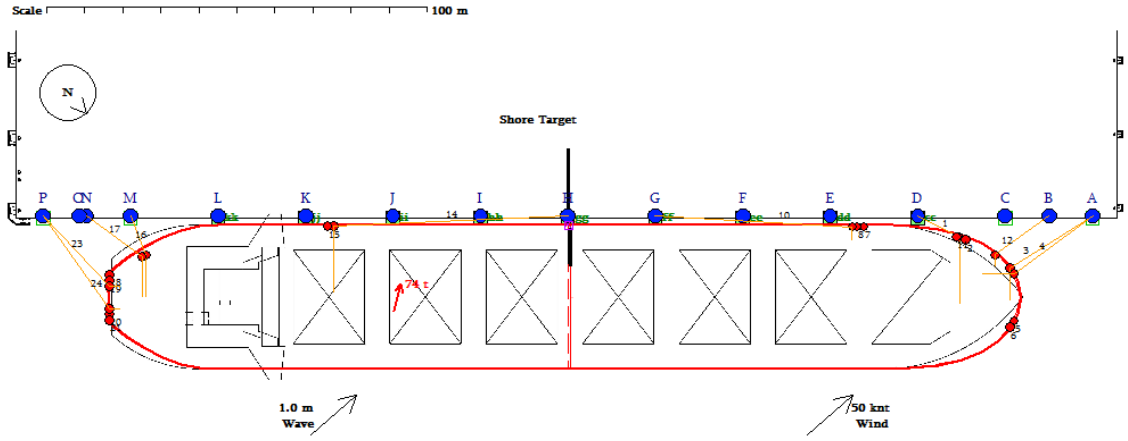
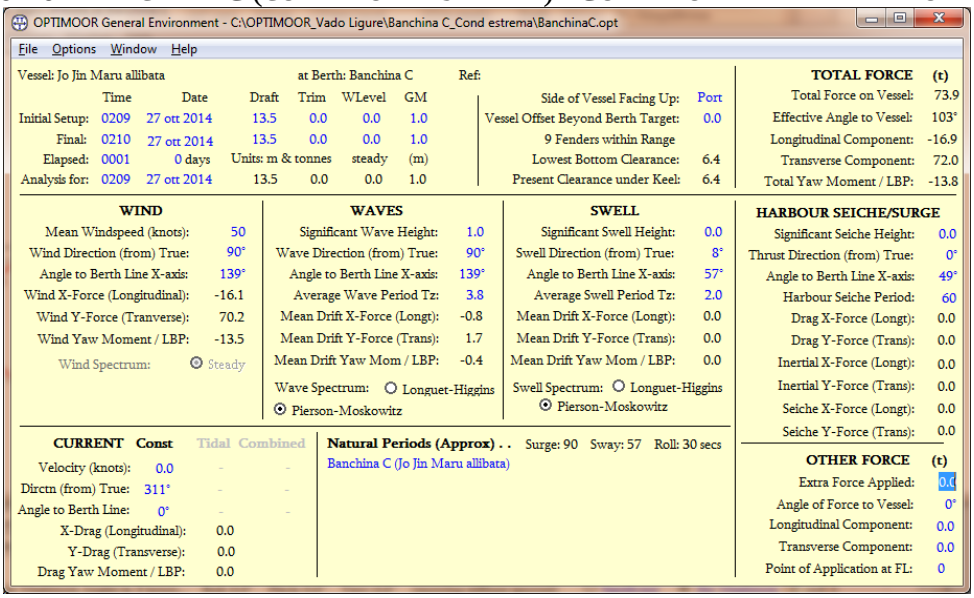


FIG. 6-9 - SCHEMA DI ORMEGGIO JO JIN MARU ALLIBATA - BANCHINA C - CONDIZIONE ESTREMA

TAB. 6-16 - BANCHINA C (CONDIZIONE ESTREMA) - CONDIZIONI DI RIFERIMENTO



OPTIMOOR General Environment - C:\OPTIMOOR_Vado Ligure\Banchina C_Cond estrema\BanchinaC.opt

File Options Window Help

Vessel: Jo Jin Maru allibata at Berth: Banchina C Ref:

	Time	Date	Draft	Trim	WLevel	GM
Initial Setup:	0209	27 ott 2014	13.5	0.0	0.0	1.0
Final:	0210	27 ott 2014	13.5	0.0	0.0	1.0
Elapsed:	0001	0 days	Units: m & tonnes		steady	(m)
Analysis for:	0209	27 ott 2014	13.5	0.0	0.0	1.0

Side of Vessel Facing Up:	Port
Vessel Offset Beyond Berth Target:	0.0
9 Fenders within Range	
Lowest Bottom Clearance:	6.4
Present Clearance under Keel:	6.4

TOTAL FORCE (t)

Total Force on Vessel:	73.9
Effective Angle to Vessel:	103°
Longitudinal Component:	-16.9
Transverse Component:	72.0
Total Yaw Moment / LBP:	-13.8

WIND

Mean Windspeed (knots):	50
Wind Direction (from) True:	90°
Angle to Berth Line X-axis:	139°
Wind X-Force (Longitudinal):	-16.1
Wind Y-Force (Tranverse):	70.2
Wind Yaw Moment / LBP:	-13.5
Wind Spectrum:	Steady

WAVES

Significant Wave Height:	1.0
Wave Direction (from) True:	90°
Angle to Berth Line X-axis:	139°
Average Wave Period Tz:	3.8
Mean Drift X-Force (Longt):	-0.8
Mean Drift Y-Force (Trans):	1.7
Mean Drift Yaw Mom / LBP:	-0.4

Wave Spectrum: ○ Longuet-Higgins ◉ Pierson-Moskowitz

SWELL

Significant Swell Height:	0.0
Swell Direction (from) True:	8°
Angle to Berth Line X-axis:	57°
Average Swell Period Tz:	2.0
Mean Drift X-Force (Longt):	0.0
Mean Drift Y-Force (Trans):	0.0
Mean Drift Yaw Mom / LBP:	0.0

Swell Spectrum: ○ Longuet-Higgins ◉ Pierson-Moskowitz

HARBOUR SEICHE/SURGE

Significant Seiche Height:	0.0
Thrust Direction (from) True:	0°
Angle to Berth Line X-axis:	49°
Harbour Seiche Period:	60
Drag X-Force (Longt):	0.0
Drag Y-Force (Trans):	0.0
Inertial X-Force (Longt):	0.0
Inertial Y-Force (Trans):	0.0
Seiche X-Force (Longt):	0.0
Seiche Y-Force (Trans):	0.0

CURRENT Const Tidal Combined

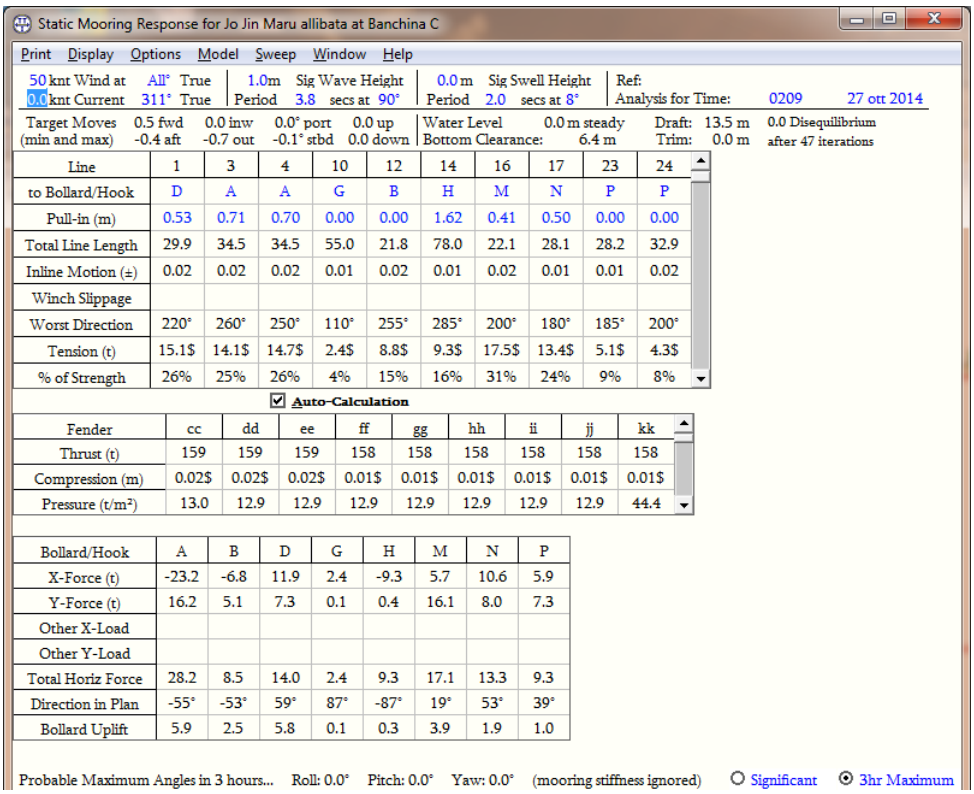
Velocity (knots):	0.0	-	-
Dirctn (from) True:	311°	-	-
Angle to Berth Line:	0°	-	-
X-Drag (Longitudinal):	0.0		
Y-Drag (Transverse):	0.0		
Drag Yaw Moment / LBP:	0.0		

Natural Periods (Approx) . . Surge: 90 Sway: 57 Roll: 30 secs
Banchina C (Jo Jin Maru allibata)

OTHER FORCE (t)

Extra Force Applied:	0.0
Angle of Force to Vessel:	0°
Longitudinal Component:	0.0
Transverse Component:	0.0
Point of Application at FL:	0

TAB. 6-17 - BANCHINA C (CONDIZIONE ESTREMA) - TENSIONE LINEE DI ORMEGGIO E TIRI SULLE BITTE



Static Mooring Response for Jo Jin Maru allibata at Banchina C

Print Display Options Model Sweep Window Help

50 knt Wind at All° True | 1.0m Sig Wave Height | 0.0 m Sig Swell Height | Ref:
0.0 knt Current 311° True | Period 3.8 secs at 90° | Period 2.0 secs at 8° | Analysis for Time: 0209 27 ott 2014

Target Moves (min and max) 0.5 fwd -0.4 aft | 0.0 inw -0.7 out | 0.0° port -0.1° stbd | 0.0 up 0.0 down | Water Level Bottom Clearance: 0.0 m steady 6.4 m | Draft: 13.5 m Trim: 0.0 m | 0.0 Disequilibrium after 47 iterations

Line	1	3	4	10	12	14	16	17	23	24
to Bollard/Hook	D	A	A	G	B	H	M	N	P	P
Pull-in (m)	0.53	0.71	0.70	0.00	0.00	1.62	0.41	0.50	0.00	0.00
Total Line Length	29.9	34.5	34.5	55.0	21.8	78.0	22.1	28.1	28.2	32.9
Inline Motion (±)	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
Winch Slippage										
Worst Direction	220°	260°	250°	110°	255°	285°	200°	180°	185°	200°
Tension (t)	15.1$	14.1$	14.7$	2.4$	8.8$	9.3$	17.5$	13.4$	5.1$	4.3$
% of Strength	26%	25%	26%	4%	15%	16%	31%	24%	9%	8%

☑ Auto-Calculation

Fender	cc	dd	ee	ff	gg	hh	ii	jj	kk
Thrust (t)	159	159	159	158	158	158	158	158	158
Compression (m)	0.02$	0.02$	0.02$	0.01$	0.01$	0.01$	0.01$	0.01$	0.01$
Pressure (t/m²)	13.0	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	44.4

Bollard/Hook	A	B	D	G	H	M	N	P
X-Force (t)	-23.2	-6.8	11.9	2.4	-9.3	5.7	10.6	5.9
Y-Force (t)	16.2	5.1	7.3	0.1	0.4	16.1	8.0	7.3
Other X-Load								
Other Y-Load								
Total Horiz Force	28.2	8.5	14.0	2.4	9.3	17.1	13.3	9.3
Direction in Plan	-55°	-53°	59°	87°	-87°	19°	53°	39°
Bollard Uplift	5.9	2.5	5.8	0.1	0.3	3.9	1.9	1.0

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.0° Pitch: 0.0° Yaw: 0.0° (mooring stiffness ignored) ○ Significant ◉ 3hr Maximum

In Fig. 6-10 è riportata la "*wind limit rose*" che evidenzia, per ogni direzione di provenienza del vento, il valore di intensità dello stesso in corrispondenza del quale sono raggiunti i valori limite di parametri caratteristici quali le tensioni nei cavi di ormeggio al 40%, 50% e 55% del MBL, la deformazione limite dei fender, ecc.. Si tratta dunque di un diagramma polare dei valori caratteristici di intensità del vento definito per uno stato del mare assegnato.

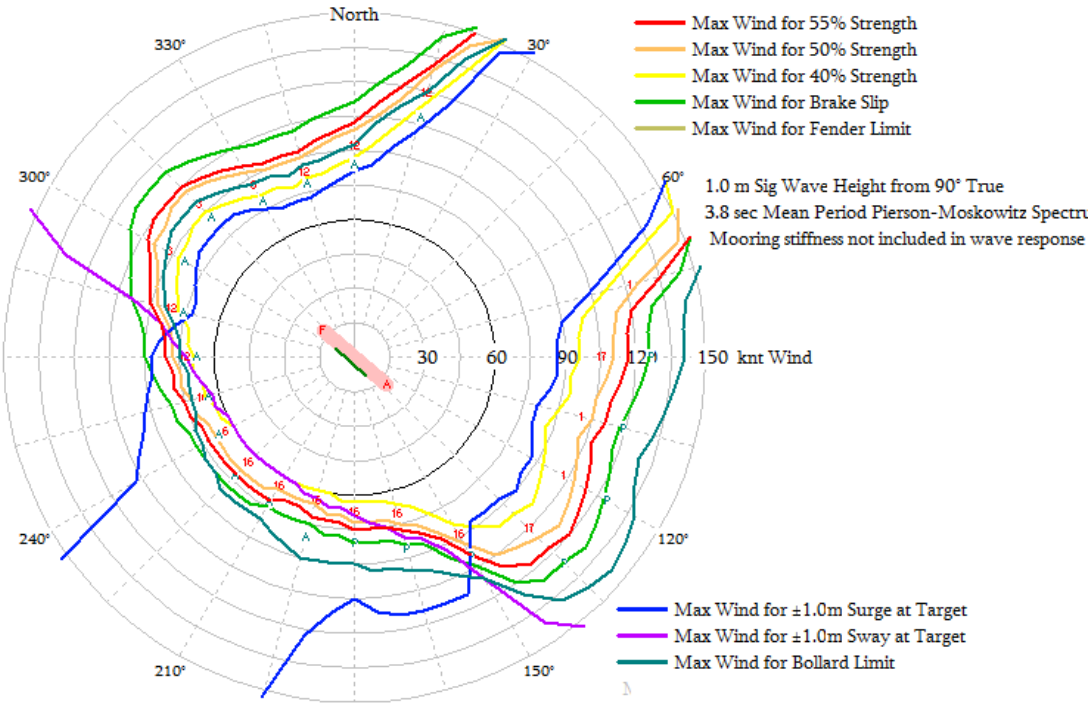


FIG. 6-10 - BANCHINA C (CONDIZIONE ESTREMA) - VALORI LIMITE DEI PARAMETRI DI CONTROLLO

6.3.4. Banchina D- Petroli

In questa sezione vengono presentati i risultati dell'analisi di ormeggio eseguita con il software OPTIMOOR per la banchina D, in relazione alla tanker di progetto Ottomana, nella condizione operativa limite riepilogata in Tab. 6-3.
La nave Ottomana è dotata di cime d'ormeggio in poliestere di diametro 52 mm e carico minimo di rottura (MBL) pari a 55 t. Le caratteristiche delle cime d'ormeggio sono state

desunte dalle informazioni raccolte nell'ambito delle analisi d'ormeggio eseguite per il Transitorio Petroli (rif. "MI010P-PE-T-N-R-3030-C0.doc").
Le caratteristiche delle cime d'ormeggio e le posizioni dei *fairleads* rispetto alla mezzeria della nave sono riepilogate in Tab. 6-18.

TAB. 6-18 - POSIZIONE FAIRLEADS E CARATTERISTICHE DELLE CIME D'ORMEGGIO

Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	-83.9	-2.4	0.0	10.0	33	6	52 pe 55	
2	-83.9	3.7	0.0	10.0	33	6	52 pe 55	
3	-78.0	8.3	0.0	10.0	33	6	52 pe 55	
4	-72.6	10.2	0.0	10.0	33	6	52 pe 55	
5	-70.6	10.6	0.0	10.0	33	6	52 pe 55	
6	-51.4	13.3	0.0	10.0	33	6	52 pe 55	
7	-49.3	13.3	0.0	10.0	33	6	52 pe 55	
8	49.8	13.2	0.0	10.0	33	6	52 pe 55	
9	53.0	13.2	0.0	10.0	33	6	52 pe 55	
10	66.7	10.6	0.0	10.0	33	6	52 pe 55	
11	77.8	6.5	0.0	10.0	33	6	52 pe 55	
12	83.1	3.0	0.0	10.0	33	6	52 pe 55	
13	83.1	-2.7	0.0	10.0	33	6	52 pe 55	

Codes for Types of Line:
pe: polyester (broken-in)

Condizione Operativa

Per quanto riguarda la banchina D, le condizioni meteomarine di riferimento per la verifica degli ormeggi sono state definite sulla base dei limiti operativi dell'accosto determinati non tanto dal moto ondoso, quanto dall'intensità del vento. Analogamente a quanto fatto nelle verifiche dei sistemi d'ormeggio eseguite per il Transitorio Petroli (rif. "MI010P-PE-T-N-R-3030-C0.doc") e in conformità con le indicazioni fornite dalla locale Capitaneria di Porto e con le raccomandazioni delle OCIMF, si è assunta come velocità limite del vento per la permanenza della nave in banchina 35 nodi.
L'analisi per la banchina D è stata eseguita considerando un vento con direzione variabile all'interno di tutto il settore omnidirezionale ed un moto ondoso di generazione locale proveniente dalla direzione 40°N.

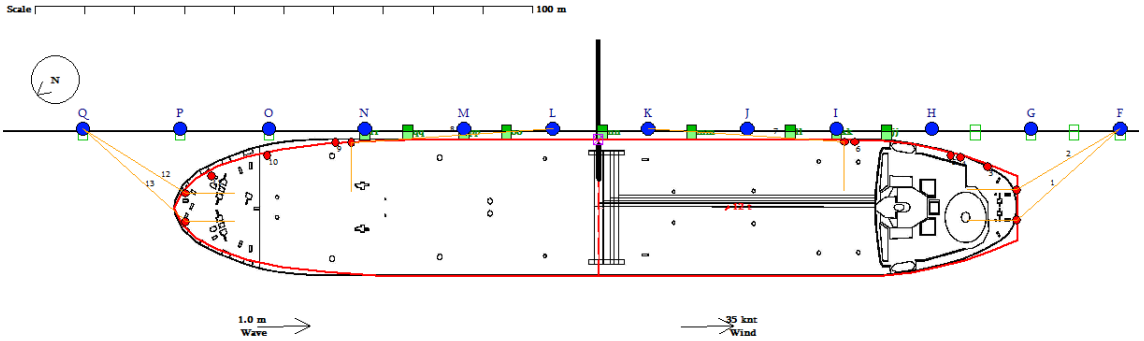


FIG. 6-11 - SCHEMA DI ORMEGGIO OTTOMANA - BANCHINA D - CONDIZIONE OPERATIVA

TAB. 6-19 - BANCHINA D (CONDIZIONE OPERATIVA) - CONDIZIONI DI RIFERIMENTO

OPTIMOOR General Environment - C:\OPTIMOOR_Vado Ligure\Banchina D_Cond operativa\BanchinaD.opt

File Options Window Help

Vessel: Ottomana at Berth: Banchina D Ref:

	Time	Date	Draft	Trim	WLevel	GM
Initial Setup:	1228	27 ott 2014	10.0	0.0	0.0	1.0
Final:	1229	27 ott 2014	10.0	0.0	0.0	1.0
Elapsed:	0001	0 days	Units: m & tonnes		steady	(m)
Analysis for:	1228	27 ott 2014	10.0	0.0	0.0	1.0

Side of Vessel Facing Up:	Stbd
Vessel Offset Beyond Berth Target:	0.0
9 Fenders within Range	
Lowest Bottom Clearance:	2.6
Present Clearance under Keel:	2.6

TOTAL FORCE	(t)
Total Force on Vessel:	11.7
Effective Angle to Vessel:	-47°
Longitudinal Component:	8.0
Transverse Component:	-8.5
Total Yaw Moment / LBP:	1.4

WIND	
Mean Windspeed (knots):	35
Wind Direction (from) True:	40°
Angle to Berth Line X-axis:	179°
Wind X-Force (Longitudinal):	5.5
Wind Y-Force (Tranverse):	-0.3
Wind Yaw Moment / LBP:	-0.1
Wind Spectrum:	Steady

WAVES	
Significant Wave Height:	1.0
Wave Direction (from) True:	40°
Angle to Berth Line X-axis:	179°
Average Wave Period Tz:	3.5
Mean Drift X-Force (Longt):	2.5
Mean Drift Y-Force (Trans):	-8.2
Mean Drift Yaw Mom / LBP:	1.4
Wave Spectrum:	Longuet-Higgins / Pierson-Moskowitz

SWELL	
Significant Swell Height:	0.0
Swell Direction (from) True:	0°
Angle to Berth Line X-axis:	139°
Average Swell Period Tz:	1.0
Mean Drift X-Force (Longt):	0.0
Mean Drift Y-Force (Trans):	0.0
Mean Drift Yaw Mom / LBP:	0.0
Swell Spectrum:	Longuet-Higgins / Pierson-Moskowitz

HARBOUR SEICHE/SURGE	
Significant Seiche Height:	0.0
Thrust Direction (from) True:	0°
Angle to Berth Line X-axis:	0°
Harbour Seiche Period:	60
Drag X-Force (Longt):	0.0
Drag Y-Force (Trans):	0.0
Inertial X-Force (Longt):	0.0
Inertial Y-Force (Trans):	0.0
Seiche X-Force (Longt):	0.0
Seiche Y-Force (Trans):	0.0

CURRENT	Const	Tidal	Combined
Velocity (knots):	0.0	-	-
Dirctn (from) True:	0°	-	-
Angle to Berth Line:	139°	-	-
X-Drag (Longitudinal):	0.0		
Y-Drag (Transverse):	0.0		
Drag Yaw Moment / LBP:	0.0		

Natural Periods (Approx) . . Surge: 62 Sway: 43 Roll: 22 secs
Banchina D (Ottomana)

OTHER FORCE	(t)
Extra Force Applied:	0.0
Angle of Force to Vessel:	0°
Longitudinal Component:	0.0
Transverse Component:	0.0
Point of Application at FL:	0

TAB. 6-20 - BANCHINA D (CONDIZIONE OPERATIVA) - TENSIONE LINEE DI ORMEGGIO E TIRI SULLE BITTE

Static Mooring Response for Ottomana at Banchina D

Print Display Options Model Sweep Window Help

35 knt Wind at All° True | 1.0m Sig Wave Height | 0.0 m Sig Swell Height | Ref:
0.0 knt Current 0° True | Period 3.5 secs at 40° | Period 1.0 secs at 0° | Analysis for Time: 1228 27 ott 2014

Target Moves 0.1 fwd -0.1 out 0.0° port 0.1 up | Water Level 0.0 m steady | Draft: 10.0 m | 0.0 Disequilibrium
(min and max) -0.3 aft 0.1 inw 0.0° stbd -0.1 down | Bottom Clearance: 2.6 m | Trim: 0.0 m | after 35 iterations

Line	1	2	7	8	12	13
to Bollard/Hook	F	F	K	L	Q	Q
Pull-in (m)	0.74	0.67	0.94	0.98	0.66	0.72
Total Line Length	37.1	33.7	48.3	49.8	33.5	36.9
Inline Motion (±)	0.12	0.09	0.03	0.03	0.08	0.10
Winch Slippage						
Worst Direction	200°	200°	10°	245°	70°	70°
Tension (t)	9.3$	9.0$	8.4$	7.0$	10.6$	10.3$
% of Strength	17%	16%	15%	13%	19%	19%

☑ Auto-Calculation

Fender	jj	kk	ll	mm	nn	oo	pp	qq	rr
Thrust (t)	52	49	47	44	42	42	42	43	44
Compression (m)	0.14$	0.13$	0.13$	0.12$	0.11$	0.11$	0.12$	0.12$	0.12$
Pressure (t/m²)	10.4	9.9	9.5	8.8	8.4	8.4	8.4	8.6	8.8

Bollard/Hook	F	K	L	Q
X-Force (t)	-14.8	8.4	-7.0	16.6
Y-Force (t)	10.7	0.6	0.5	12.6
Other X-Load				
Other Y-Load				
Total Horiz Force	18.3	8.4	7.0	20.9
Direction in Plan	-54°	86°	-86°	53°
Bollard Uplift				

Probable Maximum Angles in 3 hours... Roll: 0.3° Pitch: 0.1° Yaw: 0.0° (mooring stiffness ignored) ○ Significant ◉ 3hr Maximum

In Fig. 6-12 è riportata la "*wind limit rose*" che evidenzia, per ogni direzione di provenienza del vento, il valore di intensità dello stesso in corrispondenza del quale sono raggiunti i valori limite di parametri caratteristici quali le tensioni nei cavi di ormeggio al 40%, 50% e 55% del MBL, la deformazione limite dei fender, ecc.. Si tratta dunque di un diagramma polare dei valori caratteristici di intensità del vento definito per uno stato del mare assegnato.

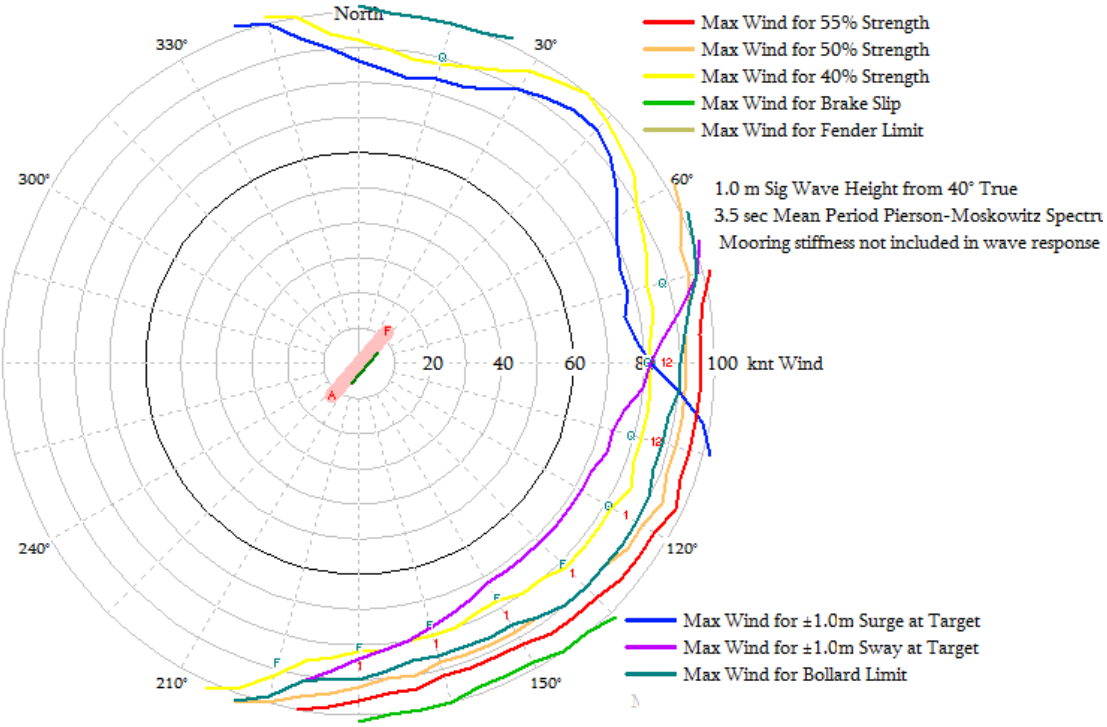


FIG. 6-12 - BANCHINA D - VALORI LIMITE DEI PARAMETRI DI CONTROLLO

6.4. Conclusioni

L'analisi effettuata mediante il software specialistico OPTIMOOR ha consentito la verifica degli schemi di ormeggio con il controllo diretto dello stato tensionale nelle linee di ormeggio e dell'angolazione delle stesse, dei carichi sulle bitte e della performance dei fender.

L'analisi ha consentito inoltre di valutare gli spostamenti delle navi all'ormeggio, i quali concorrono alla definizione del franco di sicurezza sottochiglia. Per la trattazione completa di quest'aspetto si rimanda al documento "Fondali di progetto nell'area portuale – Relazione di calcolo" (MI010P PE G L R 4126 C0).

Per quanto riguarda lo stato tensionale delle linee di ormeggio, le analisi eseguite in riferimento alle due condizioni di verifica hanno evidenziato che le tensioni nelle cime

d'ormeggio si mantengono sempre inferiori al valore limite raccomandato, che per i cavi in materiale sintetico con cui sono equipaggiate le navi di progetto corrisponde al 50% del MBL, ad eccezione di un solo cavo della nave Emma Maersk ormeggiata in banchina B, che raggiunge una tensione corrispondente al 60% del MBL nella "condizione estrema" di verifica.

Si può quindi concludere che i cavi di ormeggio in dotazione alle navi di progetto lavorano in condizioni di sicurezza.

Le analisi eseguite hanno inoltre evidenziato che gli interassi delle bitte di progetto soddisfano in generale i requisiti richiesti da diversi regolamenti e linee guida, quali il British Standard (BS 6349-1:2000, "*Maritime Structures – Part 1: Code of Practice For General Criteria*") e il PIANC ("*Criteria for Movements of Moored Ships in Harbours – A Practical Guide*" (1995)), circa la corretta angolazione orizzontale e verticale dei cavi di ormeggio.

Il massimo tiro sulle bitte calcolato dal modello è risultato sempre inferiore a quello sostenibile dalle bitte di progetto (vedi cap. 5), che assicurano un margine di sicurezza di almeno il 20%.

Le verifiche degli schemi di ormeggio eseguite con OPTIMOOR hanno dimostrato che non è necessaria l'installazione di una seconda linea di ormeggi ausiliari per fronteggiare le condizioni meteo gravose (le cosiddette "*storm bollards*").

Le simulazioni eseguite hanno inoltre evidenziato che le spinte esercitate sui fender dalle navi all'ormeggio risultano sempre inferiori a quelle sostenibili dai sistemi di assorbimento di progetto (vedi cap. 4).

Per quanto riguarda gli spostamenti delle navi all'ormeggio, le analisi eseguite hanno permesso di individuare le condizioni meteomarine che determinano il raggiungimento degli spostamenti massimi ammissibili al fine di consentire il carico/scarico delle merci.

L'operatività delle banchine A, B e C è limitata principalmente dal moto ondoso, che risulta critico in relazione ad eventi caratterizzati da tempi di ritorno dell'ordine di 1 anno. Si evidenzia che in tutti e tre i casi, lo spostamento che raggiunge il valore limite ammesso è l'heave, ovvero la traslazione nel piano verticale.

L'operatività della banchina D, esposta solamente al moto ondoso di generazione locale, risulta invece limitata dall'intensità del vento; in corrispondenza del valore di velocità del vento assunto come limite (35 nodi) sulla base delle indicazioni fornite dalla locale Capitaneria di Porto, gli spostamenti risultano comunque inferiori a quelli limite.

Nelle simulazioni eseguite in relazione alla "condizione estrema", gli spostamenti delle navi sono risultati in alcuni casi superiori a quelli ammissibili (Emma Maersk in banchina A e in banchina B), mentre le tensioni nelle cime d'ormeggio rimangono comunque inferiori al valore limite raccomandato, ad eccezione di un solo cavo della nave Emma Maersk ormeggiata in banchina B che raggiunge una tensione corrispondente al 60% del MBL, come evidenziato in precedenza.

Il sistema d'ormeggio della banchina D non è stato verificato in relazione alla condizione estrema in quanto si è assunto che le navi lascino l'ormeggio quando viene raggiunta la velocità del vento (35 nodi) limite per la permanenza in banchina.

Nelle tabelle seguenti sono riepilogati il massimo valore di tiro alla bitta, la massima tensione raggiunta dalle cime impiegate per assicurare le navi agli ormeggi e il valore massimo della spinta esercitata sui parabordi, in relazione alle navi di progetto che hanno fornito risultati più gravosi per ciascun accosto della piattaforma.

TAB. 6-21 - TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE FORZE AGENTI SUI SISTEMI DI ORMEGGIO – BANCHINA A

Banchina di riferimento	Banchina A	
Nave di progetto	Emma Maersk allibata	
Condizione di verifica	*Operativa limite*	*Estrema*
N° linee ormeggio	12	15
Materiale linea ormeggio	pe	pe
Diametro linea ormeggio (mm)	80	80
MBL (t)	129	129
Massimo valore tiro alla bitta (t)	**53**	**102**
Massime tensione delle cime	**25%MBL**	**50%MBL**
Massimo valore spinta sul fender (t)	**115**	**227**

TAB. 6-22 - TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE FORZE AGENTI SUI SISTEMI DI ORMEGGIO – BANCHINA B

Banchina di riferimento	Banchina B	
Nave di progetto	Emma Maersk	
Condizione di verifica	*Operativa limite*	*Estrema*
N° linee ormeggio	10	15
Materiale linea ormeggio	pe	pe
Diametro linea ormeggio (mm)	80	80
MBL (t)	129	129
Massimo valore tiro alla bitta (t)	**42**	**113**
Massime tensione delle cime	**22%MBL**	**60%MBL**
Massimo valore spinta sul fender (t)	**74**	**243**

TAB. 6-23 - TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE FORZE AGENTI SUI SISTEMI DI ORMEGGIO – BANCHINA C

Banchina di riferimento	Banchina C	
Nave di progetto	Jo Jin Maru allibata	
Condizione di verifica	*Operativa limite*	*Estrema*
N° linee ormeggio	10	10
Materiale linea ormeggio	pp	pp
Diametro linea ormeggio (mm)	72	72
MBL (t)	57	57
Massimo valore tiro alla bitta (t)	**38**	**28**
Massime tensione delle cime	**34%MBL**	**31%MBL**
Massimo valore spinta sul fender (t)	**170**	**159**

TAB. 6-24 - TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE FORZE AGENTI SUI SISTEMI DI ORMEGGIO – BANCHINA D

Banchina di riferimento	Banchina D
Nave di progetto	Ottomana
Condizione di verifica	*Operativa limite*
N° linee ormeggio	6
Materiale linea ormeggio	pe
Diametro linea ormeggio (mm)	52
MBL (t)	55
Massimo valore tiro alla bitta (t)	21
Massime tensione delle cime	**19%MBL**
Massimo valore spinta sul fender (t)	**52**