



00	31 Luglio 2012	PRIMA EMISSIONE / FIRST ISSUE	S.J.S. Engineering s.r.l.
REVISIONE REVISION	DATA DATE	MOTIVAZIONE REASON	PROPONENTE PROPOSER
MATRICE DELLA REVISIONE REVISION MATRIX			
Stazione appaltante Awarding body <p style="text-align: center;">AUTORITA' PORTUALE DI TARANTO <i>PORT AUTHORITY OF TARANTO</i></p>			
Incarico Job <p style="text-align: center;">RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO <i>REDEVELOPMENT OF THE MOLO POLISETTORIALE</i> <i>QUAY DECK EXTENSION</i></p>			
Livello progettuale Project level <p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO <i>DETAILED DESIGN</i></p>			
Soggetto attuatore Under authorization Taranto Container Terminal s.p.a. per l'Autorità Portuale di Taranto <i>Taranto Container Terminal Ltd.</i> for Port Authority of Taranto		Titolo Title <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA <i>REPORT ON ACCESSORY EQUIPMENT AND</i> <i>QUAY FITTINGS DESIGN</i></p>	
		Area code <p style="text-align: center;">0130 TAR</p>	Title code <p style="text-align: center;">01012-00</p>
		Check <p style="text-align: center;">R08</p>	Job code <p style="text-align: center;">C-01</p>
Design by S.J.S. Engineering s.r.l. *Roma (00187) Via Collina, n. 36 Taranto (74123) P.zza Castel S. Angelo, n.11 Mosca (123242) Krasnaya Presnaya st. 22 - Ufficio 3 Certified office* COMPANY WITH QUALITY MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV = ISO 9001:2008 =		Progettista responsabile/Head designer Dott. Ing. Michelangelo Lentini Progettisti/Designers Dott. Ing. Alessandro Porretti Dott. Ing. Gino Bechi	
		Edited Di Giuseppe	Checked ML
		Date July 2012	Filename 0130TAR01012-00-R08.doc

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	1
		Di <i>of</i>	52

INDICE

1. PREMESSA	4
2. CALCOLO DEL SISTEMA DI DIFESA ELASTICA	5
2.1 NAVI DI PROGETTO	5
2.2 ENERGIA NORMALMENTE PRODOTTA DURANTE L'ATTRACCO (EN)	6
2.3 ENERGIA DI ATTRACCO ANOMALA (E_A)	7
2.4 Velocità di attracco (V_B)	8
2.5 COEFFICIENTE DI BLOCCO (C_B)	9
2.6 COEFFICIENTE DI MASSA AGGIUNTA (C_M)	10
2.7 COEFFICIENTE DI ECCENTRICITÀ (C_E)	11
2.8 COEFFICIENTE DI CONFIGURAZIONE DELL'ATTRACCO (C_C)	12
2.9 COEFFICIENTE DI DEFORMABILITÀ (C_S)	13
2.10 CALCOLO DELL'ENERGIA DI ATTRACCO DI UN CONTAINER 14.000TEU	13
2.10.1 Dati di base	13
2.10.2 Calcolo del C _E	14
2.10.3 Calcolo del C _M	14
2.10.4 Calcolo del C _C	14
2.10.5 Calcolo del C _S	14
2.10.6 Determinazione del coefficiente di sicurezza F _S	14
2.10.7 Calcolo dell'energia di accosto in condizioni di attracco normale	15
2.10.8 Calcolo dell'energia di accosto in condizioni di attracco anomalo	15
2.10.9 Conclusioni	15
2.11 CALCOLO DELL'ENERGIA DI ATTRACCO DI UN CONTAINER 18.000TEU	16
2.11.1 Dati della nave:.....	16
2.11.2 Calcolo del C _E	16
2.11.3 Calcolo del C _M	17
2.11.4 Calcolo del C _C	17
2.11.5 Calcolo del C _S	17
2.11.6 Determinazione del coefficiente di sicurezza F _S	17
2.11.7 Calcolo dell'energia di accosto in condizioni di attracco normale	17

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		2	52

2.11.8	Calcolo dell'energia di accosto in condizioni di attracco anomalo	17
2.11.9	Conclusioni	18
2.12	SCELTA DEGLI ELEMENTI ELASTOMERICI	19
2.12.1	Interasse dei dispositivi di difesa e loro installazione.....	19
3.	BITTE.....	21
3.1	CALCOLO DEL TIRO SULLE BITTE DELLA BANCHINA POLIFUNZIONALE E DI RIVA.....	21
3.1.1	Forze risultanti dovute alla pressione del vento sulle navi	21
3.2	CALCOLO DEL TIRO ALLA BITTA	23
	Dati di progetto:.....	24
	Tiro di progetto alla bitta.....	24
3.3	DIMENSIONAMENTO E SCELTA DELLA BITTA DI PROGETTO	27
4.	ARMAMENTO DELLE VIE DI CORSA.....	29
4.1	ROTAIA.....	33
4.2	PAD	38
4.3	RESINA O MALTA DI INGHISAGGIO	39
4.4	CLIPS	44
4.5	TIRAFONDI.....	47
4.6	PIATTABANDA DI SUPPORTO IN ACCIAIO	48
4.7	MALTA CEMENTIZIA DI BASE	49
4.8	RACCOMANDAZIONI	52

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	3
		Di <i>of</i>	52

INDICE TABELLE

Tabella 1: caratteristiche geometriche e meccaniche delle rotaie A120 e A150	30
Tabella 2: le azioni verticali	31
Tabella 3: coefficienti di sicurezza.....	42
Tabella 4: esito delle verifiche	51
Tabella 5: coefficienti di sicurezza.....	51

INDICE FIGURE

Figura 4.11: parametri geometrici della rotaia	30
Figura 4.22: Vista modello FEM	33
Figura 4.33: Vista modello FEM con elementi distinti per materiale	33
Figura 4.44: diffusione delle tensioni nella rotaia.....	35
Figura 4.75: diffusione longitudinale	39
Figura 4.86: diffusione trasversale	40
Figura 4.97: ChockfastRed.....	41
Figura 4.108: ChockfastRed SG.....	41
Figura 4.119: Emaco	42
Figura 4.1410: Clips Gantrex 22/195/CQ.....	44
Figura 4.1611: possibile pacchetto per l'armamento con la rotaia A120	50

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	4	Di <i>of</i>	52

1. PREMESSA

Il progetto di ammodernamento della banchina di accosto del Terminal Container, come ampliamento descritto all'interno della Relazione tecnica generale (Doc. n. 0130TAR01001) persegue il duplice obiettivo di:

1. Consentire, salvaguardando la stabilità delle strutture a cassoni esistenti, l'approfondimento dei fondali: dagli attuali - 14,50 - 15,50 metri ai richiesti -16,50 metri. Il tutto conformemente alle previsioni della Variante al Piano Regolatore Portuale del Porto di Taranto (edizione 2007).
2. Consentire, in virtù dei nuovi maggiori fondali antistanti la banchina, l'ormeggio e le operazioni di carico/scarico delle moderne navi portacontainer che, seguendo le tendenze del mercato dello shipping, hanno dimensioni sempre maggiori, sia in termini di dimensioni complessive che di dislocamento.

Come conseguenza del punto 2, si è inoltre reso necessario realizzare le vie di corsa in grado di servire moderne gru di banchina di ultima generazione aventi caratteristiche: intervento sino alla 24^a fila della stiva delle portacontainer di nuova generazione; movimentazione contemporanea di 4 container da 20 piedi per volta

Tutto questo si traduce, in termini operativi, in nuovi sistemi di difesa elastica (parabordi) in grado di trasferire sulle strutture le energie di accosto, in nuove bitte in grado di sopportare il tiro dettato dai cavi di ancoraggio in condizioni gravose di vento oltre i 20m/s e, non da ultimo, in un sistema di rotaie che dovranno sopportare un carico della gru pari a 120 tonnellate/metro lineare rispetto alle attuali 50 tonnellate/metro lineare.

Nei paragrafi che seguiranno, per ciascuno di questi aspetti, verranno illustrati i dati di base, i criteri di calcolo ed infine, in base ai risultati ottenuti, le scelte progettuali.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO		Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA		Pagina <i>Page</i>	5
			Di <i>of</i>	52

2. CALCOLO DEL SISTEMA DI DIFESA ELASTICA

L'energia cinetica prodotta durante l'attracco della nave deve essere assorbita da un sistema di parabordi adatto.

Tale dimensionamento viene eseguito in base a ben riconosciuti metodi deterministici, che fanno riferimento alle "Linee guida per la progettazione di sistemi di parabordo: 2002", rilasciate dall'Associazione Internazionale di Navigazione. I paragrafi che seguiranno, delineano i criteri di calcolo e forniscono, in base a questi, i risultati ottenuti.

Come risulterà più evidente nei paragrafi seguenti, le navi di progetto prese a riferimento per l'attracco al Molo Polisetoriale hanno caratteristiche differenti a seconda della capacità massima di trasporto, espresso in TEUs (TEU= Twenty Equivalent Unit, unità di misura internazionale).

In particolare, per il calcolo di dimensionamento dei parabordi, si è fatto riferimento alla nave di progetto, della classe Ultra Large Container Vessel (ULCV), da 14.000 TEUs.

Non potendo escludere l'eventualità che una nave di dimensioni maggiori, come ad esempio nave da 18.000 TEUs, possa, nel futuro, fare scalo al Molo Polisetoriale, è stata condotta un'ulteriore verifica finalizzata alla determinazione delle condizioni di accosto, in termini di velocità e di angolo di accosto, che fossero compatibili con le caratteristiche dei parabordi installati.

2.1 NAVI DI PROGETTO

La riqualificazione del Molo Polisetoriale permetterà, grazie alla realizzazione di un impalcato su pali ed all'approfondimento dei fondali fino ad una quota pari a -16,50, lo scalo di nuove moderne portacontainer, le cui principali caratteristiche sono riportate nella tabella seguente.

Shipyards	Teus	Row	Loa (m)	Beam (m)	Draft designed	Draft scanting
Nave di progetto						
EMC	13.800 (14.000)	20	368	51,0	14,5	15,8
Possibili attracchi durante l'operatività del terminal						
SAMSUNG H.I.	8500	17	334	42,8	13,0	14,5
ODENSE S.Y.	9000	17	367	42,8	12,2	15,0
ODENSE S.Y.	7226	16	347	42,8	12,2	14,5
COSCO	9500	17	350	42,8	13,0	14,5

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA		Pagina <i>Page</i> 6 Di <i>of</i> 52

Shipyard	Teus	Row	Loa (m)	Beam (m)	Draftdesigned	Draftscantling
STX S.B.	12400	19	386	48,4	13,5	15,5
CMA	16000	21	395	53,6	14,0	16,0
CMA	16074	21	396	54	14,5	16,0
MAERSK "TE"	18000	23	399	59		16,0
MAERSK "E"	18000	22	398	56,6		16,2

dove

Row= numero di file dei contenitori sopra coperta;

LOA = Length over all, Lunghezza fuori tutto del natante (m);

Beam = Larghezza massima della nave;

Draftdesigned = pescaggio di progetto della nave;

Draftscantling = pescaggio massimo della nave, nelle condizioni di pieno carico e di manovra;

2.2 ENERGIA NORMALMENTE PRODOTTA DURANTE L'ATTRACCO (EN)

L'energia cinetica di una nave in movimento può essere calcolata come:

$$E = \frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2$$

dove

E = energia cinetica della stessa nave [kJm]

M = massa della nave (pari allo spostamento dell'acqua) [t]

v = velocità della nave in avvicinamento alla banchina [m/s]

Nel processo di attracco, l'energia di progetto che deve essere assorbita dal parabordo può essere ottenuta come:

$$E_d = f \cdot E = \frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2 \cdot C_e \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_c$$

dove

E_N = La normale energia di attracco che deve essere assorbita dal parabordo (kJm)

M = Massa della nave (dislocamento in tonnellate) al livello di confidenza stabilito. ⁽¹⁾

V = velocità di avvicinamento perpendicolare alle linea di attracco ⁽²⁾ (m/s).

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		7	52

C_M = Coefficiente di massa aggiunta
 C_E = coefficiente di eccentricità
 C_C = coefficiente della configurazione di attracco
 C_S = coefficiente di deformabilità

- (1) Il PIANC suggerisce 50% o 75% come limiti di confidenza (M50 o M75) appropriate nella maggior parte dei casi.
 (2) La velocità di avvicinamento (V_B) è solitamente basata su una misurazione del 50% del limite di confidenza (M50).

2.3 ENERGIA DI ATTRACCO ANOMALA (E_A)

Impatti anomali sorgono quando la normale energia è in accesso. Tra le cause ci possono essere errori umani, mal funzionamenti, condizioni atmosferiche eccezionali o una combinazione di questi fattori.

L'energia anomala che deve essere assorbita dai parabordi può essere calcolata come segue:

$$E_A = F_S \times E_N$$

dove,

E_A = energia di attracco anomala che deve essere assorbita dai fender (kJm)

F_S = fattore di sicurezza per l'attracco anomalo

Per quel che attiene i fattori di sicurezza da utilizzare, in conformità alle indicazioni dettate dal PIANC, si è fatto riferimento alla tabella di seguito riportata.

Table 1 PIANC factors of safety F_s		
Type of Berth Impact	Vessel	Factory for Abnormal Impact Applied to Berthing Energy (Cab)
Tanker and Bulk Cargo	Largest	1.25
	Smallest	1.75
Container	Largest	1.5
	Smallest	2.0
General Cargo		1.75
Ro-Ro and Ferries		2.0 or higher
Tugs, Work Boast, etc.		2.0

Fonte: PIANC 2002; Conseguenze che un calcolo sbagliato dei fender può avere sulle operazioni di attracco.

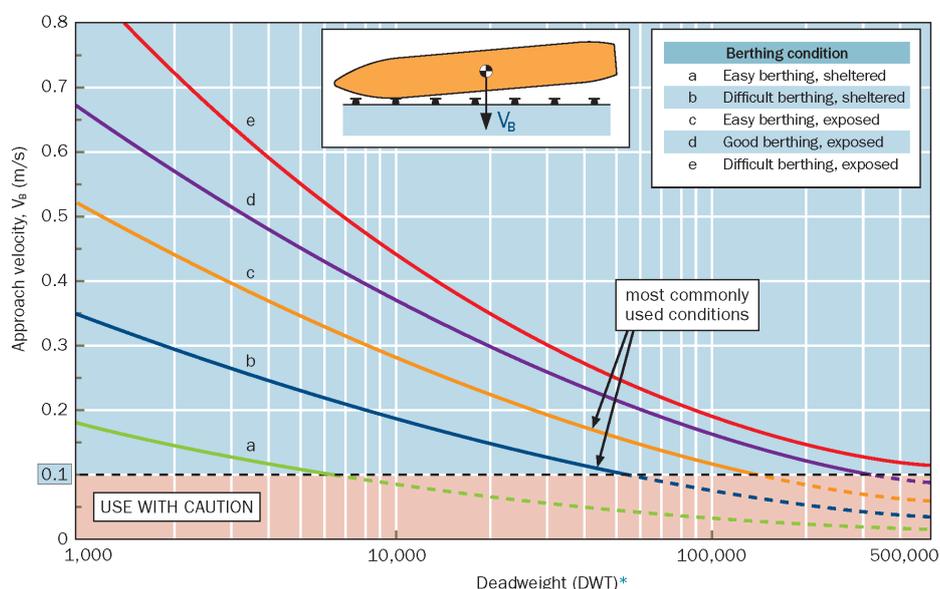
	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		8	52

Il PIANC sottolinea che “i fattori di impatto anomalo, se presenti, non devono essere inferiori ad 1.1 né superiori a 2.0, tranne in casi di circostanze eccezionali”.

2.4 Velocità di attracco (V_B)

La velocità di attracco dipende dalla difficoltà riscontrata nella manovra, dalla disposizione dell'ormeggio e dalle dimensioni della nave.

Tutte le possibili condizioni sono solitamente suddivise in 5 categorie, come mostrato nella figura.



Fonte: Progettazione di parabordi: stampato dalla Trelleborg AB, 2007

La guida più comune per il calcolo della velocità di attracco è la tabella Brolsma, adottata da BS1, PIANC2 e altri standard internazionali.

In base ai valori delle curve del grafico, la velocità di attracco consigliata per una portacontainer di grosse dimensioni (>150.000DWT) è inferiore a 0.10 m/sec.

Nello specifico, il calcolo è stato condotto con diverse velocità di attracco (V_B da 0.10 a 0.15 m/sec), in modo da ottenere un sistema di parabordo idoneo.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		9	52

2.5 COEFICIENTE DI BLOCCO (C_B)

Il coefficiente di blocco (C_B) è una funzione della carena e viene espresso come segue:

$$C_B = \frac{M}{L_{BP} \times B \times D \times \rho_{sw}}$$

dove,

M = dislocamento della nave (t)

L_{BP} = lunghezza tra le perpendicolari (m)

B = trave (m)

D = pescaggio (m)

ρ_{sw} = densità dell'acqua marina $\approx 1.025\text{t/m}^3$

Typical block coefficients (C_B)	
Container vessels	0.6-0.8
General Cargo and bulk carriers	0.72-0.85
Tankers	0.85
Ferries	0.55-0.65
Ro-Ro vessels	0.7-0.8
Source: PIANC 2002; TABLE 4.2.2	

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		10	52

2.6 COEFFICIENTE DI MASSA AGGIUNTA (C_M)

Il coefficiente di massa aggiuntiva consente di tenere conto della massa virtuale dell'acqua coinvolta nel movimento della nave, in aggiunta a quella vera e propria della nave stessa.

Difatti, assieme alla nave si muove anche una massa d'acqua M_w , ed, in genere, per il coefficiente suddetto viene fornita la formula seguente:

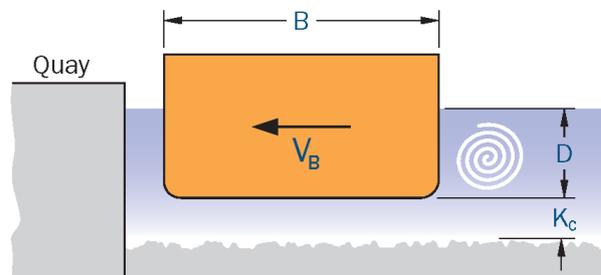
$$C_m = (M_s + M_w) / M_s$$

in cui M_s è la massa della nave;

M_w è la massa dell'acqua.

Tale coefficiente dipende dalle dimensioni della nave ed in particolare con la larghezza, il pescaggio ed il franco sottochiglia.

Nel caso in esame si determinerà il Coefficiente di massa aggiuntiva secondo il metodo Vasco Costa che viene normalmente quando la profondità dell'acqua non supera di molto il pescaggio della nave.



Source: FENDER DESIGN printed by Trelleborg AB, 2007

PIANC (2002)	Shigera Ueda (1981)	Vasco Costa* (1964)
for $\frac{K_c}{D} \leq 0.1$ $C_M = 1.8$	$C_M = \frac{\pi \times D}{2 \times C_B \times B}$	$C_M = 1 + \frac{2D}{B}$
for $0.1 \leq \frac{K_c}{D} \leq 0.5$ $C_M = 1.875 - 0.75 \left[\frac{K_c}{D} \right]$		
for $\frac{K_c}{D} \geq 0.5$ $C_M = 1.5$		

where,
 D = draft of vessel (m)
 B = beam of vessel (m)
 L_{BP} = length between perpendiculars (m)
 K_c = under keel clearance (m)

* valid where $V_B \geq 0.08m/s$, $K_c \geq 0.1D$

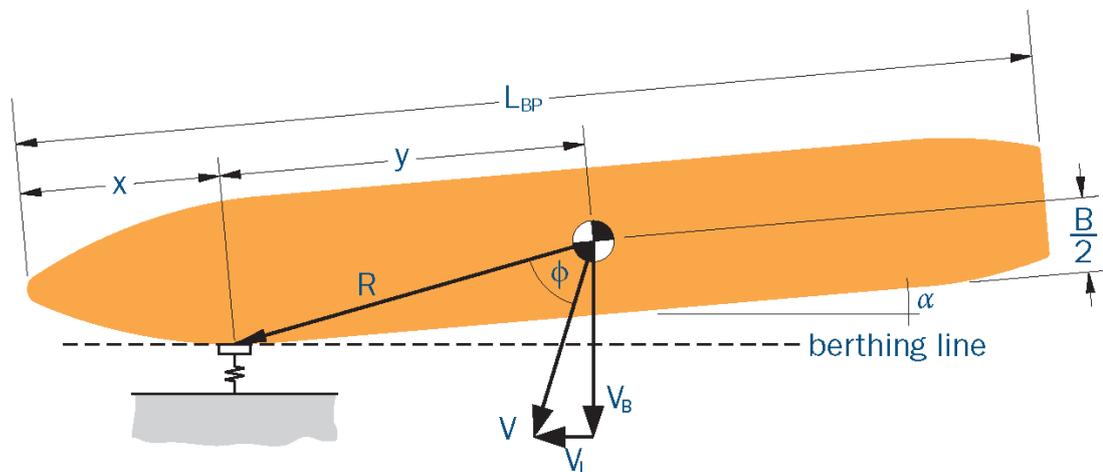
Fonte: Progettazione di parabordi: stampato dalla Trelleborg AB, 2007

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		11	52

2.7 COEFFICIENTE DI ECCENTRICITÀ (C_E)

Il coefficiente di eccentricità tiene conto dell'energia dissipata dalla rotazione della nave nel punto di impatto con i parabordi. Il giusto punto di impatto, l'angolo di ormeggio and l'angolo del vettore velocità sono importanti per un calcolo accurato del coefficiente di eccentricità. In pratica, C_E spesso varia tra 0.3 e 1.0 a seconda dei diversi tipi di ormeggio.

La velocità (V) non è sempre perpendicolare alla linea di ormeggio.



V_L = longitudinal velocity component (forward or astern)

Source: FENDER DESIGN printed by Trelleborg AB, 2007

$$x+y=0.5 \times L_{BP}$$

$$R = \sqrt{y^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2}$$

$$K = (0.19 \times C_B + 0.11) \times L_{BP}$$

$$C_E = \frac{K^2 + R^2 \cos^2 \phi}{K^2 + R^2}$$

dove,

B = Larghezza della nave (m)

C_B = coefficiente di blocco

L_{BP} = lunghezza tra le perpendicolari (m)

R = centro della massa nel punto di impayto (m)

K = raggio di girata (m)

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		12	52

Per semplificare, il PIANC considera φ di 90 gradi. Per cui

$$C_E = \frac{K^2}{K^2 + R^2}$$

2.8 COEFFICIENTE DI CONFIGURAZIONE DELL'ATTRACCO (C_c)

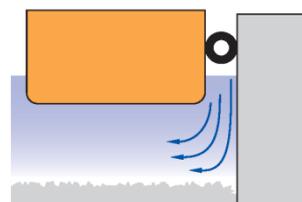
Il coefficiente di configurazione dell'attracco dipende dalla tipologia di struttura adibita all'accosto, nel caso in cui questa risulti di tipo aperto (come ad esempio un impalcato su pali) oppure di tipo chiuso (cassoni). Quando le navi attraccano ad angoli acuti alle strutture solide, l'acqua tra la carena e la banchina fa da cuscino e disperde una piccola quantità di energia di attracco.

Nel caso in esame, considerando che l'attracco avviene ad alta velocità e la nuova banchina su pali verrà realizzata dinanzi alla banchina esistente, su cassoni, si considera un $C_c=0,95$.

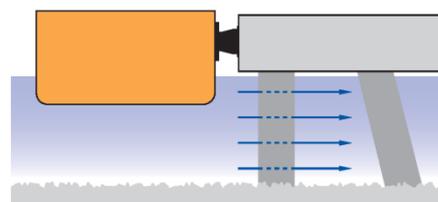
PIANC recommends the following values:

$C_c = 1.0$	<ul style="list-style-type: none"> ┆ Open structures including berth corners ┆ Berthing angles $> 5^\circ$ ┆ Very low berthing velocities ┆ Large underkeel clearance
$C_c = 0.9$	<ul style="list-style-type: none"> ┆ Solid quay structures ┆ Berthing angles $> 5^\circ$

Closed structure



Semi-closed structure



2.9 COEFFICIENTE DI DEFORMABILITÀ (C_s)

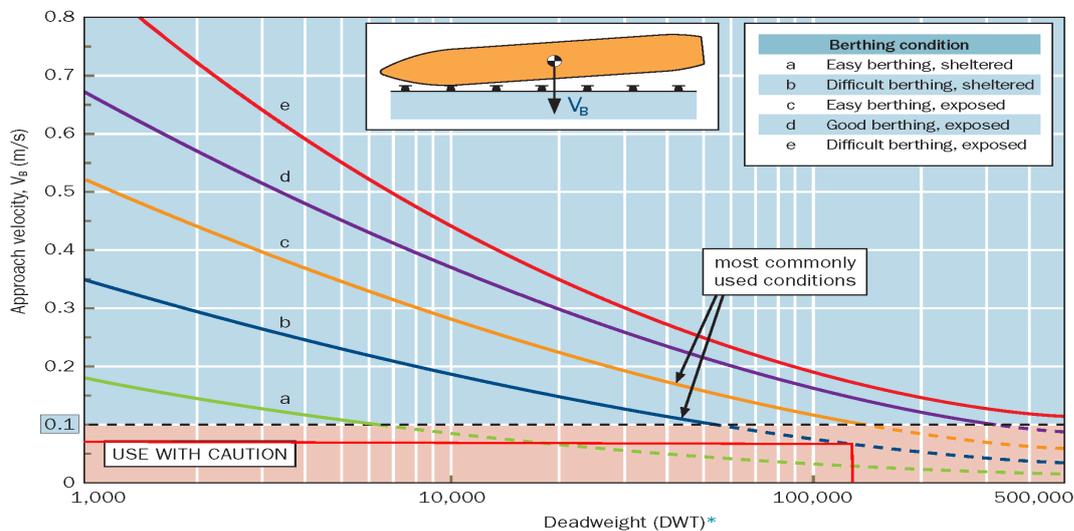
Questo fattore è determinato dal rapporto tra l'elasticità del fender e quella dello scafo della nave, che assorbe pertanto una frazione della energia in gioco. Per sicurezza è stato assunto $C_s=1$.

$C_s = 1.0$	Soft fenders ($\delta_f > 150\text{mm}$)
$C_s = 0.9$	Hard fenders ($\delta_f \leq 150\text{mm}$)

2.10 CALCOLO DELL'ENERGIA DI ATTRACCO DI UN CONTAINER 14.000TEU

2.10.1 Dati di base

Tonnellaggio di portata lorda (DWT):	152.000 ton
Larghezza(B)	51,0 m
Lunghezza di massima(LOA):	368 m
Pescaggio(D)	15,8 m
Lunghezza tra le perpendicolari(LBP)	350 m
Dislocamento:	201.047 ton
Profondità di banchina:	-16,5m
Angolo di attracco:	6°
Condizioni di attracco :	B



	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	14
		Di <i>of</i>	52

Per il calcolo della velocità di accosto: DWT=152.000 ton, $V_B=0,072\text{m/s}$. A favore di sicurezza, in quanto $V_B < 0,1\text{m/sec}$, si assume una velocità di accosto pari a $V_B=0,13\text{m/sec}$.

2.10.2 Calcolo del C_E

$$C_B = \frac{M}{L_{BP} \times B \times D \times \rho_{sw}} = 201.047 \div (350 \times 51 \times 15,8 \times 1,025) = 0,695$$

$$K = (0,19 \times C_B + 0,11) \times L_{BP} = (0,19 \times 0,695 + 0,11) \times 350 = 84,72\text{m}$$

Ipotizzando un attracco al quarto della lunghezza della nave si ottiene:

$$y = 0,25 \times L_{BP} = 0,25 \times 350 = 87,5$$

$$R = \sqrt{y^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} = \sqrt{87,5^2 + \left(\frac{51}{2}\right)^2} = 91,14\text{m}$$

$$C_E = \frac{K^2}{K^2 + R^2} = 84,72^2 \div (84,72^2 + 91,14^2) = 0,464$$

2.10.3 Calcolo del C_M

$$K_c = \text{Profondità di banchina} - \text{Pescaggio} = 16,5 - 15,8 = 0,7$$

$$K_c/D = 0,7/15,8 = 0,044 < 0,1$$

$$C_M = 1,8$$

2.10.4 Calcolo del C_C

Come già precedentemente esposto, le condizioni al contorno, ovvero di una nuova banchina su pali in fregio ad una banchina esistente su cassoni, impone un coefficiente pari a 0,95.

2.10.5 Calcolo del C_S

Il coefficiente di deformabilità C_S sarà considerato, a favore di sicurezza, pari ad 1,0.

2.10.6 Determinazione del coefficiente di sicurezza F_S

Secondo le indicazioni del PIANC, il coefficiente di sicurezza F_S da adottare nel calcolo sarà 1,5.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	15
		Di <i>of</i>	52

2.10.7 Calcolo dell'energia di accosto in condizioni di attracco normale

$$E_N = 0,5 \times M \times V_B^2 \times C_M \times C_E \times C_C \times C_S$$

$$EN = 0,5 \times 0,13^2 \times 201.047 \times 1,8 \times 0,464 \times 0,95 \times 1,0 = 1347,93 \text{ kN-m}$$

2.10.8 Calcolo dell'energia di accosto in condizioni di attracco anomalo

$$EA = EN \times FS = 1347,93 \times 1,5 = 2021,9 \text{ kN-m}$$

2.10.9 Conclusioni

In base ai calcoli sopra riportati, considerate le diverse velocità di accosto della nave di progetto da 14.000TEUs, i valori dell'energia che dovrà essere assorbita dal sistema di difesa vengono riportati nella tabella seguente.

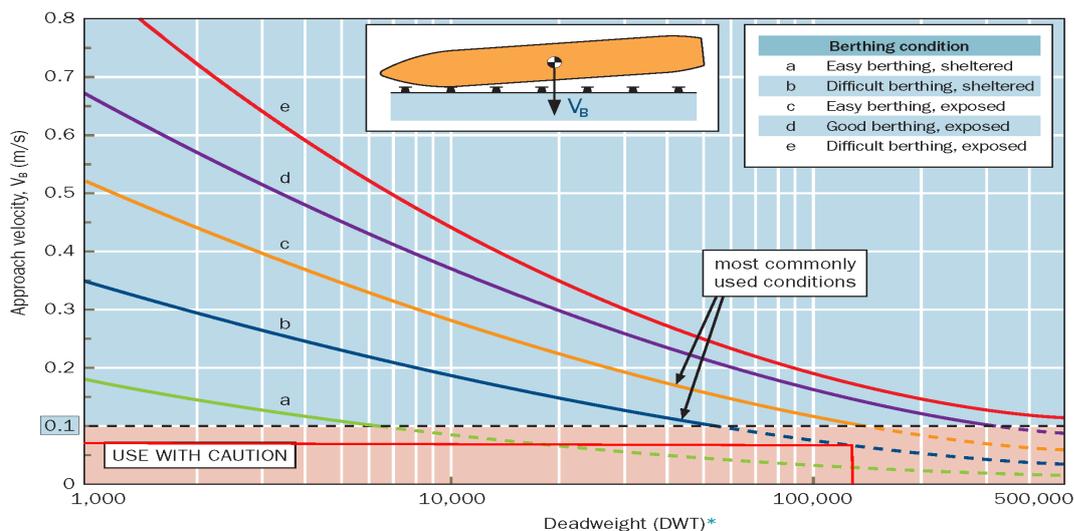
Velocità di attracco	Energia di attracco anomalo	Osservazioni
10cm/sec	1196.4 kN-m	F _s = 1.5
11cm/sec	1447.6 kN-m	
12cm/sec	1722.8 kN-m	
13cm/sec	2021.9 kN-m	
14cm/sec	2344.9 kN-m	
15cm/sec	2691.9 kN-m	

Pertanto, la capacità di assorbimento dei parabordi di progetto dovrà essere pari a E_A = 2.020 kN-m

2.11 CALCOLO DELL'ENERGIA DI ATTRACCO DI UN CONTAINER 18.000TEU

2.11.1 Dati della nave:

Tonnellaggio di portata lorda (DWT):	195.000 ton
Larghezza(B)	59.0 m
Lunghezza di massima(LOA):	399 m
Pescaggio(D)	16.0 m
Lunghezza tra le perpendicolari(LBP)	377.4 m
Dislocamento:	245.919 ton
Profondità di banchina:	-17.5m
Angolo di attraccaggio:	6°
Condizioni di attraccaggio :	B



Per il calcolo della velocità di accosto: DWT=195.000 ton, VB=0.063m/s. A favore di sicurezza, in quanto VB<0.1m/sec, si assume una velocità di accosto pari a VB=0.12m/sec.

2.11.2 Calcolo del C_E

$$C_B = \frac{M}{L_{BP} \times B \times D \times \rho_{sw}} = 254.919 \div (377.4 \times 59 \times 16 \times 1.025) = 0.698$$

$$K = (0.19 \times C_B + 0.11) \times L_{BP} = (0.19 \times 0.698 + 0.11) \times 377.4 = 91.56 \text{ m}$$

Ipotizzando un attracco al quarto della lunghezza della nave si ottiene:

$$y = 0.25 \times L_{BP} = 0.25 \times 377.4 = 94.35$$

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		17	52

$$R = \sqrt{y^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} = \sqrt{94.35^2 + \left(\frac{59}{2}\right)^2} = 98.85\text{m}$$

$$C_E = \frac{K^2}{K^2 + R^2} = 91.56^2 \times (91.56^2 + 98.85^2) = 0.462$$

2.11.3 Calcolo del C_M

K_c =profondità di banchina- Pescaggio=17.5-16=1.5

$K_c/D=1.5/16.0=0.094<0.1$

$C_M=1.8$

2.11.4 Calcolo del C_C

Come già precedentemente esposto, le condizioni al contorno, ovvero di una nuova banchina su pali in fregio ad una banchina esistente su cassoni, impone un coefficiente pari a 0.95.

2.11.5 Calcolo del C_S

Il coefficiente di deformabilità C_S sarà considerato, a favore di sicurezza, pari ad 1.0.

2.11.6 Determinazione del coefficiente di sicurezza F_S

Secondo le indicazioni del PIANC, il coefficiente di sicurezza F_S da adottare nel calcolo sarà 1.5.

2.11.7 Calcolo dell'energia di accosto in condizioni di attracco normale

$$E_N = 0.5 \times M \times V_B^2 \times C_M \times C_E \times C_C \times C_S =$$

$$E_N = 0.5 \times 0.12^2 \times 254919 \times 1.8 \times 0.462 \times 0.95 \times 1.0 = 1450.02 \text{ kN-m}$$

2.11.8 Calcolo dell'energia di accosto in condizioni di attracco anomalo

$$E_A = E_N \times F_S = 1450.02 \times 1.5 = 2175.02 \text{ kN-m}$$

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		18	52

2.11.9 Conclusioni

In base ai calcoli sopra riportati, considerate le diverse velocità di accosto della nave di progetto da 18.000TEUs, i valori dell'energia che dovrà essere assorbita dal sistema di difesa vengono riportati nella tabella seguente.

Velocità di attracco	Energia di attracco anomalo	Considerazioni
10cm/sec	1510.4 kN-m	Condizioni anomale $F_s = 1.5$
11cm/sec	1827.6 kN-m	
11.5cm/sec	1997.5 kN-m	
12cm/sec	2175.0 kN-m	
13cm/sec	2552.6 kN-m	
10cm/sec	1107.6 kN-m	Condizioni normali $F_s = 1.1$
11cm/sec	1340.2 kN-m	
12cm/sec	1595.0 kN-m	
13cm/sec	1871.9 kN-m	
14cm/sec	2171.0 kN-m	

Il parabordo selezionato per la nave da 14.000TEUs (cfr. Paragrafo 2.10.9) è in grado di assorbire un'energia massima pari a 2020 kN-m.

Come ampiamente descritto all'interno della relazione generale, non si vuole escludere la possibilità che una nave di dimensioni maggiori, come ad esempio nave da 18.000TEUs, possa, nel futuro, fare scalo al Molo Polisetoriale.

La verifica condotta è stata effettuata al fine di individuare, a parità di parabordo installato, quali dovessero essere le condizioni di manovra e le prescrizioni per l'accosto, andando ad individuare, essenzialmente, velocità di accosto, angolo di manovra, coefficienti di sicurezza.

In questo specifico caso, assumendo una velocità di accosto inferiore ai 0,12m/s, il sistema di parabordi può soddisfare le richieste operative anche in condizioni anomale.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		19	52

2.12 SCELTA DEGLI ELEMENTI ELASTOMERICI

Come conseguenza dei valori esposti in precedenza, è prevista l'adozione dell'elemento elastomerico TRELLEBORG SCN1800 E1.0, o simile approvato.

Sulla base dei dati raccolti in un documento specifico emesso dal produttore suddetto, seguono i seguenti valori teorici, riferiti ad un elastomero grado E1 con deformazione al 72.0%:

Energia assorbita = 2185kNm

Forza di reazione = 2350kN

E' da precisare che una tolleranza del 10% è inclusa nei valori suddetti e pertanto, per quanto concerne il valore effettivo dell'energia, il seguente confronto é necessario:

$2185\text{kNm} / 1.10 = 1987\text{kNm}$ > sia di 1387kNm che di 1450 KNm

Un volta determinate il tipo di element elastomerico, risulta necessario, in base ai dati di reazione dettata dal parabordo, dimensionare il pannello frontale affinché la pressione media, esercitata sullo scafo della nave, risulato minore della massima pressione ammissibile.

Per le grandi navi portacontenitori, la massima pressione accettabile sullo scafo è pari a 200 kN/m² (Cfr. PIANC:2002 tabella 4.4.1)

La reazione vincolare del parabordo selezionato è pari a 2350KNm.

Ne consegue che l'area di contatto dovrà essere pari a $2350 / 200 = 11,75 \text{ m}^2$

Caratteristiche del pannello frontale

Smussatura superiore 300 x 150 mm

Smussatura laterale 150 x 150 mm

Larghezza del pannello: 3500 mm

Da cui deriva una larghezza netta pari a $3500 - 2 \times 150 = 3200 \text{ mm}$

Altezza netta del parabordo: $11,75 / 3,2 = 3,70 \text{ m}$

Altezza totale del parabordo: $3,70 + 0,3 = 4,0\text{m}$

2.12.1 Interasse dei dispositivi di difesa e loro installazione

La spaziatura dei parabordi é definita in modo da assicurare che sia mantenuto un margine positivo tra lo scafo della nave e la superficie della banchina, quando il parabordo è compresso.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	20
		Di <i>of</i>	52

Per il calcolo in riferimento si deve tenere conto del profilo dello scafo al livello della linea d'impatto con il parabordo e del massimo angolo di accosto (vedi Figura 8.2).

Come regola di riferimento, la seguente formula può essere adottata nei calcoli:

$$F_{ns} = 2 [(R^2 - (R - H)^2)^{0.5}]$$

dove:

F_{ns} Spaziatura dei parabordi

H Altezza del parabordo compresso (quando l'effettiva energia cinetica è assorbita)

R Raggio di curvatura della nave

Poiché il raggio di curvatura usualmente non è noto, si suggerisce, come metodo alternativo, di usare la formula riportata nel seguito, che non è correlata con il raggio di curvatura della nave.

E' possibile stimare il raggio in funzione della lunghezza (L) e della Larghezza (B) della nave.

La distanza F_{ns} fra i parabordi deve essere minore di:

$$F_{ns} \leq 2 \sqrt{h \left(\frac{B}{2} + \frac{L^2}{8B} - h \right)}$$

Dove, riferendosi alla nave di progetto (14.000teus):

$$L = 368.00 \text{ m}$$

$$B = 51 \text{ m}$$

Assumendo per h il valore dell'ordine di 1.1 m, segue:

$$F_{ns} \leq 2 [1.10 (51/2 + 368.00^2/8/51.0 - 1.10)]^{0.5} = 38,15 \text{ m}$$

Nell'ipotesi di parabordo compresso il valore h può essere assunto pari a 0.6 m circa e la relativa distanza F_{ns} ha il valore di 28,19 m circa.

I dati calcolati sono stati quindi confrontati con le strutture di progetto, andando ad individuare un posizionamento dei parabordi che da una parte rispondesse ai requisiti imposti dalle normative in materia e, dall'altra, consentisse una distribuzione dei carichi, sulla struttura dell'impalcato, quando più simmetrica possibile.

Per questo motivo, i parabordi verranno posizionati, alternativamente, con interassi di 21.60m e 25.05m, valori concordati ed accettati dal Concessionario.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		21	52

3. BITTE

3.1 CALCOLO DEL TIRO SULLE BITTE DELLA BANCHINA POLIFUNZIONALE E DI RIVA

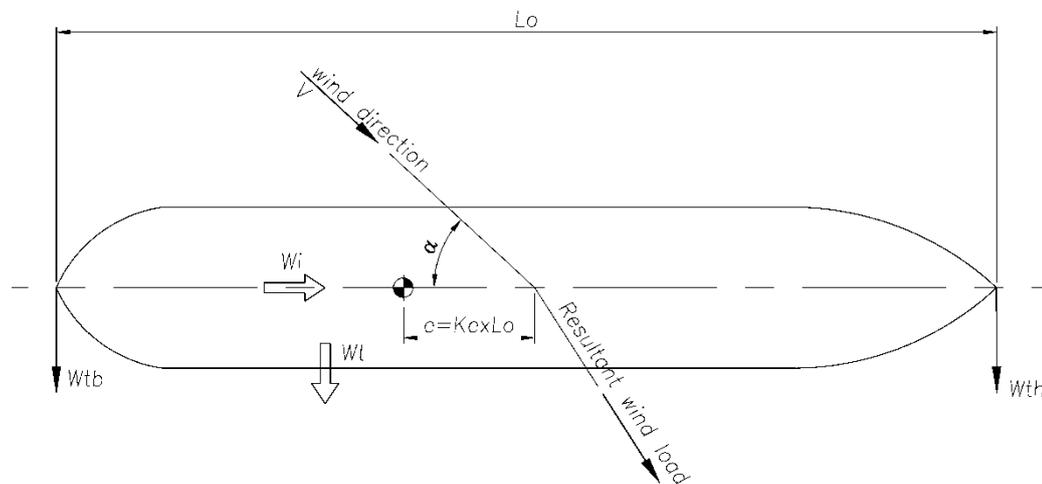
3.1.1 Forze risultanti dovute alla pressione del vento sulle navi

La verifica del tiro alla bitta è stata condotta in conformità al codice "Recommendations of the Committee for Waterfront Structures, Harbours and Waterways EAU 2004".

In base alle prescrizioni dettate dalle Raccomandazioni, di seguito per brevità EAU del 2004, le componenti del carico dovuto al vento, che agisce sulla nave all'ormeggio, sono le seguenti:

$$W_t = (1 + 3.1 \sin \alpha) \cdot k_t \cdot H \cdot L_u \cdot v^2$$

$$W_l = (1 + 3.1 \sin \alpha) \cdot k_l \cdot H \cdot L_u \cdot v^2$$



I carichi equivalenti sulle bitte si possono ottenere dividendo W_t come segue:

$$W_t = W_{tb} + W_{th}$$

dove:

$$W_{tb} = W_t \cdot (0.50 + k_e)$$

$$W_{th} = W_t \cdot (0.50 - k_e)$$

H: massima altezza del bordo libero della nave (a pieno carico o allibata), alla quale si deve sommare l'altezza aggiuntiva del carico dal bordo libero [m]

L_u : Lunghezza massima della nave ormeggiata [m]

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		22	52

v : velocità del vento di progetto [m/s]; che per navi superiori a 50,000dwt, come in questo caso, è riferito alla velocità media del vento misurata in 1 minuto.

W_i : componenti del carico del vento

k_t e k_i : coefficienti di carico del vento

k_e : coefficiente di eccentricità

Il carico ed i coefficienti di eccentricità, per navi con tonnellaggio superiore a 50,000 DWT, sono elencati nella tabella seguente.

Navi superiori a 50,000dwt			
α°	K_t [kN·s ² /m ⁴]	K_e [I]	K_i [kN·s ² /m ⁴]
0	0	0	$9.1 \cdot 10^{-5}$
30	$11.1 \cdot 10^{-5}$	0.13	$3.0 \cdot 10^{-5}$
60	$14.1 \cdot 10^{-5}$	0.07	$2.0 \cdot 10^{-5}$
90	$16.1 \cdot 10^{-5}$	0	0
120	$14.1 \cdot 10^{-5}$	-0.08	$-2.0 \cdot 10^{-5}$
150	$11.1 \cdot 10^{-5}$	-0.16	$-4.0 \cdot 10^{-5}$
180	0	0	$-8.1 \cdot 10^{-5}$

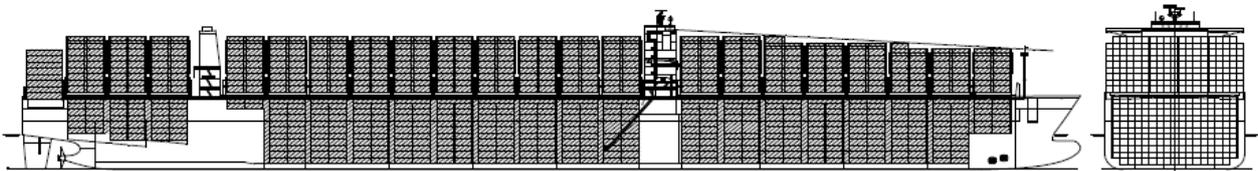
Il dimensionamento delle bitte presuppone il ricorso ad un modello dove, l'insieme nave, banchina, elementi di ancoraggio e risposte del sistema, vengono schematizzati con un modello statico. D'altro canto, l'aleatorietà del fenomeno, e del mutuo comportamento dei diversi componenti del sistema, impone il ricorso ad un coefficiente di amplificazione che tiene conto del comportamento impulsivo dei diversi componenti.

In osservanza delle EUA, **i carichi determinati con le formule sopra riportate, verranno moltiplicati per un fattore di sicurezza parziale di $\gamma_d=1.25$, che, come già detto, tiene conto di eventuali influenze dinamiche, e di altro tipo, non determinabili a priori.**

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
		PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012
RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA		Pagina <i>Page</i>	23 Di <i>of</i>
			52

3.2 CALCOLO DEL TIRO ALLA BITTA

Per il calcolo del tiro alla bitta si è fatto riferimento alle caratteristiche della nave di progetto, di seguito riportata, avente una portata massima pari a 13.100 TEUs. Si precisa che, rispetto ad una nave avente una capacità di trasporto pari a 14.000 TEUs, la nave presa a riferimento ha la stessa area esposta al vento, mentre differiscono, per la larghezza massima, di circa 2,5m, ovvero una fila di contenitori. Si ritiene pertanto che, ai fini del calcolo, la nave presa a riferimento sia idonea allo scopo.



MAIN DIMENSIONS Length over all abt. 366 m Length b.p. 350 m Breadth moulded 48.2 m Depth moulded 29.85 m Draught design (Td) 14.5 m Draught scantling (Ts) 15.5 m		CONTAINER CAPACITIES With max. number of Containers (SOLAS Visibility) On deck (9 tiers) 7,074 TEU In hold (11 tiers) 6,018 TEU Total 13,092 TEU Rows max. in holds/on hatches 17/19 Row 9'6" Container x 10 tiers or 9'6" Container x 1 tier + 8'6" Container x 10 tiers to be stowed in hold Reefer Container On deck 40' 800 Units No. of loaded Container at Ts abt. 8,900 TEU (Based on 14T/TEU, 100% consumables, 8'6", 45%VCG)		FUEL OIL CONSUMPTION OF MAIN ENGINE D.F.O.C at NCR abt. 247.3 t/d CRUISE RANGE 26,900 NM CARGO HATCH COVER Type Steel pontoon type, non-sequential Stack weight 90 tons for 20 ft, 140 tons for 40 ft Max. Panel weight 40 tons incl. container loose fittings	
DEADWEIGHT Deadweight at Td abt. 125,480 m Deadweight at Ts abt. 140,580 m		POWER SUPPLY Diesel generator 2,700kW x 5 sets Emergency generator 300 kW x 1 set Ring-Net System for Reefer Containers		NAVIGATION EQUIPMENT 1- ECDIS, Conning Display & Route Planning 2- Radars (ARPA) 1- Gyro Compass & Auto Pilot 1- Speed Log 2- DGPS Navigators	
CLASSIFICATION GL +100A5, CONTAINER SHIP, SOLAS II-2 REG.19, +MC, AUT, RSD, Environmental Passport, NAV-O, IW, BWM, MARPOL Annex I Reg.12A		MAIN ENGINE TYPE HYUNDAI-Wärtsilä 12RT-flex 96C MCR 68,640 kW x 102.0 rpm NCR 61,776 kW x 98.5 rpm			
TANK CAPACITIES Heavy fuel oil abt. 12,400 m ³ Marine diesel oil abt. 500 m ³ Fresh water abt. 500 m ³ Ballast water abt. 35,800 m ³		SERVICE SPEED Service Speed at Td abt. 24.3 kts Sea margin 15 %			
COMPLEMENT 28+6 p					

Lunghezza fuori tutto(LOA) :	366 m
Larghezza massima:	51,2 m
Altezza massima dello scafo fino al bordo libero:	29,85 m
Pescaggio (scantling):	15,5 m

Considerata l'altezza massima dello scafo fino al bordo libero e la massima immersione a pieno carico, si ottiene la parte emersa dello scafo che, nelle condizioni più gravose, è pari a 29,85-15,5 = 14,35m.

Nell'ipotesi di nave completamente carica, all'altezza sopra calcolata, occorre sommare l'altezza dovuta ai container oltre il bordo libero.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO		Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA		Pagina <i>Page</i>	24
			Di <i>of</i>	52

Dalla scheda tecnica, si evince che il massimo numero di container, impilabili sopra coperta (tiri), è pari a 9, da cui: $H_a = 9 \times 2.6 = 23.4$ m

Dati di progetto:

Velocità media del vento di progetto: 26 m/s

Quota dell'impalcato: 3,0 m

Massima escursione di marea: 0,3 m

Calcolo:

$$V = 26 \text{ m/s}$$

$$H = 14,35 + 23,4 - (3 - 0,3) = 35,05 \text{ m}$$

Ipotizzando la peggiore condizione di vento, che vede la murata della nave investita al traverso, ovvero con un angolo pari a $\alpha = 90^\circ$ rispetto all'asse prua-poppa, si ottiene:

$$k_t = 16,1 \cdot 10^{-5}; k_l = 0; k_e = 0$$

$$W_t = (1 + 3,1 \times 1) \times 16,1 \cdot 10^{-5} \times 35,05 \times 366 \times 26^2 = 5.724,34 \text{ kN}$$

$$W_l = (1 + 3,1 \times 1) \times 0 \times 35,05 \times 366 \times 26^2 = 0 \text{ kN}$$

$$W_{tb} = 5.742,34 \times (0,5 + 0) = 2.862,17 \text{ kN}$$

$$W_{th} = 5.742,34 \times (0,5 - 0) = 2.862,17 \text{ kN}$$

Tiro di progetto alla bitta

$$W_{tb} \times \gamma_d = 2.862,17 \times 1,25 = 3.577,7 \text{ kN (364,7 ton)}$$

$$W_{th} \times \gamma_d = 2.862,17 \times 1,25 = 3.577,7 \text{ kN (364,7 ton)}$$

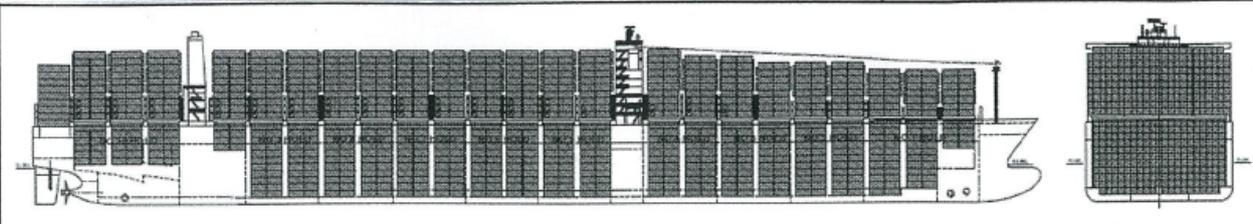
Si riporta, nella tabella seguente, il tiro generato dalla nave, sia a prua che a poppa, nelle diverse ipotesi di vento. Si sottolinea che il tiro è da intendersi come il tiro massimo (a prua e a poppa) che verrebbe applicato ad una singola bitta.

V	20 m/s	22 m/s	24 m/s	26 m/s	28 m/s	30 m/s
Wtb/Wth	2117 kN	2562 kN	3048 kN	3578 kN	4149 kN	4763 kN
	216 ton	261 ton	310 ton	365 ton	423 ton	486 ton

Direzione del vento $\alpha = 90^\circ$

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		25	52

A favore della sicurezza, si è proceduto anche con una verifica del tiro alla bitta nel caso in cui, all'ormeggio, sia presente una nave da 18.000TEUs, i cui dati principali, vengono riportati nella tabella seguente.



MAIN PARTICULARS Length Over All 400 m Length Between Perp. 383 m Breadth 58.6 m Depth to Main Deck 30.5 m Draught, Design 14.5 m Draught, Scantling 16.0 m Deadweight on Td 160,900 MT Deadweight on Ts 189,600 MT Service Speed Td 22.9 knots (90% MCR, 15% power margin) and input from PTI abt. 6000 kW	MAIN ENGINE MAN B&W 11K90ME9.2 MCR 62,290 kW x 94 rpm MCR derated 52,200 kW x 84 rpm NCR 46,980 kW x 81.1 rpm Fixed-pitch propeller No. of Blades TBA Bow thruster 2 x 2,500 kW Stern thruster 1 x 2,000 kW	CONTAINER CAPACITIES With max. number of Containers On deck (10 tiers) 9,956 TEU In hold (11 tiers) 8,026 TEU Total 17,982 TEU Rows max. in holds/on hatches 21 / 23 Tiers max. in holds/on hatches 11 / 10 El. Plugs (for reefer Container) On deck 500 In hold 500 Total 1,000
CLASS Lloyd's Register (LR) 100A1, Container Ship ShipRight (SDAplus, FDA, CM, ACS(B)), LI, *IWS, LMC, UMS, NAV-1, BWMP(T), SCM, Green Passport,	FUEL OIL CONSUMPTION OF MAIN ENGINE ISO Conditions NCR 190.9 MT/Day (adjusted to the performance of the WHRS)	Homogenous loading at Ts 12,940 14T/TEU (50% consumables, 8'6", 45% VCG)
TANK CAPACITIES Heavy fuel oil 12,000 m3 Marine diesel oil 600 m3 Marine gas oil TBA m3 Fresh water 600 m3 Ballast water 47,500 m3	CRUISING RANGE Cruising range 29,400 Nm POWER SUPPLY Diesel Generators 3 x 3,800 kW 1 x 2,800 kW Turbo Generator 1 x 5,500 kW Shaft Generator/Motor PTI 1 x 6,000 kW PTO 1 x 4,000 kW Emergency Generator 1 X 350 kW	CARGO HATCH COVER Type: Steel Pontoon, Non Sequential Stack weight on H/C : 80MT/TEU & 140MT/FEU
NAVIGATION EQUIPMENT Radar Plant 2 Auto Pilot / Gyro compass 2 GPS navigator 2 ECDIS 2	COMPLEMENT 29P + 6	CARGO HOLD Stack Weight in C/H : 25 MT/TEU & 30 MT/FEU

KH
 All details are preliminary, approximate and subject to further design development. This information is provided without guarantee.

I principali dati dimensionali della nave da 18.000 TEUs, sono di seguito riepilogati:

Lunghezza fuori tutto(LOA) : 400 m

Larghezza massima: 58,6 m

Altezza massima dello scafo fino al bordo libero: 30,50 m

Pescaggio (scantling): 16 m

Considerata l'altezza massima dello scafo fino al bordo libero e la massima immersione a pieno carico, si ottiene la parte emersa dello scafo che, nelle condizioni più gravose, è pari a 30,5-16,0 = 14,5 m.

Nell'ipotesi di nave completamente carica, all'altezza sopra calcolata, occorre sommare l'altezza dovuta ai container oltre il bordo libero.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO		Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08			
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012			
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA		Pagina <i>Page</i>	26	Di <i>of</i>	52

Dalla scheda tecnica, si evince che il massimo numero di container, impilabili sopra coperta (tiri), è pari a 9, da cui:

$$H_a = 10 \times 2,6 = 26 \text{ m}$$

Dati di progetto:

Velocità media del vento di progetto: 26 m/s

Quota dell'impalcato: 3,0 m

Massima escursione di marea: 0,3 m

Calcolo:

$$V = 26 \text{ m/s}$$

$$H = 14,5 + 26 - (3 - 0,3) = 37,8 \text{ m}$$

Presupposto $\text{chea} = 90^\circ$ (condizione di massimo carico sulla murata della nave), dalla tabella riportata in precedenza, si ottiene:

$$k_t = 16,1 \times 10^{-5}; k_l = 0; k_e = 0$$

$$W_t = (1 + 3,1 \times 1) \times 16,1 \times 10^{-5} \times 37,8 \times 400 \times 262 = 6.746,96 \text{ kN}$$

$$W_l = (1 + 3,1 \times 1) \times 0 \times 37,8 \times 400 \times 262 = 0 \text{ kN}$$

$$W_{tb} = 6746,96 \times (0,5 + 0) = 3.373,48 \text{ kN}$$

$$W_{th} = 6746,96 \times (0,5 - 0) = 3.373,48 \text{ kN}$$

Tiro di progetto alla bitta

$$W_{tb} \times \gamma_d = 3.373,48 \times 1,25 = 4.216,85 \text{ kN (429,85 ton)}$$

$$W_{th} \times \gamma_d = 3.373,48 \times 1,25 = 4.216,85 \text{ kN (429,85 ton)}$$

Il tiro generato dalla nave, sia a prua che a poppa, nelle diverse condizioni di vento, viene di seguito riportato.

V	20 m/s	22 m/s	24 m/s	26 m/s	28 m/s	30 m/s
W _{tb} /W _{th}	2495 kN 254 ton	3019 kN 308 ton	3593 kN 366 ton	4217 kN 430 ton	4891 kN 499 ton	5614 kN

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		27	52

Si vuole sottolineare come, in questa sede, i calcoli siano stati condotti con condizioni di vento molto proibitive per una nave in banchina.

Le BritishStandards raccomandano di effettuare i calcoli sulla base di quanto segue:

$V_{W_{max}} = 22,0$ m/s (velocità limite di permanenza finché sono disponibili i rimorchiatori con un tiro totale sulle bitte del 150% della forza massima risultante dall'azione del vento sulla nave).

$V_{W_{max}} = 17,0$ m/s (ormeggio in condizioni normali, cioè a carico e scarico, ecc).

Nel caso in esame, l'aver considerato un vento massimo pari a 26m/s, a tutto vantaggio della sicurezza, consentirà al terminalista di poter accettare e gestire navi all'ormeggio di differenti caratteristiche, andando a gestire e procedurizzare la permanenza in banchina in base all'intensità del vento che i sistemi di misura forniranno.

3.3 DIMENSIONAMENTO E SCELTA DELLA BITTA DI PROGETTO

Il calcolo del tiro sulle bitte dovuto all'azione del vento che impatta sulla murata della nave in banchina, fornisce il valore massimo, sia a prua che a poppa, al quale il sistema di ormeggio dovrà porre adeguata resistenza.

Nel caso in esame, considerate le azioni in gioco e la lunghezza delle navi di progetto, si opta per un sistema di ormeggio costituito da 2 bitte a prua e 2 bitte a poppa, in maniera che, per una nave da 14.000TEUs, il tiro massimo venga ripartito su 4 bitte, ottenendo:

$$W_{tb} + W_{th} = 365 + 365 = 730t / 4 = 182,5t$$

Per quanto riguarda invece la nave da 18.000TEUs, un ormeggio su 4 bitte, nel medesimo schema di 2 bitte a prua e 2 bitte a poppa, è sufficiente fino ad una intensità di vento non superiore a 24m/s, valore comunque al di sopra dei limiti imposti dalle British Standard.

A commento dei calcoli precedenti é da sottolineare che, in ogni caso, per la definizione delle dimensioni delle bitte può essere utile un sistema statico, nel quale sono prese in conto la nave, le gomene e le strutture di difesa. A tale riguardo é tuttavia da sottolineare che:

- é molto difficile preparare un ottimo piano d'ormeggio delle navi da seguirsi da parte del gestore locale;
- talvolta le bitte sono collegate simultaneamente da più di due gomene;
- non é ottenibile una suddivisione uniforme delle forze tra le varie gomene e le bitte coinvolte;

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA		Pagina <i>Page</i> 28	Di <i>of</i> 52

- deve essere presa in conto l'elasticità delle gomene, associata con l'inclinazione in direzione orizzontale e verticale;
- la struttura di banchina deve essere considerata come rigida.

In aggiunta, in accordo con la tabella R 12-1 della Norma EAU, per navi con dislocamento maggiore di 200,000 t, si raccomanda di considerare forze di trazione di 200 t.

Questo valore é maggiore di quello ottenuto con i calcoli mostrati in precedenza, per cui é assicurato un fattore di sicurezza a copertura degli effetti dinamici e di altri secondari.

Pertanto 200 t é il valore di riferimento per le dimensioni delle bitte da prevedere.

Per quanto concerne la spaziatura delle bitte, sono presi in conto i valori approssimati dati da Carl A. Thoresen ("Port Design – Guidelines and Recommendations"). Come interasse delle bitte è previsto pertanto il valore medio di 23,40 m.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	29	Di <i>of</i>	52

4. ARMAMENTO DELLE VIE DI CORSA

La presente relazione contiene la verifica delle attrezzature e degli allestimenti di connessione tra l'equipment e le travi portarotaia delle gru di banchina presso il Molo Polisetoriale di Taranto. Nella fattispecie si tratta di armamento con utilizzo della rotaia tipo Burbach A120.

La verifica viene estesa, oltre alle rotaie, anche al resto degli elementi che costituiscono il pacchetto dell'armamento, ovvero:

- intercalare in gomma;
- clips di fissaggio rotaia;
- piattabanda di acciaio;
- resina epossidica o malta espansiva;
- tirafondi di ancoraggio alla trave;
- malta cementizia.

I calcoli di verifica sono condotti sui vari elementi sotto l'azione delle forze agenti sull'interfaccia rotaia-ruota. L'analisi condotta è compiuta ottemperando alle prescrizioni delle principali norme italiane, europee e internazionali, attingendo dalle indicazioni della letteratura tecnica più aggiornata e specializzata in materia, e sentendo il parere di tecnici esperti nel settore. Vengono inoltre formulate considerazioni generali e specifiche sul montaggio e la manutenzione.

La normativa di riferimento presa in considerazione per lo svolgimento del presente elaborato è la seguente:

- D.M. LL.PP. 14 Gennaio 2008, "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 617 del 2 Febbraio 2009, "Istruzioni per le applicazione delle " Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 Gennaio 2008;
- EN 1993-6:2007;
- Norme FEM;
- Norme ASTM.

In figura 4.1 sono riportate le principali caratteristiche geometriche e meccaniche per la rotaia.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		30	52

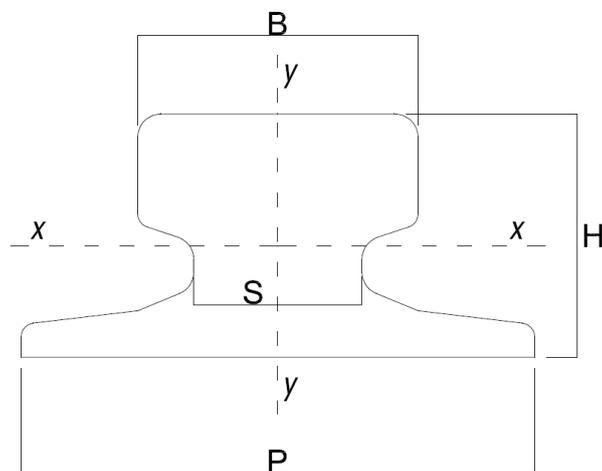


Figura 4.11: parametri geometrici della rotaia

Profilo	Peso [kg/m]	P [mm]	H [mm]	B [mm]	S [mm]
A120	100.0	220	105	120	72

Tabella 4.11: caratteristiche geometriche e meccaniche delle rotaie A120 e A150

Acciaio: 1100

Resistenza a trazione: $f_y = 1080 \frac{N}{mm^2}$

Le azioni considerate per le verifiche delle attrezzature e degli allestimenti di connessione tra l'equipment e le travi porta rotaia delle gru di banchina (cfr. Doc. n. 0130TAR01010-00 Relazione di Calcolo delle strutture principali), sono riportate nella tabella 4.2.

	LATO MARE			LATO TERRA		
	PV	PH	PL	PV	PH	PL
	t/ruota	t/ruota	t/rotaia	t/ruota	t/ruota	t/binario
Condizione di carico n. 1 a						
(DL) – Pesì propri (Braccio abbassato)	53,38			52,15		
Condizione di carico n. 1 b						
(DL) – Pesì propri (Braccio sollevato)	36,35			69,29		
Condizione di carico n. 2 a						
(TL+LS+ LL) – Carico mobile (Braccio abbassato)	22,99			12,38		
Condizione di carico n. 2 b						
(TL+LS) – Carico mobile (Braccio sollevato)	0,92			2,23		

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		31	52

	LATO MARE			LATO TERRA		
	PV	PH	PL	PV	PH	PL
	t/ruota	t/ruota	t/rotaia	t/ruota	t/ruota	t/binario
Condizione di carico n. 3						
Vento operativo (WE = 20 m/s)	9,15	1,12	23,03	6,57	1,12	15,36
Condizione di carico n. 4						
Vento ultimo (WU = 42 m/s)	41,09	5,34	89,41	37,04	5,34	78,96
Condizione di carico n. 6						
Sisma (Braccio abbassato)	47,63	7,83	145,41	43,47	5,75	121,78
Condizione di carico n. 7						
Sisma (Braccio sollevato)	30,73	5,05	93,81	59,48	7,86	166,37

	LATO MARE			LATO TERRA		
	PV	PH	PL	PV	PH	PL
	t/ruota	t/ruota	t/binario	t/ruota	t/ruota	t/binario
COMBINAZIONE 1						
DL+TL+LS+LL+WE	86	1,12	23	71	1,12	15
COMBINAZIONE 2						
DL+TL+LS+WU	78	5,34	89	109	5,34	79
COMBINAZIONE 3						
DL+TL+LS+LL+QUAKE	124	7,83	145	108	5,75	122
COMBINAZIONE 4						
DL+TL+LS+QUAKE	68	5,05	94	131	7,86	166

Tabella 4.22: le azioni

Dove:

PV	Forza verticale sulla rotaia
PH	Forza trasversale sulla rotaia
PL	Forza longitudinale sulla rotaia
DL	Peso proprio
LL	Peso container
TL	Peso del carrello
LS	Peso del sistema di sollevamento
WE	Vento in condizioni operative 20m/s
WU	Vento in condizioni di parcheggio 42m/s
QUAKE	Sisma $a_g=0,15g$

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	32
		Di <i>of</i>	52

Il dimensionamento e la verifica della rotaia e di tutte le altre componenti dell'equipment, si è sviluppato in due fasi successive.

Nella prima fase di pre-dimensionamento sono stati utilizzati modelli di calcolo semplificati ipotizzando due diversi criteri di diffusione delle azioni, a cui sono seguite le relative verifiche. Con l'utilizzo di tali modelli si può determinare lo stato tensionale in corrispondenza dell'anima della rotaia ma non si riesce ad avere indicazioni né sulle tensioni che si generano all'interfaccia ruota-rotaia, né sulla diffusione dei carichi all'interno del bulbo della rotaia stessa.

In seguito, al fine di valutare il livello di stress per i carichi di esercizio e per lo stato limite ultimo (comb. sismica), è stato implementato un modello matematico agli elementi finiti con il programma di calcolo STRAUS7.

Il modello si prefigge di studiare e valutare le tensioni a livello locale del pacchetto delle rotaie nel punto di contatto della ruota. Pertanto considera un porzione di rotaia di lunghezza pari a 600mm. Gli elementi utilizzati per la modellazione della rotaia, della piastra in acciaio e della resina, sono elementi brick HEXA8 mentre il pad è stato discretizzato come un letto di molle. È stata sfruttata l'assialsimmetria del problema per affinare il modello e ridurre i tempi di calcolo e di analisi.

Nella seguente tabella si riportano le caratteristiche salienti del modello.

MODELLO LOCALE AGLI ELEMENTI FINITI	
Programma di calcolo	STRAUS 7
n° di nodi	49888
n° elementi brick	41230 a 8 nodi tipo HEXA8
PAD - n° elementi spring	1568
Tipo di analisi	Elastica lineare

Tabella 4.33: caratteristiche principali del modello di calcolo

La rotaia Burbach è stata modellata con elementi brick a 8 nodi (HEXA8). Durante la fase di meshing si è tenuto conto delle singolarità di forma; in particolare si è avuto l'accortezza di infittire i nodi nelle zone di raccordo e nella zona di applicazione dei carichi per evitare picchi di tensione non realistici oltremodo. Il carico è stato applicato nella zona di contatto ruota-rotaia distribuendolo su una superficie di dimensioni 20x100mm.

Il pad è stato modellato con elementi spring distribuiti sull'intera superficie inferiore della porzione di rotaia. La rigidità è stata valutata con riferimento ai valori forniti dal produttore (40000 lb/ins³).

La piastra di acciaio è costituita da 8556 elementi brick HEXA8. Le caratteristiche meccaniche sono quelle proprie dell'acciaio.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		33	52

Lo strato di resina o malta di inghisaggio, previsto di spessore 40mm, è stato modellato con 12648 elementi brick. Il valore del modulo di elasticità longitudinale E e del coefficiente di Poisson ν sono stati desunti dalle schede tecniche del materiale.

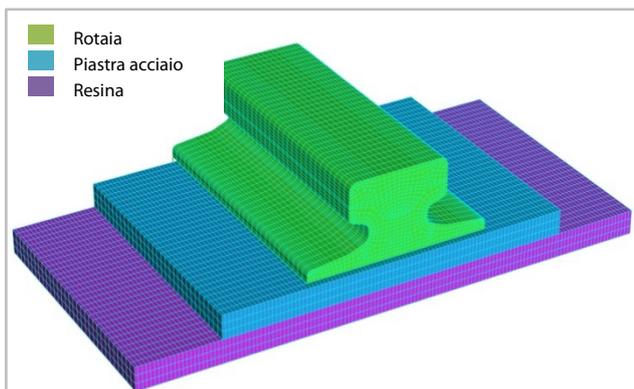


Figura 4.22: Vista modello FEM

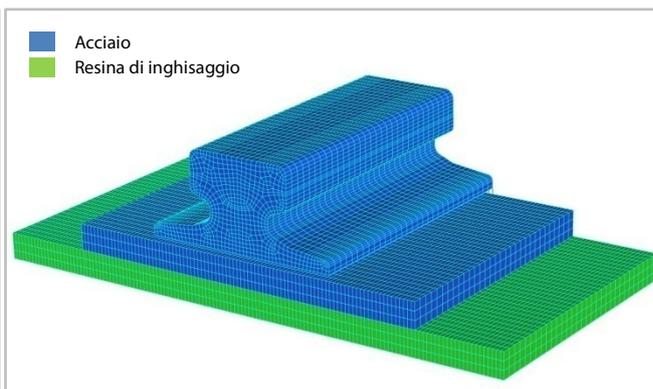


Figura 4.33: Vista modello FEM con elementi distinti per materiale

Allo scopo di studiare meglio la risposta del modello sono stati inseriti vincoli adeguati a simulare il collegamento offerto dalle clips e dalla base cementizia.

4.1 ROTAIA

Le azioni utilizzate per le verifiche della rotaia sono desunte dal Doc. n.0130TAR01010-00. Individuate le combinazioni di carico più gravose delle possibili analizzate se ne riporta in sintesi le azioni che ne derivano sull'interfaccia rotaia-ruota.

	LATO MARE			LATO TERRA		
	PV	PH	PL	PV	PH	PL
	t/ruota	t/ruota	t/binario	t/ruota	t/ruota	t/binario
COMBINAZIONE 1						
STATO LIMITE DI ESERCIZIO	86	1,12	23	71	1,12	15
COMBINAZIONE 4						
STATO LIMITE ULTIMO	68	5,05	94	131	7,86	166

Tabella 4.44: combinazioni di carico utilizzate per le verifiche

Per quanto riguarda le azioni verticali, sono ipotizzate due diverse distribuzioni nelle rotaie dello sforzo proveniente dalla ruota.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	34
		Di <i>of</i>	52

Distribuzione 1

La distribuzione delle tensioni adottata è quella suggerita dalla EN 1993-6:2007 al paragrafo 5.7.1.

Si assume che, anche per l'anima della rotaia, la tensione verticale di compressione dovuta al carico trasmesso dalla ruota valga:

$$\sigma = \frac{N}{l_{eff} \cdot S}$$

dove l_{eff} è l'effettiva lunghezza di carico.

Per la rotaia A120 si ha:

$$l_{eff} = 3.25 [I_{rf} / S]^{1/3} = 88mm \quad (\text{Tabella 5.1 EN 1993-6:2007})$$

dove I_{rf} è il momento d'inerzia della sezione del binario e del suo supporto rispetto all'asse orizzontale baricentrico. Volendo verificare la sezione in corrispondenza dell'anima, viene assunto quale momento d'inerzia quello corrispondente alla porzione di rotaia al di sopra dell'anima rispetto al proprio asse baricentrico.

Si ha di conseguenza:

$$\sigma_{yy,1} = \frac{PV}{l_{eff} \cdot S} \cong 207 \frac{N}{mm^2}.$$

Distribuzione 2

Viene ipotizzando nella rotaia una diffusione a 30° dell'azione verticale dovuta alla ruota ed una distribuzione uniforme della tensione sull'intercetta I (figura 3).

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	35
		Di <i>of</i>	52

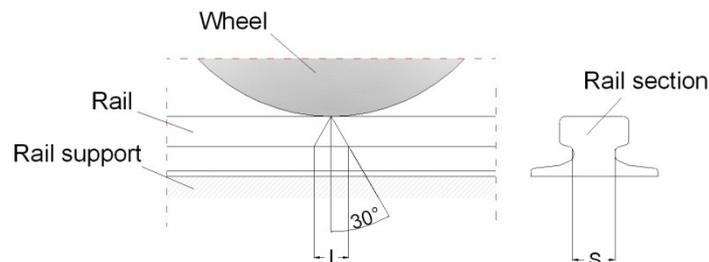


Figura 4.44: diffusione delle tensioni nella rotaia

Con tale ipotesi, il carico PV è ripartito uniformemente su una superficie rettangolare A di lati l ed S.

Per la rotaia A120 si hanno:

$$l = 60.6mm$$

$$S = 72mm$$

$$A = 4363mm^2.$$

La tensione dovuta al carico PV in corrispondenza dell'anima per la distribuzione ipotizzata vale:

$$\sigma_{yy,2} = \frac{PV}{A} \cong 300 \frac{N}{mm^2}.$$

Da un confronto dei risultati ottenuti dalle due analisi effettuate emerge che i valori della tensione nella rotaia calcolati presentano lo stesso ordine di grandezza. Appare evidente che la verifica effettuata secondo le indicazioni fornite dalla EN 1993-6:2007 al paragrafo 5.7.1 (impostata nella sua forma originale per verifiche di diffusioni su elementi più snelli rispetto alla sezione della rotaia) risulta essere meno cautelativa rispetto alla verifica eseguita ipotizzando una distribuzione a 30° del carico della ruota nella rotaia.

Per valutare gli effetti dell'azione orizzontale PH sulla rotaia, si considera quest'ultima come appoggiata tra due clips consecutive e sollecitata nella propria mezzeria dal carico orizzontale stesso.

Il momento massimo che si viene a generare nella rotaia, considerando l'interasse delle clips par a $i = 1000mm$ vale:

$$M_y = \frac{PH \cdot i}{4} = 19.65kN \cdot m$$

La tensione massima in corrispondenza dell'anima della rotaia vale quindi:

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	36
		Di <i>of</i>	52

$$\sigma_{zz,H} = \frac{M_y \cdot (s/2)}{I_{yy}} \cong 30 \text{ N/mm}^2 \quad , \quad I_{yy} = 2369 \text{ cm}^4$$

Per gli effetti delle forze longitudinali PL agente sui binari, si determina innanzitutto l'azione di ogni singola ruota.

$$PL = 1660 \text{ kN}$$

$$PL_i = (PL)/8 = 207.5 \text{ kN / ruota}$$

La tensione sulla rotaia dovuta all'azione longitudinale vale:

$$\sigma_{zz,L} = \frac{PL_i}{A} \cong 16 \text{ N/mm}^2 \quad , \quad A = 127.4 \text{ cm}^2$$

Combinando le diverse componenti di tensione otteniamo al tensione ideale massima nell'anima della rotaia.

$$\sigma_{id} = (\sigma_{yy,2}^2 + \sigma_{zz,H}^2 + \sigma_{zz,L}^2)^{1/2} \cong 302 \text{ N/mm}^2 = E_d$$

Risulta

$$E_d < R_d = \frac{f_y}{\gamma_M} \cong 1028 \text{ N/mm}^2 \quad , \quad \gamma_M = 1.05$$

La rotaia risulta essere verificata con i modelli semplificati per i carichi trasmessi dalla ruota riportati nel documento 0130TAR01010-00.

Dai risultati del modello agli elementi finiti è stato possibile valutare stati tensionali più dettagliati e che interessano l'intero corpo della rotaia. Se si escludono gli effetti puntuali sull'interfaccia ruota-rotaia, più sensibili all'approssimazione del modello e quindi non completamente aderenti alla realtà, i valori di tensione secondo il criterio di Von Mises risultano complessivamente inferiori alla resistenza del materiale con coefficienti di sicurezza maggiori di 1,5. Le immagini che seguono illustrano i campi di tensione per le 2 combinazioni già prese in esame nelle verifiche sui modelli semplificati.

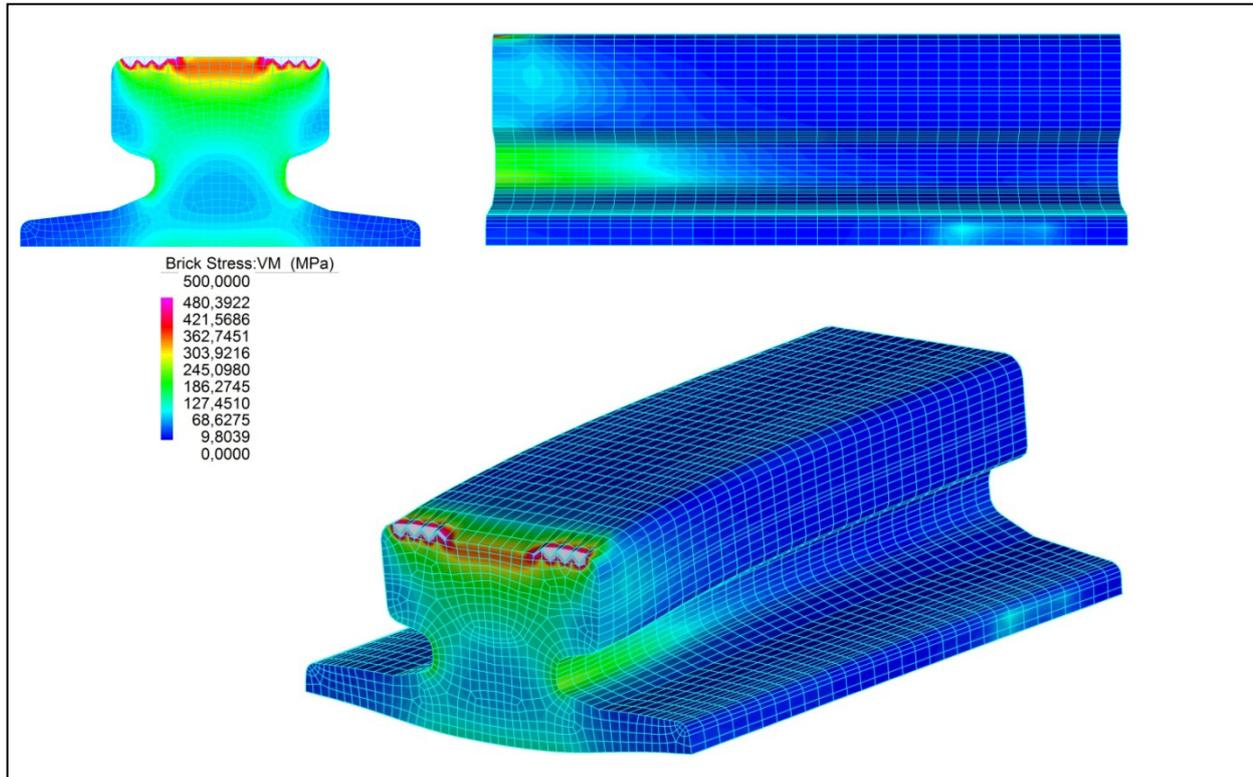


Figura 4.5: stato tensionale secondo il criterio V.M. per Comb. 1 lato mare (cond. operative)

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	38
		Di <i>of</i>	52

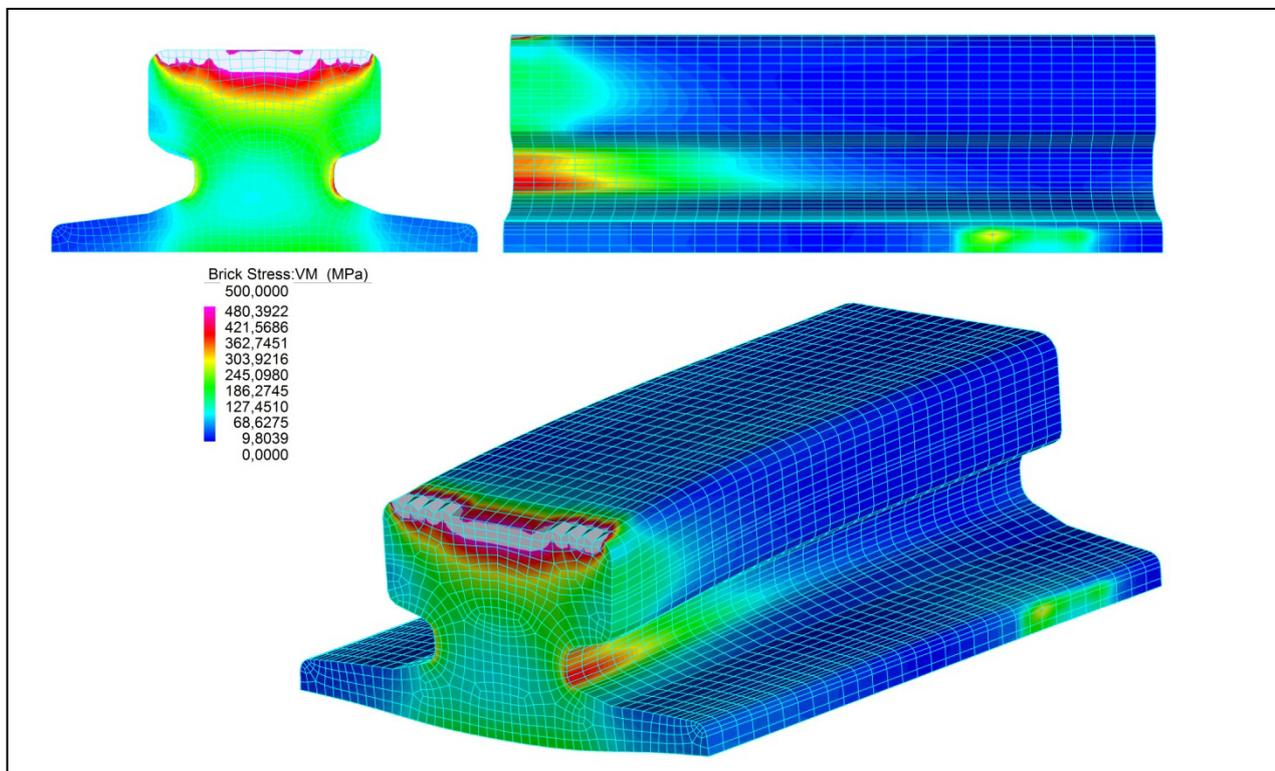


Figura 4.6: stato tensionale secondo il criterio V.M. per Comb. 4 lato terra (cond. ultime)

4.2 PAD

Tra la rotaia di scorrimento e la piattabanda di supporto è previsto l'inserimento di un pad.

Tale pad, costituito da una striscia elastomerica sintetica rinforzata da un'anima in acciaio, ha come ruoli fondamentali:

- garantire una distribuzione dei carichi su una superficie maggiore;
- eliminare eventuali concentrazioni di carico riducendo così la sensibilità ai fenomeni di fatica;
- ridurre rumore e vibrazioni
- la riduzione dell'usura del binario e della piattabanda di supporto.

Data la tipologia di binari utilizzati si prescrive l'utilizzo di una pad ad estradosso scanalato piano.

Si segnala il pad Gantrex MK6-RF-LN o similare.

I valori ottenuti sul modello in corrispondenza del pad sono in linea con i valori raccomandati dal fornitore.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		39	52

4.3 RESINA O MALTA DI INGHISAGGIO

Al di sotto della piattabanda di supporto, col fine di trasmettere le sollecitazioni alla fondazione in c.a., è previsto l'utilizzo di una resina o di una malta cementizia espansiva.

Le caratteristiche principali di tali componenti devono essere:

- ritiro limitato;
- elevate proprietà meccaniche;
- elevate caratteristiche di fluidità;
- insensibilità agli urti e vibrazioni;
- ridotto tempo di presa;
- elevata resistenza ad acqua, oli ed agenti chimici.

Al fine di determinare lo stato tensionale a cui è sottoposta la resina/malta, si ipotizza una diffusione a 45° dei carichi trasmessi dalla singola ruota.

Tale diffusione, nel piano contenente l'asse della rotaia viene assunta a partire dalla sommità del binario. Nel piano contenente la sezione della rotaia, la diffusione viene assunta a partire dal baricentro della sezione della rotaia stessa come illustrato nelle figure 4.7 e 4.8.

Per il calcolo della superficie su cui si ipotizza distribuita l'azione verticale proveniente dalle singole ruote, si è trascurato lo spessore del Pad previsto tra la rotaia e la piattabanda di supporto.

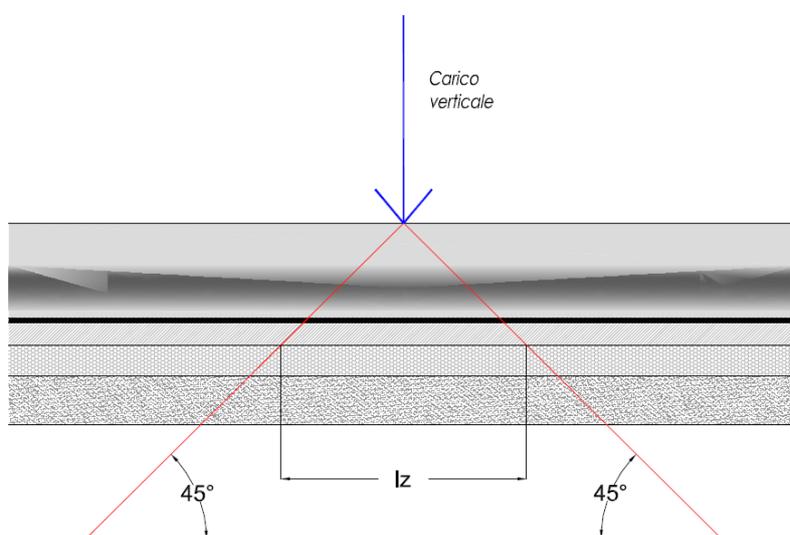


Figura 4.75: diffusione longitudinale

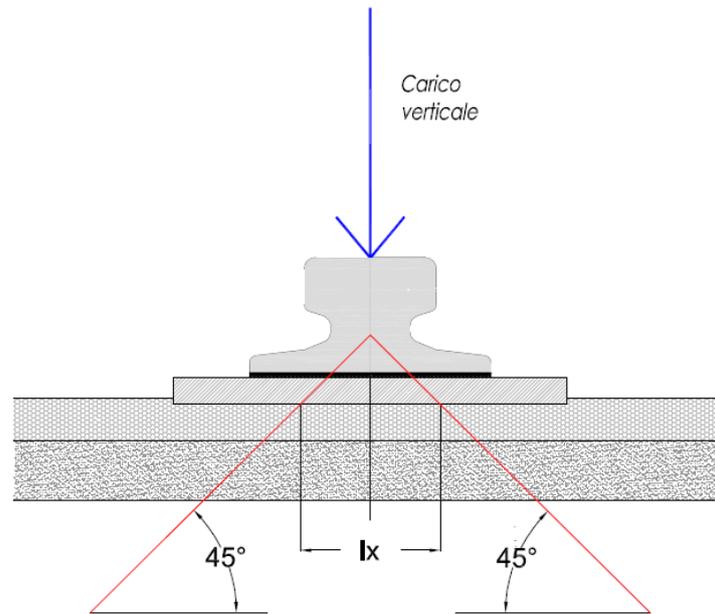


Figura 4.86: diffusione trasversale

Si definiscono:

$H = 105mm$	altezza del binario
$y_g = 47.96mm$	distanza del baricentro del binario dalla sua base
$s_p = 20mm$	spessore piattabanda di supporto.

In base alla diffusione ipotizzata si ottengono:

$l_z = 250.00mm$	lato area reagente parallelo all'asse del binario
$l_x \cong 135.9mm$	lato area reagente ortogonale all'asse del binario
$A = 33980mm$	area reagente.

Dall'analisi dei carichi si deducono:

$PV_e = 860kN/ruota$	azione verticale nelle condizioni di esercizio
$PV_u = 1310kN/ruota$	azione verticale nelle condizioni limite (combinazione sismica)

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	41
		Di <i>of</i>	52

Le tensioni di compressione nella resina/malta per le due condizioni di calcolo valgono:

$$\sigma_e = 25.3 \text{ N/mm}^2 \quad \text{tensione di compressione per le condizioni di esercizio}$$

$$\sigma_u = 38.6 \text{ N/mm}^2 \quad \text{tensione di compressione per la combinazione sismica}$$

Nelle seguenti figure 4.9, 4.10 e 4.11 sono illustrate le principali proprietà meccaniche di due tipologie di resine, in particolare la CHOCKFAST Red e la CHOCKFAST Red SG, e di una malta cementizia quale EMACO S55.

Physical Properties		
COMPRESSIVE STRENGTH	15,250 psi (1,072 kg/cm ²)	ASTM C-579 MOD
COMPRESSIVE MODULUS OF ELASTICITY	2,000,000 psi (140,600 kg/cm ²)	ASTM C-579 MOD
LINEAR SHRINKAGE	Not Measurable	ASTM D-2566
COEFFICIENT OF LINEAR THERMAL EXPANSION	11.2 x 10 ⁻⁶ /°F @ 32°F to 140°F (20.1 x 10 ⁻⁶ /°C @ 0°C to 60°C)	ASTM D-696
FLEXURAL STRENGTH	4,025 psi (283 kg/cm ²)	ASTM C-580
FLEXURAL MODULUS OF ELASTICITY	2,000,000 psi (140,600 kg/cm ²)	ASTM C-580
TENSILE STRENGTH	1,890 psi (133 kg/cm ²)	ASTM D-638
IZOD IMPACT STRENGTH	4.6 in.lb/in. (0.02 N.m/mm)	ASTM D-256
SERVICE TEMPERATURE	Up to 140°F (60°C)	
FIRE RESISTANCE	Self-Extinguishing	ASTM D-635
SPECIFIC GRAVITY	2.06	

Figura 4.97: ChockfastRed

Physical Properties		
COMPRESSIVE STRENGTH	18,120 psi (1174 kg/cm ²)	ASTM C-579 (MOD)
COMPRESSIVE MODULUS OF ELASTICITY	1.97 x 10 ⁶ psi (138535 kg/cm ²)	ASTM C-579 (MOD)
LINEAR SHRINKAGE	Not Measurable	ASTM D-2566
COEFFICIENT OF LINEAR THERMAL EXPANSION	10.8 x 10 ⁻⁶ /°F @ 32°F to 140°F (19.4 x 10 ⁻⁶ /°C @ 0°C to 60°C)	ASTM D-696
FLEXURAL STRENGTH	4,800 psi (340 kg/cm ²)	ASTM C-580
FLEXURAL MODULUS OF ELASTICITY	2.62 x 10 ⁶ psi (184,200 kg/cm ²)	ASTM C-580
TENSILE STRENGTH	2,130 psi (150 kg/cm ²)	ASTM D-638
IZOD IMPACT STRENGTH	7.2 in.lbs./in. (0.32 Newton m/cm)	ASTM D-258
FIRE RESISTANCE	Self-extinguishing	ASTM D-635
SERVICE TEMPERATURE	Up to 140°F (60°C)	
SPECIFIC GRAVITY	2.24	

Figura 4.108: ChockfastRed SG

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		42	52

Bleeding, UNI 8998	Assente
Caratteristiche espansive - in fase plastica, UNI 8996 - contrastata UNI 8147 a 24 ore	> 0.3 % > 0.03 %
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 12615 (per taglio)	> 6 MPa
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio, RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 30 MPa
Impermeabilità all'acqua misurata come resistenza alla penetrazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	profondità media penetrazione < 5 mm
Resistenza agli oli lubrificanti, bagno di olio per 60 gg a 40 °C	Nessun degrado
Modulo elastico, UNI EN 13412	28.000 (± 2.000) MPa)
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 g > 35 MPa 7 gg > 65 MPa 28 gg > 75 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 g > 6 MPa 7 gg > 8 MPa 28 gg > 9 MPa

Figura 4.119: Emaco

Dal confronto tra lo stato tensionale indotto dai carichi ruota sullo strato di resina o malta cementizia al di sotto della piattabanda, si osserva che ciascuno dei prodotti illustrati è in grado di sopportare tali sollecitazioni, seppur con diversi margini di sicurezza.

In tabella 4.5 si riportano in forma sintetica la resistenza a compressione dei materiali illustrati e il coefficiente di sicurezza nei confronti dello stato tensionale indotto dai carichi esterni precedentemente determinato.

Coefficienti di sicurezza resina o malta di inghisaggio per rotaia A 120

	Resine		Malte
	CHOCKFAST Red	CHOCKFAST Red SG	EMACO S55
Resistenza a compressione [N/mm ²]	107.2	117.4	75
Coeff. Sicurezza comb. esercizio	3.64	3.98	2.54
Coeff. Sicurezza comb. sismica	2.18	2.38	1.53

Tabella 4.55: coefficienti di sicurezza

Sul modello agli elementi finiti sono state considerate le proprietà meccaniche relative alla resina ChockfastRed SG.

Il modello agli elementi finiti, al contrario delle analisi svolte sui modelli semplificati nei quali la piastra di base viene ipotizzata infinitamente rigida, considera l'effettiva rigidità della piastra stessa. Ne consegue una minore diffusione delle tensioni attraverso la piastra e uno stato

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	43
		Di <i>of</i>	52

tensionale nella resina o malta d'inghisaggio superiore a quello ottenuto con i modelli semplificati. Tuttavia si rileva che anche nella più sfavorevole delle condizioni di carico (combinazione 4 lato terra) non si supera il valore di 50 MPa.

Il valore di resistenza della resina prescelta comporta coefficienti di sicurezza maggiori di 2.

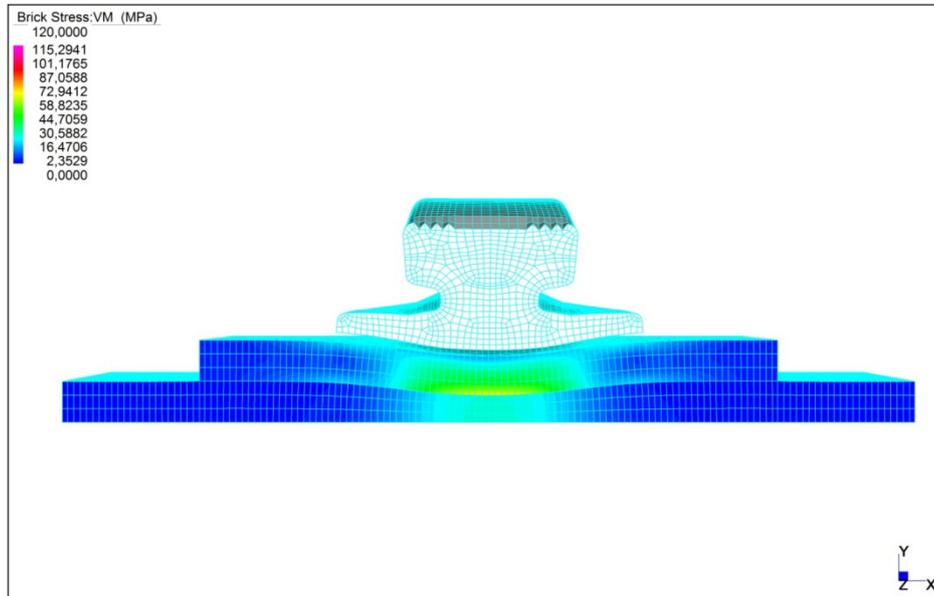


Figura 4.12: Stato tensionale secondo il criterio V.M. per Comb. 1 lato mare (condiz. operative)

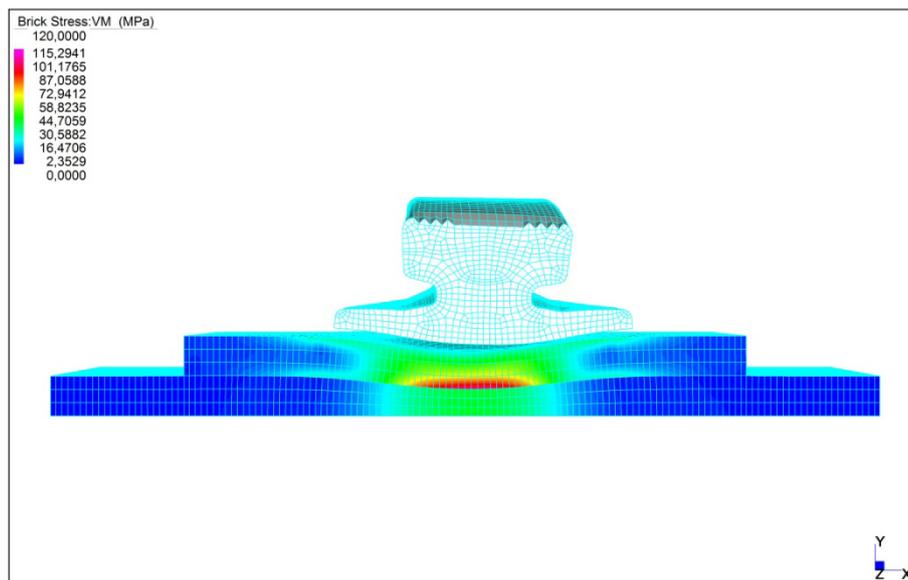


Figura 4.13: Stato tensionale secondo il criterio V.M. per Comb. 4 lato terra (condiz. ultime)

4.4 CLIPS

Per il dimensionamento delle clips si considerano le azioni orizzontali a cui la rotaia è sottoposta. L'azione orizzontale è stata ricavata dalla tabella riportata documento 0130TAR01010-00.

$PH = 78.6kN / ruota$ azione orizzontale

Si considerano clips modello Gantrex 22/195/CQ, delle quali si riportano di seguito le principali caratteristiche prestazionali o similari.

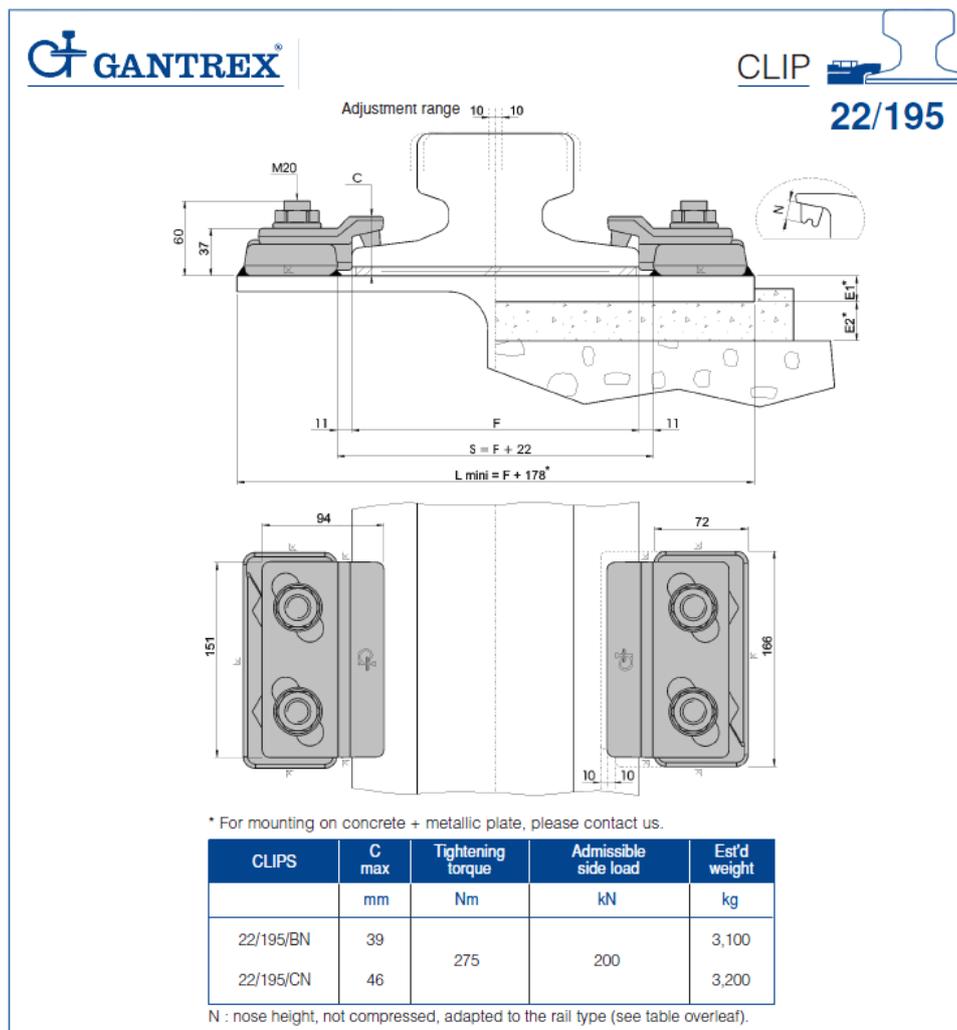


Figura 4.1410: Clips Gantrex 22/195/CQ

L'azione orizzontale ammissibile dalla suddetta tipologia di clips vale:

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA		Pagina <i>Page</i>	45 Di <i>of</i> 52

$$V_{amm} = 200kN$$

Si ipotizza, a favore di sicurezza, che l'azione orizzontale dovuta ad una coppia di ruote della stessa carrelliera sia ripresa soltanto dalle clips che si trovano comprese nella porzione di binario individuata dall'asse delle due ruote stesse.

L'interasse tra due ruote è pari a:

$$i = 1.00m$$

Il numero minimo di clips da prevedere per ogni metro lineare di binario è pari a:

$$n_{min} = PH/V_{amm} = 0.39$$

Si assuma n pari a 1.

L'intervallo massimo tra due clips successive risulta quindi:

$$i_{max} = 1000mm$$

Le reazioni vincolari dovute alle clips nel modello FEM calcolate per un intervallo di 500 mm avvallano l'opportunità di aumentare tale intervallo fino al doppio di quello considerato come si era già ottenuto precedentemente sulla base di modelli semplificati. Si riporta in seguito una vista globale delle tensioni V.M. sull'intero equipment sulla quale si evidenzia i valori di tensione di picco in corrispondenza delle clips.

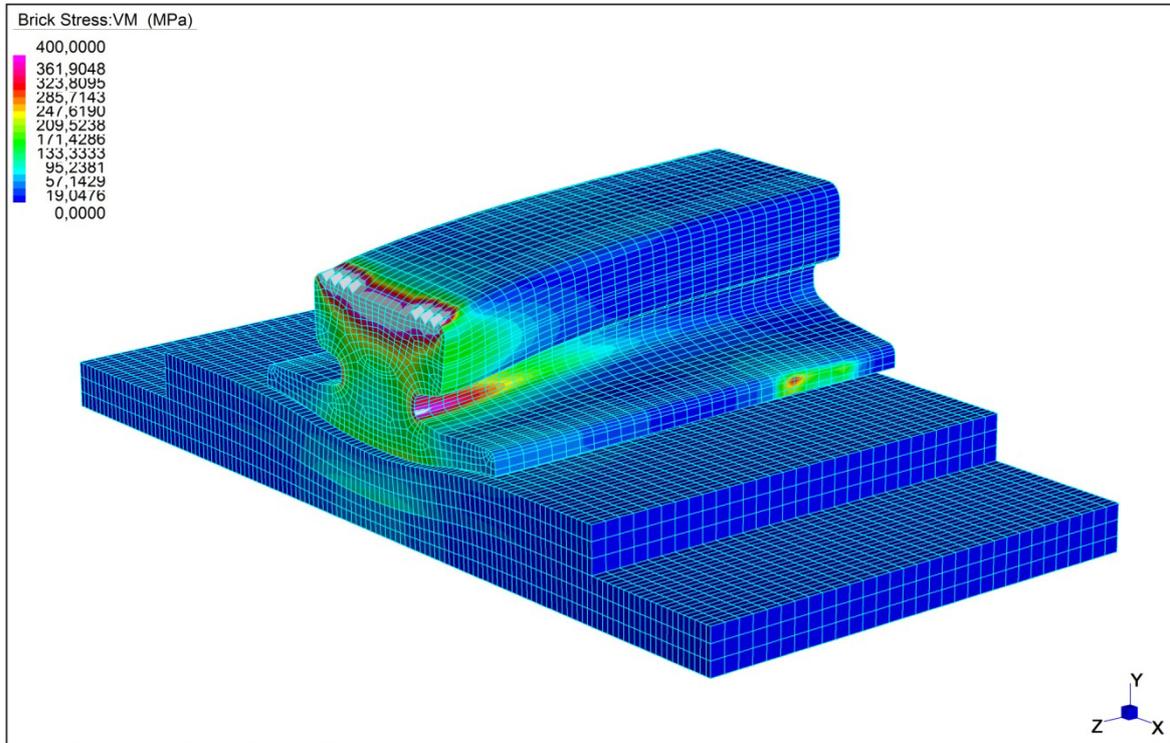


Figura 4.15: Vista globale dello stato tensionale dell'intero equipment(comb. 4 lato terra)

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	47
		Di <i>of</i>	52

4.5 TIRAFONDI

Considerando ancora, come per l'analisi delle clips, un'azione orizzontale derivante da una coppia di ruote di una singola carrelliera, si ipotizza nuovamente che tale azione sia ripartita soltanto tra i tirafondi compresi nella porzione di rotaia individuata dalle due ruote stesse:

$$PH = 78.6kN \quad \text{azione orizzontale.}$$

L'azione orizzontale massima sopportabile da una coppia di tirafondi, valutata secondo le prescrizioni del D.M. 14 Gennaio 2008 vale:

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot (0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2})$$

dove per tirafondi M24 classe 8.8 si hanno

$$f_{tb} = 800 N/mm^2$$

$$A_{res} \cong 452mm^2$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

La resistenza massima per la coppia di tirafondi vale quindi:

$$F_{v,Rd} = 347136N$$

Il numero minimo di coppie di tirafondi da prevedere per ogni metro lineare di binario è pari a:

$$n_{min} = PH / F_{v,Rd} = 0.23$$

L'intervallo massimo tra due coppie di tirafondi successive risulta quindi:

$$i_{max} \cong 4347mm$$

Si assume

$$i = 1000mm$$

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		48	52

4.6 PIATTABANDA DI SUPPORTO IN ACCIAIO

La piattabanda di supporto in acciaio ottempera alla funzione principale di diffondere l'azione verticale derivante dalle singole ruote su una superficie di influenza maggiore al fine di ridurre lo stato tensionale che si viene a creare negli strati sottostanti.

Date le sue dimensioni in pianta e le azioni in gioco, la piattabanda non risente di fenomeni di schiacciamento per le azioni verticali. Tale verifica è quindi omessa.

Si prende in considerazione la possibilità che si presentino fenomeni di rifollamento dovute alle azioni orizzontali.

Ipotizzando un interasse trale coppie di tirafondi pari a 1000mm, l'azione orizzontale su ogni singolo tirafondo sarà pari a:

$$V_i = PH/2 = 39.3kN$$

La resistenza di calcolo a rifollamento, secondo il D.M. 14 Gennaio 2008, può esser valutata con la relazione:

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$$

Considerando tirafondi M24 classe 8.8 e la piattabanda realizzata in acciaio tipo S275 con spessore 20mm, si ha:

$k = 2.5$	coefficiente per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato;
$\alpha = 0.5$	coefficiente per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato;
$f_{tk} = 275 N/mm^2$	tensione di trazione caratteristica acciaio;
$d = 24mm$	diametro nominale del gambo del bullone
$t = 20mm$	spessore della piattabanda

e si ottiene una resistenza a rifollamento pari a:

$$F_{b,Rd} \cong 132kN$$

che risulta esser superiore all'azione massima trasmessa da ogni singolo tirafondo ipotizzando le coppie di tirafondi ad un interasse di 1000mm.

Nonostante una piattabanda di spessore pari a 20mm risulti essere verificata nei confronti delle azioni di rifollamento, si raccomanda l'utilizzo di una piattabanda con spessore minimo pari a 25mm al fine di garantire una maggiore rigidità.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	49
		Di <i>of</i>	52

Come è constatabile nel modello FEM predisposto tale accorgimento permetterà di ridurre anche lo stato tensionale presente negli strati sottostanti alla piattabanda in quanto all'aumento di spessore consegue una maggiore ripartizione dei carichi verticali.

4.7 MALTA CEMENTIZIA DI BASE

La tensione di compressione che viene trasmessa attraverso la resina o la malta cementizia di inghisaggio alla sottostruttura in c.a., è funzione dello spessore dei vari componenti dell'equipment. Anche in questo caso si assume un angolo di diffusione pari a 45°. Assumendo uno spessore della resina o malta di inghisaggio pari a

$$s_i = 40.00mm$$

otteniamo:

$$l_z = 330.00mm$$

lato area reagente parallelo all'asse del binario

$$l_x \cong 215.92mm$$

lato area reagente ortogonale all'asse del binario

$$A = 71254mm$$

area reagente.

Le tensioni di compressione nella malta di base per le due condizioni di carico valgono:

$$\sigma_e = 12.07 N/mm^2$$

Tensione di compressioni per le condizioni di esercizio

$$\sigma_u = 18.38 N/mm^2$$

Tensione di compressione per la combinazione sismica.

Si raccomanda, quindi, che la malta cementizia di base sia idonea a sopportare con un adeguato margine di sicurezza le tensioni che le sono trasmesse dalla resina o malta di inghisaggio per le diverse condizioni di carico.

Si riporta nelle figure che seguono uno schema del possibile pacchetto per l'armamento con la rotaia A120 e una vista assonometrica dell'intero equipment.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		50	52

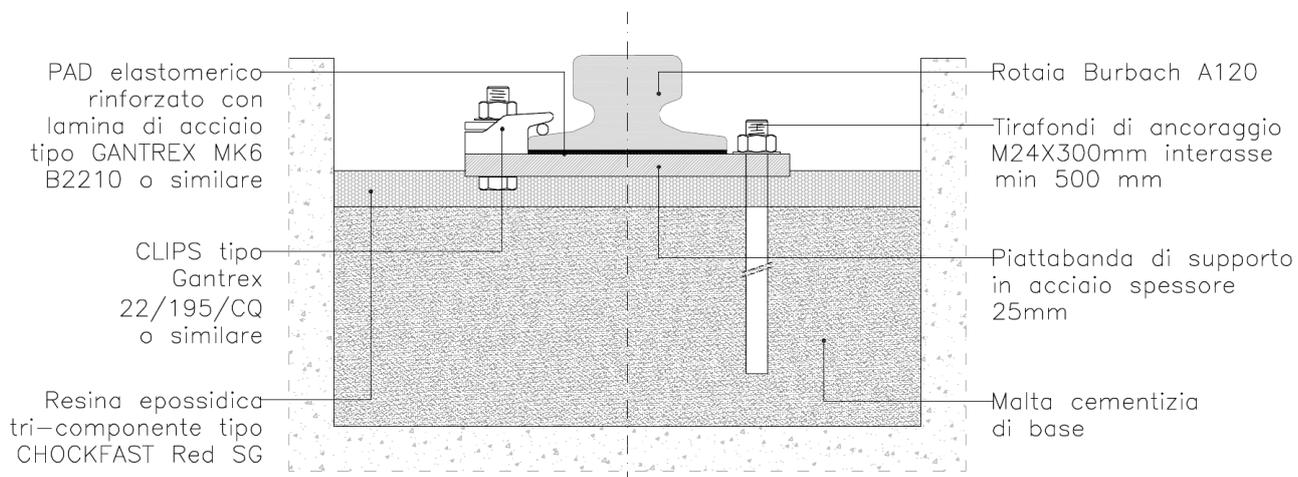


Figura 4.1611: possibile pacchetto per l'armamento con la rotaia A120

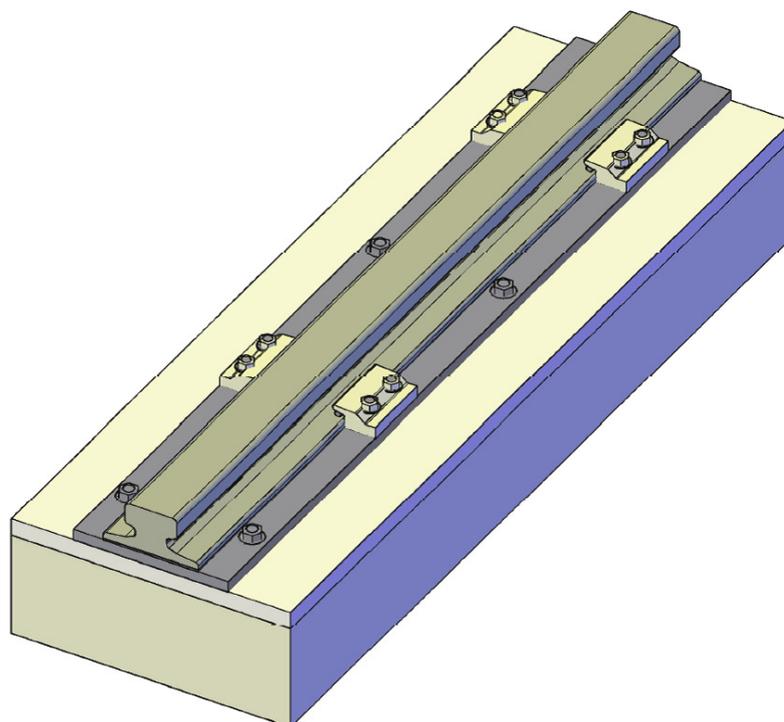


Figura 4.17: Vista assometrica armamento.

Nelle seguenti tabelle sono riportati in sintesi i risultati delle verifiche effettuate su ciascun componente dell'equipment,

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA		Pagina <i>Page</i>
			51
		52	

Componente	Stato tensionale			
	$\sigma_{yy,2}$ [N/mm ²]	$\sigma_{zz,H}$ [N/mm ²]	$\sigma_{zz,L}$ [N/mm ²]	σ_{id} [N/mm ²]
Rotaia A120	300	15	8	301
Tensione di compressione sulla resina o malta d'inghisaggio				
Resina-malta di inghisaggio	σ_e [N/mm ²]		σ_u [N/mm ²]	
	25.3		38.6	

Tabella 4.136: esito delle analisi.

In tabella 4.14 invece si riportano i valori dei coefficienti di sicurezza per le verifiche condotte su ciascun componente del pacchetto di armamento.

Componente		Coefficiente di sicurezza	
Rotaia A120		3.42	
Resina o malta di inghisaggio	Resina CHOCKFAST Red <i>[Resistenza a compressione 107.2MPa]</i>	Comb. esercizio	Comb. ultima
		4.24	2.78
	Resina CHOCKFAST Red SG <i>[Resistenza a compressione 117.4MPa]</i>	Comb. esercizio	Comb. ultima
		4.64	3.04
	Malta EMACO S55 <i>[Resistenza a compressione 75MPa]</i>	Comb. esercizio	Comb. ultima
		2.96	1.94

Tabella4.147: coefficienti di sicurezza.

Le reazioni sui vincoli impostati alla base della resina nel modello FEM risultano minori 40 MPa. É opportuno comunque utilizzare una malta cementizia di base che assicuri una resistenza a compressione dell'ordine di 50-60 MPa.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01012-00-R08	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE DI CALCOLO ALLESTIMENTI E ARREDI DI BANCHINA	Pagina <i>Page</i>	52
		Di <i>of</i>	52

4.8 RACCOMANDAZIONI

Il corretto funzionamento di tutti i componenti del sistema di scorrimento non può prescindere, oltre che da un dimensionamento mirato, dalle condizioni di posa in opera e dalla presenza di operatori specializzati durante tutte le fasi di realizzazione. Di questo si farà riferimento nelle specifiche tecniche di progetto.

Per quanto riguarda le giunzioni tra i vari conci delle rotaie si prescriverà che i collegamenti vengano realizzati a mezzo di saldatura alluminotermica. La continuità della rotaia garantisce una corretta distribuzione delle tensioni negli strati sottostanti anche in corrispondenza dei giunti.

In questo modo si riescono a limitare dannose concentrazioni di tensioni che in concomitanza a ripetuti cicli di carico porterebbero al danneggiamento progressivo di elementi quali pad e strato di resina o malta d'inghisaggio.

La realizzazione di una lunga rotaia saldata comporta inevitabilmente la presenza di sensibili dilatazioni termiche lineari. Tali dilatazioni devono scontarsi agli estremi di ogni singola rotaia. Saranno prescritti idonei gap che consentano il libero dilatarsi della rotaia stessa.

Ogni fase di realizzazione deve esser condotta da manovalanza altamente specializzata nel settore così da evitare dannosi errori di posa in opera.

Particolare cura ed attenzione saranno poste nei riguardi del getto della resina o della malta d'inghisaggio, onde evitare l'occlusione di bolle d'aria o scorie che impedirebbero la corretta diffusione delle tensioni in tutti gli elementi costituenti il sistema di scorrimento.

Il perfetto adempimento di queste prescrizioni, sarà accertato dai tecnici della Direzione dei Lavori.

Roma, Luglio 2012

Il Progettista Responsabile
Dott. Ing. Michelangelo Lentini