



Autorità Portuale di Augusta

**LAVORI DEL PRIMO STRALCIO E DEL SECONDO STRALCIO
DELLA TERZA FASE DEL PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA
- BANCHINE CONTAINERS -**

IMPRESE:



Condotte S.p.A.

Fondata il 7 aprile 1880

(MANDATARIA)



Cosedil S.p.A.

(MANDANTI)

PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO

3	<input type="text"/>				
2	<input type="text"/>				
1	<input type="text"/>				
0	<input type="text" value="081114"/>	PRIMA EMISSIONE		A. AMATUZZO	A. AMATUZZO F. GIORDANO
REV.	DATA	EMISSIONE	RED.	VER.	APPR.
	PROGETTO	OPERA	TIPO ELAB.	N° ELAB.	REV.
	<input type="text" value="1073"/>	<input type="text" value="OM02"/>	<input type="text" value="C"/>	<input type="text" value="003"/>	<input type="text" value="A"/>
					SCALA:

TITOLO ELABORATO:
CALCOLO ESECUTIVO DELLE STRUTTURE E DEGLI IMPIANTI
RELAZIONE DI CALCOLO DEL SISTEMA DI ACCOSTO

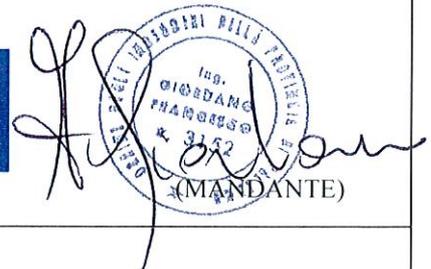
PROGETTAZIONE:



(MANDATARIA)



SIGMA INGEGNERIA s.r.l.
Via della Libertà, 201/A
90143 PALERMO
Tel. 091/6254742 - Fax 091/307909
C.F. e P.IVA 02639310826
e-mail: sigmaingrsrl@gmail.com



(MANDANTE)

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Geom. Venerando Toscano



Sommario

1.	CALCOLO DEL SISTEMA DI DIFESA ELASTICA.....	2
1.1	Energia normalmente prodotta durante l'attracco (E_N)	2
1.2	Energia di attracco anomala (E_A)	2
1.3	Velocità di accosto.....	3
1.4	Coefficiente di configurazione dell'attracco (C_c)	4
1.5	Coefficiente di deformabilità (C_s).....	4
1.6	Coefficiente di massa aggiunta (C_m)	5
1.7	Coefficiente di blocco (C_b)	5
1.8	Coefficiente di eccentricità (C_e).....	6
1.9	Scelta del parabordo.....	7
2.	CALCOLO DEL TIRO SULLE BITTE DELLA BANCHINA OPERATIVA	9



1. 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 "Guidelines for the Design of Fender Systems: 2002" PIANC-AIPCN.

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, la nave di progetto presa in riferimento per l'attracco alla Banchina container hanno caratteristiche differenti a seconda della capacità massima di trasporto, espresso in TEUs (TEU= Twenty Equivalent Unit, unità di misura internazionale).

Le principali caratteristiche della nave presa in riferimento sono: TEU 11.000, Loa = 347 m, Beam = 45 m, DWT 120.000 ton.

1.1 ENERGIA NORMALMENTE PRODOTTA DURANTE L'ATTRACCO (E_N)

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

$$E_N = \frac{1}{2} M v^2 C_e C_m C_s C_c$$

dove

E_N = la normale energia di attracco che deve essere assorbita dal parabordo (kNm);

M = massa della nave (dislocamento in tonnellate) al livello di confidenza stabilito;

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

CM = Coefficiente di massa aggiunta;

CE = coefficiente di eccentricità;

CC = coefficiente della configurazione di attracco,

CS = coefficiente di deformabilità.

1.2 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 (kNm)



FS = 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- Table 1 PIANC factors of safety Fs (fonte PIANC Report of working group n°33)

Table 1 PIANC factors of safety Fs		
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

1.3 VELOCITÀ DI ACCOSTO

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 1. La velocità di accosto sono definite dalle BS6349 parte 4 con la curva che la seguente equazione:

$$V_c = \frac{902 \cdot 31.8 - 0.9 \cdot M_D^{0.458}}{31.8 + M_D^{0.458}}$$

dove

MD è il disclocamento della nave.

In base alla tipologia di nave presa in considerazione la velocità di accosto è pari a $V_c = 112.54$ mm/sec, nello specifico, per il calcolo dell'energia di accosto è stato condotto con una velocità pari a 0.10 m/sec, in modo da ottenere un sistema di parabordo idoneo.



BERTHING VELOCITIES (V)

Berthing velocities will depend upon the ease or difficulty of the approach, exposure of the berth and the size of the vessel. Conditions are normally divided into five categories as on the right.
The most widely used guide to berthing speeds is the Brotsma table, adopted by BS, PIANC and other standards. For ease of use, speeds for main vessel sizes are tabulated.

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

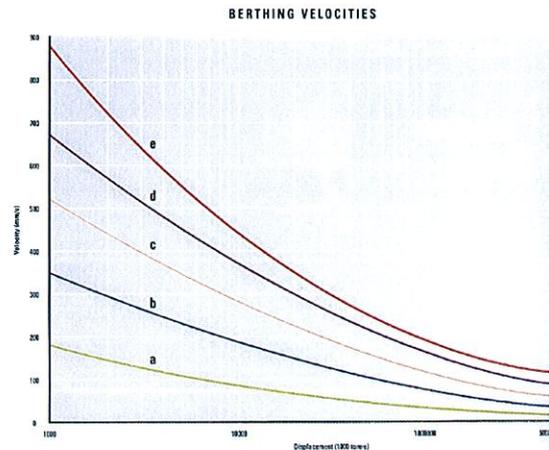


Figura 1 Curve di velocità di accosto (fonte PIANC Report of working group n°33)

1.4 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 si considera un struttura di tipo chiuso.

CLOSED STRUCTURES ▶

$$\text{for } \frac{K_c}{D} \leq 0.5 \Rightarrow C_c \approx 0.8$$

$$\text{for } \frac{K_c}{D} > 0.5 \Rightarrow C_c \approx 0.9$$

$$\text{For } \alpha > 5^\circ, C_c = 1$$

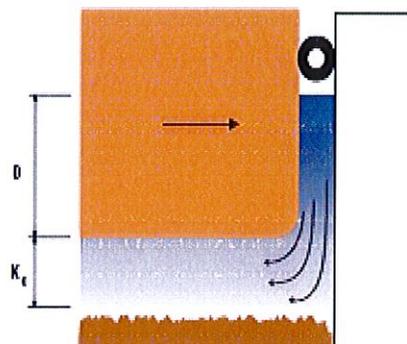


Figura 2 Schema di configurazione dell'attracco (fonte PIANC Report of working group n°33)

1.5 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.



$$\text{for } \delta_T \leq 150\text{mm} \Rightarrow C_3 = 0.9$$

$$\text{for } \delta_T > 150\text{mm} \Rightarrow C_3 = 1.0$$

1.6 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.

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.



Figura 3 Schema di coefficiente di massa aggiuntiva (fonte PIANC Report of working group n°33)

1.7 COEFFICIENTE DI BLOCCO (C_B)

Il coefficiente di blocco è una funzione della carena, esso viene espresso come segue in figura 4:

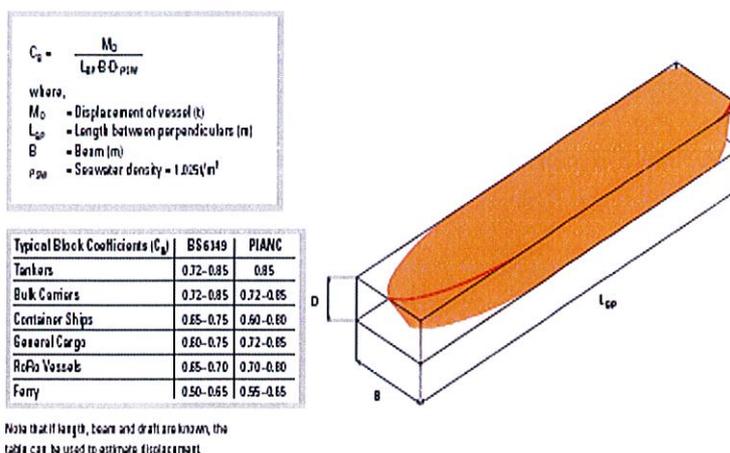


Figura 4 Schema di coefficiente di blocco (fonte PIANC Report of working group n°33)



1.8 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 e 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.

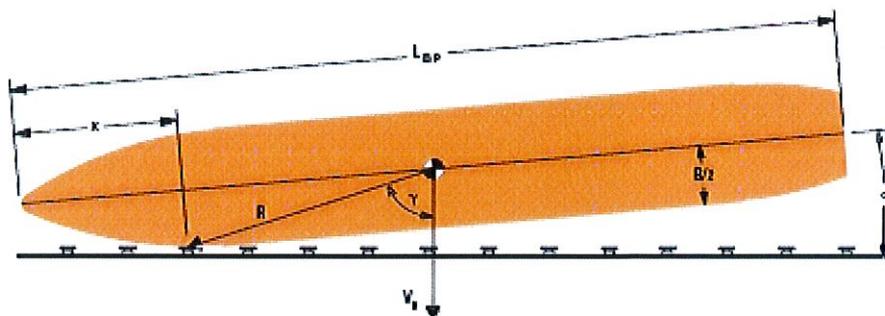


Figura 5 Schema di coefficiente eccentricità (fonte PIANC Report of working group n°33)

La tabella seguente riassume i coefficienti utili per determinare l'energia di accosto.

Tabella 2 – Tabella riassuntiva

Coefficiente di massa aggiunta (C_m)	1.62
Coefficiente di configurazione dell'attracco (C_c)	0.8
Coefficiente di blocco (C_b)	0.61
Coefficiente di eccentricità (C_e)	0.43
Coefficiente di deformabilità (C_s)	1
Coefficiente di sicurezza F_s	1.5

In definitiva, l'energia di accosto in condizioni di attracco normale, data dalla formula precedente, è pari a:

$$E_N = \frac{1}{2} M v^2 C_e C_m C_s C_c = 0.5 \cdot 131.830 \cdot 0.10^2 \cdot 0.8 \cdot 1.62 \cdot 1 \cdot 0.43 = 367.33 \text{ kNm}$$

L'energia di accosto in condizioni di attracco anomalo, secondo le indicazioni del PIANC, adottando il coefficiente di sicurezza riportato in tabella è pari a:

$$E_A = E_N \cdot F_s = 367.33 \cdot 1.5 = 550.99 \text{ kNm}$$

Pertanto, la capacità di assorbimento dei parabordi di progetto dovrà essere pari a $E_A = 551 \text{ kNm}$.



1.9 SCELTA DEL PARABORDO

Come conseguenza dei valori esposti in precedenza, è prevista l'adozione dell'elemento elastomerico TRELLEBORG SCN 950 E3.1, 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 E3.1 con deformazione al 72.0%:

Energia assorbita = 571 kN m

Forza di reazione = 1126 kN

Un volta determinate il tipo di elemento 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, risulti minore della massima pressione ammissibile.

Per in presi in esame, la massima pressione accettabile sullo scafo è pari a 200 kN/m² (Cfr. PIANC:2002 tabella 4.4.1). Ne consegue che l'area di contatto dovrà essere pari a 1126 / 200 = 5,63 m².

La spaziatura dei parabordi è 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.

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

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

dove:

Fns 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.

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

La distanza Fns 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:

L = 347,00 m

B = 45 m

Assumendo per h il valore dell'ordine di 1.1 m, segue: Fns ≤ 39,57 m.



Nell'ipotesi di parabordo compresso il valore h può essere assunto pari a 0.6 m circa e la relativa distanza Fns ha il valore di 29,24 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 tale motivo, i parabordi verranno posizionati, alternativamente, con interassi di 22,15 m.



2. CALCOLO DEL TIRO SULLE BITTE DELLA BANCHINA OPERATIVA

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 dal EAU 2004, le componenti del carico dovuto al vento, che agisce sulla nave all'ormeggio, sono le seguenti:

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

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

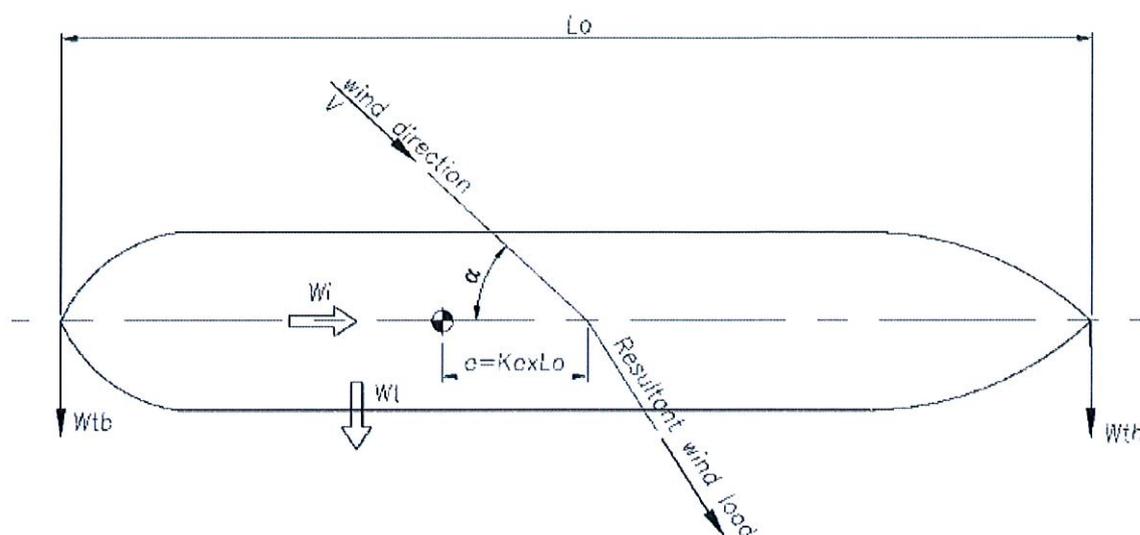


Figura 6 Schema di calcolo del tiro sulle bitte estreme

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

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

dove:

$$W_{tb} = W_t \cdot (0.5 + k_e)$$

$$W_{th} = W_t \cdot (0.5 - k_e)$$

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

Lu: lunghezza massima della nave ormeggiata (m),

v: velocità del vento di progetto (m/s); che per navi superiore a 50,000 DWT è riferito alla velocità media del vento misurata in 1 minuto,

Wi: componenti del carico del vento,

Ki - Kt: coefficienti di carico del vento,

Ke: coefficiente di eccentricità.



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

Tabella 1

Navi superiore a 50.000 DWT			
α°	$K_i(\text{kN}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4)$	$K_e(l)$	$K_i(\text{kN}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4)$
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.

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, e pari a $29,85-14,0 = 15,85\text{m}$.

Nell'ipotesi di nave completamente carica, all'altezza sopra calcolata, occorre sommare l'altezza dovuta ai container oltre il bordo libero, ovvero il numero di container impilabili sopra coperta (tiri) da cui $H_a = 23,4 \text{ m}$.

Dati progetto

Velocità media del vento di progetto: 25 m/s

Quota dell'impalcato: 2,50 m

Massima escursione di marea: 0,5 m

Calcolo:

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

$H = 14,35+23,4-(3-0,3) = 36,25 \text{ m}$

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**
Relazione di calcolo del sistema di accostoPag.
11 di
12

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:

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

$$W_t = (1+3,1 \times 1) \times 16,1 \cdot 10^{-5} \times 36,25 \times 347 \times 252 = 5.189,52 \text{ kN}$$

$$W_i = (1+3,1 \times 1) \times 0 \times 36,25 \times 347 \times 252 = 0 \text{ kN}$$

$$W_{tb} = 5.742,34 \times (0,5+0) = 2.594,76 \text{ kN}$$

$$W_{th} = 5.742,34 \times (0,5-0) = 2.594,76 \text{ Kn}$$

Tiro di progetto alla bitta

$$W_{tb} \times y_d = 2.594,76 \times 1,25 = 3.243,45 \text{ kN (330,63 ton)}$$

$$W_{th} \times y_d = 2.594,76 \times 1,25 = 3.243,45 \text{ kN (330,63 ton)}$$

Si sottolinea che il tiro è da intendersi come il tiro massimo (a prua e a poppa) che verrebbe applicato ad una singola bitta.

Le British Standards raccomandano di effettuare i calcoli sulla base di quanto segue:

$W_{max} = 22,0 \text{ m/s}$ (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).

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

Nel caso in esame, l'aver considerato un vento massimo pari a 25 m/s , è del tutto a vantaggio della sicurezza, consentendo al terminalista di poter accettare e gestire navi all'ormeggio di differenti caratteristiche.

Il calcolo del tiro sulle bitte dovuto all'azione del vento che impatta sulla murata della nave in banchina, fornisce il valore massimo, sia 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 11.000 TEUs, il tiro massimo venga ripartito su 4 bitte, ottenendo:

$$W_{tb} + W_{th} = 330,63 + 330,63 = 661,25 \text{ t} / 4 = 165,3 \text{ t}$$

In aggiunta, in accordo con la tabella R 12-1 della Norma EAU raccomandano di considerare forze di trazione di 200 t.

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

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



Autorità Portuale di Augusta

*"LAVORI DEL PRIMO STRALCIO E DEL SECONDO STRALCIO DELLA TERZA
FASE DEL PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA – BANCHINE
CONTAINERS"*

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO
Relazione di calcolo del sistema di accosto**

Pag.
12 di
12

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 22,15 m.