



**Progetto di realizzazione del nuovo sealine e del campo boe per lo scarico  
di gasolio e benzina da navi petroliere al largo del Porto di Pescara**

**Relazione tecnica di risposta alle richieste di integrazioni formulate  
dalla Commissione Tecnica nell'ambito della Procedura Istruttoria VIA**

(nota prot. CTVA-2013-0002599 del 19/07/2013 trasmessa al proponente mediante  
comunicazione prot. DVA-2013-0018148 del 31/07/2013)

**ALLEGATO 3 – Relazione di calcolo campo boe**

Ottobre 2013  
Id: Allegato\_3



## ABRUZZO COSTIERO SRL

**Progetto:** Realizzazione nuovo sealine e campo boe per lo scarico di gasolio e benzina da navi petroliere  
Progetto definitivo

**Ubicazione:** Porto di Pescara

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo campo boe**

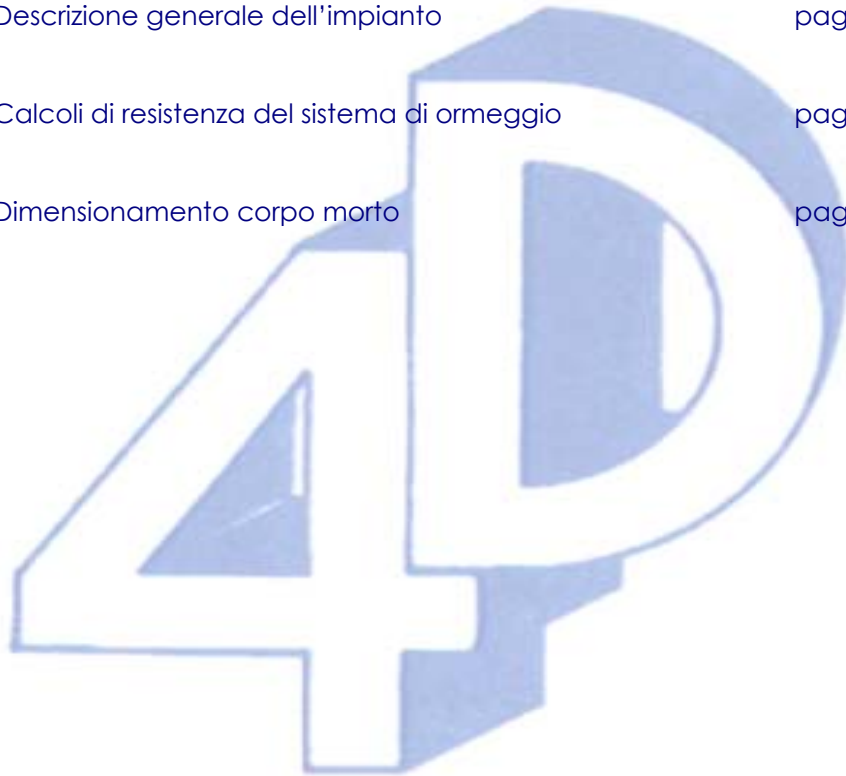


Commessa n.: 262  
Rev. n.: prima emissione  
Del: 28/07/2009  
Data prima emissione: 28/07/2009  
Filename: 262 - Relazione di calcolo campo boe.doc

CAPITALE SOCIALE € 65.100 – ISCR. C.C.I.A.A. 708573 – Aut. Trib. Velletri n. 9359/90 Reg. Soc. – P.IVA 03869371009

## INDICE

- |    |   |        |
|----|---|--------|
| 1) | Dati base considerati                         | pag. 3 |
| 2) | Descrizione generale dell'impianto            | pag. 5 |
| 3) | Calcoli di resistenza del sistema di ormeggio | pag. 6 |
| 4) | Dimensionamento corpo morto                   | pag. 9 |



## CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO CAMPO BOE

### 1. Dati di base considerati

- |                                      |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| ➤ Dimensione nave da ormeggiare:     | 15.000 tons      |
| ➤ Quantità di prodotto da scaricare: | 15.000 tons      |
| ➤ Tipo di prodotto:                  | benzina, gasolio |
| ➤ Dimensioni geometriche della nave: |                  |
| - Lunghezza:                         | 180 mt           |
| - Larghezza:                         | 25 mt            |
| ➤ Altezza totale dello scafo:        | 11 mt            |
| ➤ Pescaggio a pieno carico:          | 9 mt             |
| ➤ Altezza fuori acqua a vuoto:       | 9 mt             |

#### Principali parametri di dimensionamento

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| ➤ Intensità max del vento: | 115 km/h da Nord Ovest (63 nodi)                     |
| ➤ Tipologia ormeggio:      | prua controvento nella direzione del vento dominante |
| ➤ Campo boe:               | n. 5 boe opportunamente disposte                     |

Il calcolo delle boe è stato effettuato in via cautelativa, considerando la nave esposta al vento con un angolo di  $30^\circ$  rispetto al vento dominante (e non controvento come sarà effettivamente ormeggiata).

Si è inoltre considerata una situazione di tiro come se l'ormeggio fosse effettuato su di una sola boa (come se gli altri cavi non lavorassero).

In tal modo il sistema delle catene di ancoraggio ai rispettivi corpi morti risulta sovradimensionato, come pure le catene di ormeggio di ciascun corpo morto alle rispettive ancore di bloccaggio in posizione sul fondo marino.

#### Condizioni meteomarine

- |                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| ➤ Fondale:                 | circa 14 mt sabbioso   |
| ➤ Velocità della corrente: | 0,6 nodi da Nord Ovest |
| ➤ Escursione marea:        | 1,2 mt                 |
| ➤ Altezza onde:            | 3 mt                   |

#### Fonti di informazione e reperimento dati

I dati sono stati ricavati dalle pubblicazioni di seguito elencate, e sono stati incrementati con fattori peggiorativi, al fine di aumentare i fattori di sicurezza dei calcoli.

- *Il vento e lo stato del mare (Istituto Idrografico della Marina) - Genova*
- *Atlanti delle correnti superficiali dei mari italiani (Istituto Idrografico Della Marina) Genova*
- *Design and construction of ports and marine structures (Mc Graw Hill – New York)*
- *Carte nautiche dell'Istituto Idrografico della Marina di Genova*
- *The Tanker Register*





## 2. Descrizione generale del campo boe

L'impianto a mare è costituito da:

- Un campo boe idoneo all'ormeggio della nave
- Due oleodotti sottomarini, da 12", collegati tra loro in estremità, con un tratto di linea con curve a largo raggio (per consentire il passaggio dei pigs)
- Una manichetta da 10" permanentemente collegata agli oleodotti sottomarini, in corrispondenza del collegamento tra le due linee: questa manichetta consentirà di effettuare il collegamento tra manifold nave ed oleodotto

La posizione del campo boe si trova a circa 2350 m dalla costa, la nave si posizionerà con la propria mezzera circa in prossimità del terminale libero della manichetta, segnalato da un apposito gavitello galleggiante collegato con un cavo alla stessa.

Il campo boe è costituito da n.5 boe galleggianti, sistemato come indicato nel disegno 4D-262-003G.

La nave utilizzerà una imbarcazione degli ormeggiatori del porto di Pescara per ormeggiare alle boe, a cui porgerà i cavi in apposita sequenza, secondo le normali pratiche e manovre nautiche.

Ciascuna boa sarà ormeggiata ad un proprio corpo morto, giacente sul fondo marino, a cui sarà collegata con una catena di idonea sezione, munita di giunto di rotazione (swivel joint).

A sua volta il corpo morto sarà trattenuto in posizione, nella direzione del tiro, da due ancore distanziate da esso, a cui è collegato con catene di idonee sezioni.

Le boe saranno di tipo speciale (Langmar o similare), e disporranno di idonei ganci a scocco.

Tutte le boe saranno predisposte con riflettori radar, illuminazione segnaletica regolamentare, alimentata con pannelli solari, una boa disporrà anche di asta e manica a vento.

Al momento dell'ormeggio, gli ormeggiatori collegheranno anche i cavi di manovra dei ganci a scocco (le cosiddette "ghie").

In caso di emergenza, da bordo nave sarà pertanto possibile sganciare autonomamente i ganci a scocco, e la nave potrà immediatamente prendere il mare.

La manichetta di collegamento, all'estremità collegata al manifold nave, sarà dotata di connessione a chiusura automatica (tipo "flipflop") per evitare qualsiasi forma di sgocciolamento, anche in caso di sgancio in emergenza.

### 3. Calcoli di resistenza del sistema di ormeggio

#### Forze dovute al vento

Considerando vento spirante a 63 nodi, pari a 115 Km/ora (vento dominante) la pressione sulla superficie esposta dalla nave risulta:

$$P_v = 0,0128 \cdot V^2 \cdot K = 0,0128 \times 63^2 \cdot 1,3 = 66 \text{ Kg/m}^2 \quad (\text{NB: velocità espressa in nodi})$$

La spinta esercitata sulla nave risulta pertanto:

- di prua o poppa:  $66 \times 250 = 16.200 \text{ Kg (16,5 Ton)}$
- di lato (sulla fiancata):  $66 \times 1800 = 120.000 \text{ Kg (120 Ton)}$
- su un angolo di 30°, rispetto all'asse nave (considerata la possibilità di ormeggiare in posizioni diverse):  $120.000 \times 0,5 = 60.000 \text{ Kg (60 Ton)}$

Considerando la spinta di lato, tenendo conto che la nave è trattenuta da due cavi, il tiro su di un cavo risulta:

$$120 / 2 \times 0,7 = 42 \text{ Ton}$$

Quanto sopra in caso di burrasca improvvisa, considerando una situazione di nave ormeggiata perpendicolarmente al vento dominante.

Più realisticamente, considerando l'angolo di incidenza del vento a 30° (rispetto all'asse della nave), il tiro di un cavo risulta:

$$60 / 2 = 30 \text{ Ton}$$

#### Forze dovute alle correnti

Le forze dovute alle correnti, sulla chiglia della nave, sono composte da due parti:

- spinta dinamica della corrente, che investe la proiezione verticale della parte sommersa della chiglia stessa
- resistenza per attrito della zona perimetrale bagnata

I valori di queste forze vengono calcolati con le seguenti formule:

$$\begin{cases} P_d = A_d \cdot K_s \cdot 2,86 \cdot V^2 \\ P_f = A_f \cdot K_2 \cdot V^2 \end{cases}$$

Dove:

$P_d$  = forza dinamica

$P_f$  = forza di attrito

$A_d$  = area della proiezione verticale della chiglia, immersa

$A_f$  = area della superficie perimetrale bagnata

$K_s$  = costante, variabile da 0,75 ad 1, in funzione della forma della chiglia

$K_2$  = costante dipendente dalla lunghezza della nave (normalmente si considera 0,01)

$V$  = velocità della corrente, espressa in nodi

Applicando i dati relativi al nostro caso, i risultati sono i seguenti:

- Tiro dovuto al carico dinamico: 5 Ton
- Tiro dovuto alla resistenza frizionale: 3 Ton
- Tiro complessivo dovuto alla corrente: 8 Ton

Questo tiro si ripartisce almeno su due cavi, tenendo conto degli angoli diventa 3,5 Ton per cavo.

#### Forze dovute al movimento delle onde

Queste forze normalmente sono trascurabili, se ne sviluppa comunque la verifica per completezza di calcolo.

L'altezza considerata per le onde è di 3 m, pertanto la nave si solleverà e si abbasserà rispetto al livello medio, di 1,5 m.

La geometria del campo boe, rispetto al livello medio del mare, impone ai cavi un angolo di 5°, rispetto all'orizzontale, quando la nave è vuota e completamente emersa.

Pertanto questo angolo varierà da 7,5° (nave sollevata) a 2,5° (nave abbassata).

Il cavo di ormeggio, sulla distanza di 60 m dalla boa, avrà una lunghezza geometrica teorica calcolata come segue:

$$c = B / \cos \alpha = 60 / 0,996 = 60,24 \text{ m}$$

Con l'oscillazione, variando l'angolo da  $\alpha_1 = 7,5^\circ$  ad  $\alpha_2 = 2,5^\circ$ , la lunghezza dovrebbe modificarsi come segue:

$$C_1 = B / \cos \alpha_1 = 60 / 0,991 = 60,55 \text{ m}$$

$$C_2 = B / \cos \alpha_2 = 60 / 0,999 = 60,06 \text{ m}$$

In realtà il cavo di ormeggio non si dispone rigidamente secondo una retta, ma, avendo un peso proprio, si disporrà secondo una catenaria.

Dalle equazioni della catenaria, tenendo conto del peso e delle caratteristiche del cavo, si determina, sulle dimensioni considerate, una freccia di 2,2 m ed una lunghezza effettiva pari a:

$$l = C + (8 f^2 / 3c) = 60,24 + 0,214 = 60,454 \text{ m}$$

In conclusione il movimento delle onde produce tiri trascurabili (praticamente uguali a zero) sui cavi di ormeggio, in quanto i movimenti della nave vengono compensati:

- dall'estensione della catenaria
- dalla flessibilità del sistema di ormeggio
- delle boe ai rispettivi corpi morti

Quanto sopra è confermato anche dalle pubblicazioni della Princeton University (Conference on Berthing and Cargo handling in Exposed Location).



Tiro totale su di una boa

Il tiro totale su di un cavo risulta pertanto (nel caso più gravoso, solo ipotetico):

$$42 + 3,5 = 45,5 \text{ Ton}$$

Tutto il sistema (boa, gancio di ormeggio, catena di ancoraggio della boa al corpo morto, catene ed ancoraggi del corpo morto) vengono sviluppati per un tiro di 50 Ton.



#### 4. Dimensionamento corpo morto

Materiale:	calcestruzzo armato
Dimensioni:	4m x 4m x 2,5m
Volume:	40 mc
Peso specifico calcestruzzo:	2.300 kg/mc
Peso totale del corpo morto (in aria):	92 ton
Peso totale del corpo morto (in acqua)	52 ton

