

COMUNE DI OLBIA

PROVINCIA DI SASSARI

PROGETTO

Realizzazione delle vasche di colmata nella costa nord del Porto di Olbia – ex stabilimento Palmera – e loro completamento e allestimento per ospitare cantieristica navale da diporto

QUADRO PROGETTUALE

elaborato

RI_03**RELAZIONE
METEOMARINA**

Data: 21/01/2024

Rev. 17

scala: -

file:
Relazione meteomarina.doc

cod. committente

SNO1

Commessa

27/21

verificato

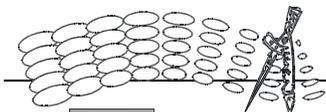
approvato

Committente: SNO Service srl

Visti per approvazione:

Il Progettista: ing. Gianni Porcu

Consulenti: dr. geol. Fausto Alessandro Pani
dr. geol. Roberta Maria Sanna
dr. nat. Francesco Lecis



**AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA
COMUNE DI OLBIA PROVINCIA DI SASSARI**

PROGETTO

**Realizzazione delle vasche di colmata nella costa nord
del Porto di Olbia – ex stabilimento Palmera – e loro
completamento e allestimento per ospitare
cantieristica navale da diporto**

Richiedente: SNO Service srl

RELAZIONE METEOMARINA

I. Premesse

La presente relazione è relativa all'analisi delle condizioni meteomarine del porto di Olbia, finalizzate all'analisi della compatibilità delle opere di completamento delle vasche di colmata per ospitare cantieristica navale da diporto.

1

Il progetto prevede di realizzare un banchinamento per le operazioni di alaggio e varo di navi da diporto, con un bacino synchro lift, un bacino travel lift ed un pontile di stazionamento temporaneo delle unità in attesa di alaggio/varo, il tutto per navi da diporto di lunghezza da 25 m fino a 70 m lft.

II. Analisi delle opere e delle azioni di calcolo

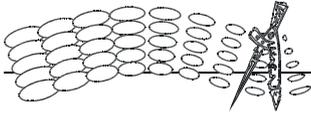
Il presente paragrafo concerne il calcolo per consentire il predimensionamento delle sollecitazioni degli elementi costitutivi l'ancoraggio.

Lo studio si articola nei seguenti punti:

1. Analisi del clima meteomarino e definizione delle caratteristiche ondamiche di progetto;
2. Determinazione delle caratteristiche di azione statica e dinamica agenti sulle strutture

RIFERIMENTI NORMATIVI

Le procedure di predimensionamento sono state formulate nel rispetto delle seguenti Leggi, prescrizioni normative, bibliografia tecnica e raccomandazioni. In



particolare, si citano, tra gli altri:

- **“Manuale di ingegneria portuale e costiera”, Ugo Tomasicchio – Bios ed. 1998**
“Cap. 7 – Meccanica del moto ondoso regolare“
- **“Raccomandazioni tecniche per la progettazione dei porti turistici” AIPCN-PIANC** Sezione Italiana – Febbraio 2002
“Cap. A8 – Pontili e banchine“
- **British Standards BS 6439 – parte 6** – Design of inshore moorings and floating structures
- **RINA 1998: regole per la costruzione e la classificazione dei natanti**
“Sezione "G" capitolo 7 paragrafo 2.6. norme relative alle - catene in acciaio per ancore -“
- **D.M. 11.03.1988** “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione“
- **D.M. 17.01.2018** “Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni“

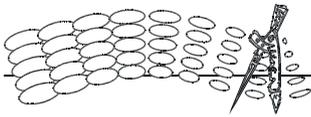
ANALISI GEOGRAFICA DEL PARAGGIO

Preliminarmente, si è studiato dal punto di vista geografico e morfologico il paraggio ove avranno sede le strutture progettate.

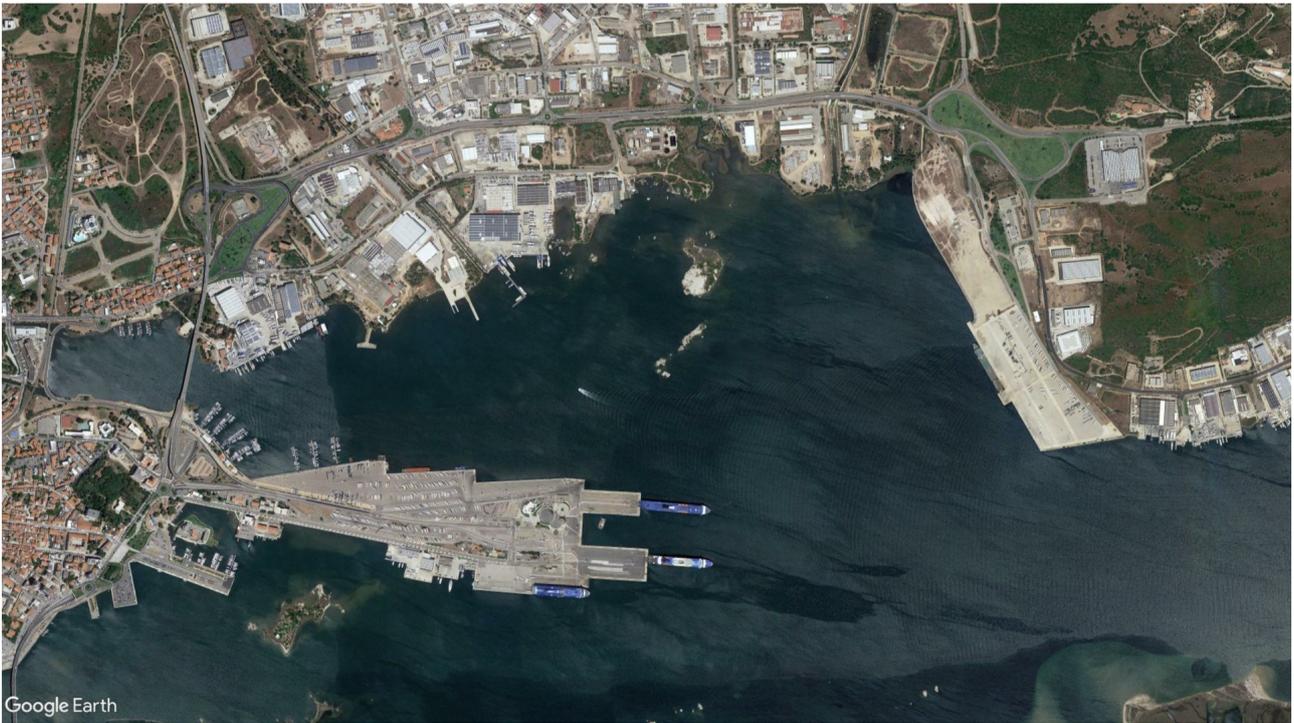
▪ ***Caratteristiche del sito. Ridossi ed esposizioni***

Il sito ove andrà ubicata la struttura di approdo è costituito da un sottobacino del golfo di Olbia località Arrasolu, in coordinate geografiche approssimative 9°30'55"E, 40°55'44"N. Il Golfo è un ridosso naturale ottimamente protetto da tutti i venti, tranne il settore del levante.





Il paraggio in cui saranno ubicate le opere è ulteriormente protetto da levante grazie al promontorio del molo "Cocciani" posto a Ovest, a circa 1,0 nM.



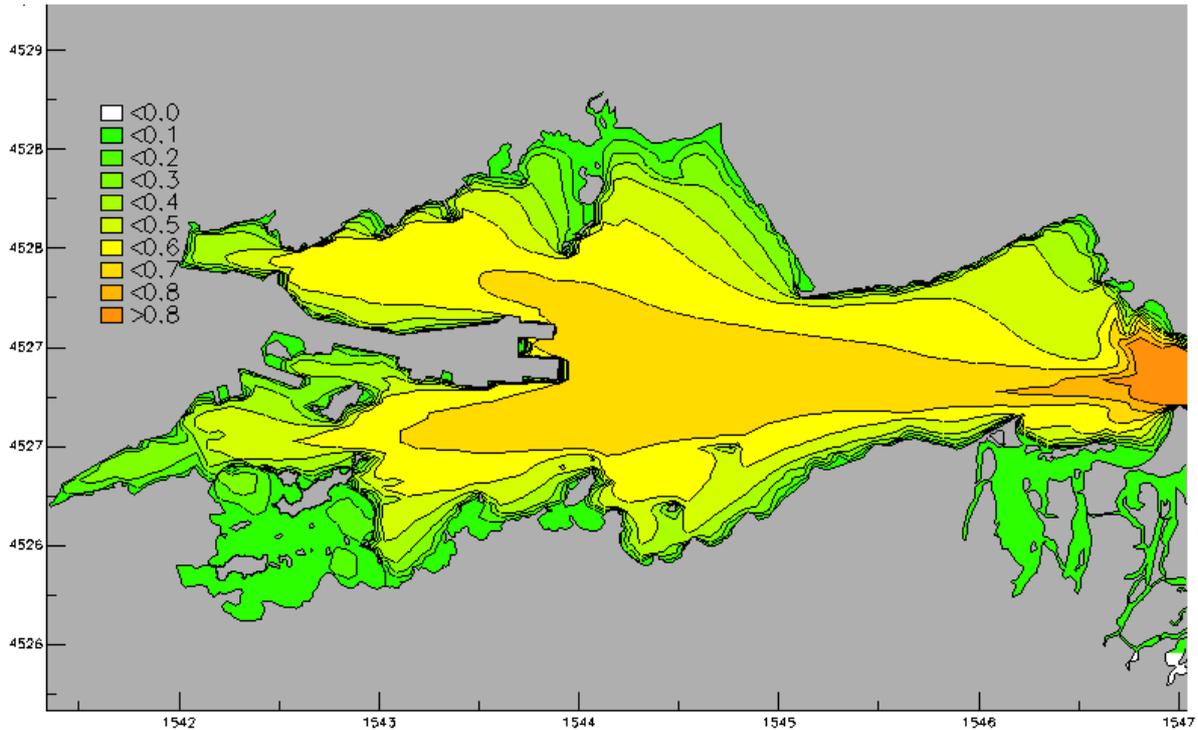
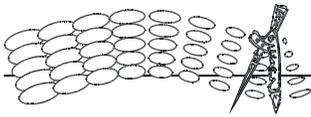
Per le provenienze da Ovest-Sudovest (113°N), il fetch geografico massimo è di 2600 m, pari a 1,4 miglia nautiche.

Applicando le note formule di correlazione tra fetch ed agitazione (Metodo SMB di Sverdrup - Munk - Bretschneider), per un vento stazionario di 28 m/s (pari a quello stabilito dalle NTC nella zona 5 al livello del mare, per un tempo di ritorno di 50 anni) ed operando in prima battuta – senza incorrere in errori notevoli - equiparando il fetch effettivo con quello efficace, si hanno i seguenti parametri d'onda:

Fetch 2600m dir. 113°N:
Altezza significativa $H_s = 0,74$ m
Periodo di picco $T_p = 2,6$ sec
Lunghezza d'onda $L = 10,56$ m

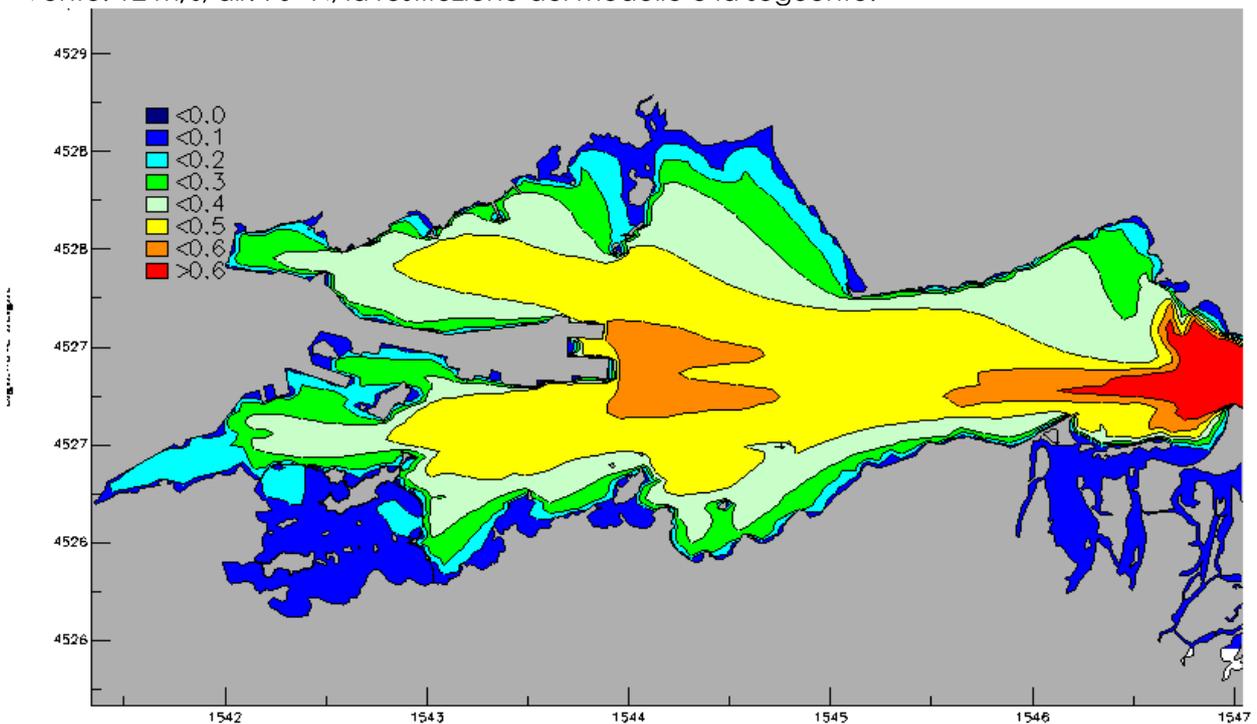
Ci si riferisce, a titolo di riscontro, a due studi condotti separatamente da diversi autori.

- 1) Nel primo studio, a cura di Mar.Tec. srl commissionato dalla stessa SNO Service e finalizzato alla costruzione di un bacino d'alaggio nel Porto di Olbia in località Punta is Taulas (poco a est del nostro sito), ha determinato un clima ondoso mediante modello SWAN che, a fronte di caratteristiche di onda al largo $H_s=8.4$ m; $T_p= 12.55$ s; dir: 45°N - Vento: 20 m/s; dir: 90 °N restituisce la simulazione di trasformazione di moto ondoso rappresentata nella seguente figura:

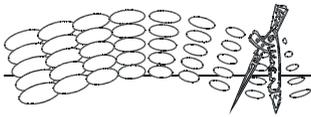


Dove la massima onda generata è inferiore a 0,60 m.

Una ulteriore simulazione, partendo da caratteristiche onda al largo: $H_s=8.4$ m; $T_p= 12.55$ s; dir: $45^\circ N$
- Vento: 12 m/s; dir: $90^\circ N$, la restituzione del modello è la seguente:



Con altezza massima significativa di 0,50 m nel nostro sito.



- 1) Nel secondo studio, commissionato dalla Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna a Seacon s.r.l. e Modimar, finalizzato al dragaggio nel Porto di Olbia e alla costruzione delle casse di colmata inerenti il nostro progetto, ha determinato un clima ondoso mediante misura diretta tramite la stazione ondometrica dell'ADSP. Tale stazione ha fornito le misure di moto ondoso eseguite poco a sud di Isola Bianca nella posizione indicata nella seguente planimetria:

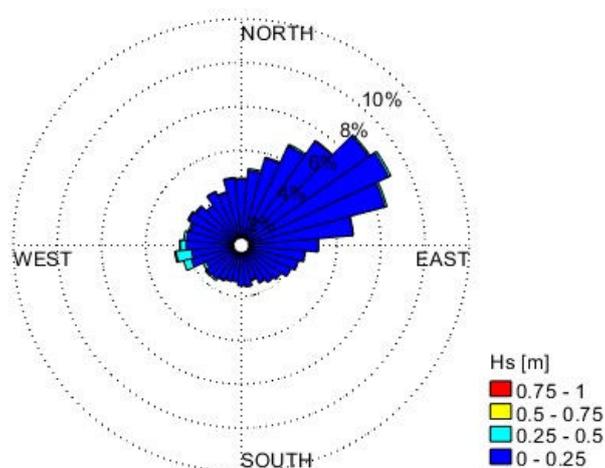


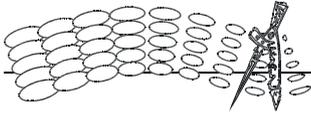
Le misure sono state eseguite tra l'01/07/2021 e il 31/12/2022.

Il massimo valore di altezza d'onda significativa misurata è risultato pari a 0,67 m. Il clima ondometrico misurato è riportato nella seguente figura:

5

Clima di Moto Ondoso Annuale (2021 - 2022)





Tali misure sono del tutto coerenti con le previsioni del modello SWAT riportato nello studio della Mar.Tec., dove in quel sito si leggono valori sempre inferiori a 0,60 m.

Si può concludere, quindi, che il paraggio è caratterizzato da un clima ondoso che garantisce, pur in estreme condizioni meteo-marine esterne, condizioni di sufficiente sicurezza per le unità ospitate (> 25 m lft).

CARATTERISTICHE DI PROGETTO DEL MOTO ONDOSO

▪ **Analisi del moto ondoso. Problemi di metodo**

Le ipotesi generali di analisi usate nel presente studio sono:

- La zona di ancoraggio si inserisce nell'ampio Golfo di Olbia, le cui caratteristiche di moto ondoso sono in buona parte mitigate dalla conformazione della costa;
- Non vi sono opere marittime che proteggono il paraggio, idonee a fronteggiare le mareggiate più impegnative provenienti dal settore di levante;
- Le condizioni di massimo cimento prevedono una esposizione ad un clima meteomarinario in cui le altezze d'onda residue sono ragionevolmente e cautelativamente rappresentate da un'altezza significativa $H_s = 0,7$ m con lunghezza d'onda pari a 10,5 m e periodo di picco 2,6 sec.

▪ **Risultati dell'analisi**

Con le premesse di cui sopra si ha dunque il dato ondometrico massimo di progetto seguente:

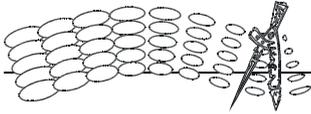
Direzione di provenienza 113°N	
H_s	0,7 m
T_p	2,6 sec
L	10,5 m
Celerità $C = L/T$	4,06 m/sec

Secondo la teoria di Airy, applicata al caso di profondità intermedia ($1/25 < d/L < 1/2$, valida in tutti i punti del sito considerato), si ha che la velocità delle particelle d'acqua è:

$$u = \frac{g H T \cosh [2\pi (z+d) / L]}{2 L \cosh (2\pi d / L)} \cos \Theta \quad (1)$$

dove è:

- u = velocità delle particelle in m/sec;
- $H = H_s$ = altezza significativa di progetto in m;
- g = accelerazione di gravità = 9,81 m/sec²;
- T = periodo dell'onda in sec;
- L = Lunghezza dell'onda;



z = quota di calcolo rispetto al livello medio
 d = profondità dell'acqua
 Θ = angolo di fase dell'onda (0 in cresta, π nel cavo, etc.)

in condizioni di $\cos \Theta = 1$ e $z = H/2$ (condizioni in cui l'onda ha massima velocità sulla cresta) la (1) si semplifica in:

$$u = \frac{g H T \cosh [2\pi (H/2+d) / L]}{2 L \cosh (2\pi d / L)} \quad (2)$$

che, con i parametri di progetto, per la profondità media di 6 m, conduce a:

Direzione di provenienza 113°N	
Hs	0,7 m
Tp	2,6 sec
L	10,5 m
vel. delle particelle u	1,08 m/sec
Celerità C = L/T	4,06 m/sec

L'analisi meteomarina si è poi conclusa con l'esame del vento e delle relative azioni sulle strutture; infine si è esaminata l'influenza della marea.

Per quanto concerne il vento, si fa riferimento a quanto indicato nella pag. 4, in ossequio alle NTC 2018 in cui, per la zona di interesse (zona 5) con tempo di ritorno 50 anni, si è applicata una velocità di riferimento del vento pari a 28 m/s.

Nei paragrafi seguenti, ad un vento di tale intensità verrà associato il congruente valore di pressione da applicare alle strutture considerate, ottenuta anche attraverso coefficienti correttivi secondo lo stesso D.M. 17/01/2018.

7

CARATTERISTICHE DELLE NAVI ALL'ORMEGGIO

▪ **Navi da diporto**

Gli ormeggi, come sopra accennato, sono dimensionati per ospitare navi da diporto di massima lunghezza 70 m lft.

Le caratteristiche principali delle navi da diporto tipiche di tali lunghezze sono le seguenti:

Nave da diporto LFT 70 m

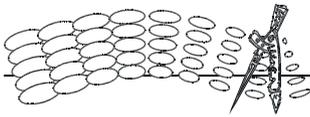
Dimensioni planimetriche 70,00 x 14,00 m circa

Altezza opera morta al fly bridge, sovrastrutture escluse: 16,0 m

Massima immersione: 2,80 m

Pertanto, le dimensioni esposte sono le seguenti

- Superficie laterale netta esposta: 730 m²
- Superficie in pianta: 700 m²
- Lunghezza al galleggiamento: 65 m
- Lunghezza al galleggiamento esposta (direzione 115°): 38 m



III. CALCOLO DELLE AZIONI SULLE NAVI

Nel presente capitolo si è proceduto al calcolo delle massime forze esterne agenti sulle opere in progetto determinate dalle condizioni ambientali di cui sono stati valutati nel paragrafo precedente i parametri di calcolo.

AZIONE DELLE ONDE

La forza esercitata dalle onde sugli elementi galleggianti può essere stimata applicando la teoria lineare di Airy, i cui valori sono stati già calcolati nel paragrafo III.

Nota la componente orizzontale della velocità massima dell'acqua in prossimità delle superfici esposte, la forza dinamica agente sui galleggianti si può quindi calcolare tramite la seguente formula (3):

$$F_0 = \frac{1}{2} \gamma S_0 C_{D0} u^2 \quad (3)$$

dove F_0 è la forza agente, espressa in N; γ è la densità dell'acqua di mare espressa in kg/m^3 ; S_0 è l'area della superficie investita perpendicolarmente dal flusso dell'acqua, espressa in m^2 , cioè, a vantaggio della sicurezza, l'intera superficie laterale dei galleggianti del modulo in esame, C_{D0} è il coefficiente di resistenza della superficie lambita dall'acqua, adimensionale; u è la velocità dell'acqua in prossimità della superficie, espressa in m/s .

Nel nostro caso si ha:

- $\gamma = 10,25 \text{ kN/m}^3$;
- S_0 = in funzione della direzione di incidenza considerata (vedi § III);
- $C_{D0} = 1,2$ (valore cautelativo, in quanto il RINA suggerisce $C_{D0} = 1$);
- u = in funzione della direzione di incidenza considerata (vedi § III).

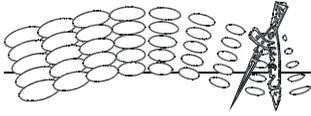
Inserendo nella (3) i nostri valori e dividendo ambo i membri per la superficie S_0 , si trova la pressione unitaria per effetto dell'onda:

$$P_u = 6,95 \text{ kN/m}^2$$

Tale pressione si esercita su una superficie data dall'altezza della semionda, moltiplicata per la lunghezza al galleggiamento esposta.

La tabella sottostante elenca i valori massimi della velocità dell'onda e le forze incidenti in ogni singola condizione di calcolo per ciascuna delle due tipologie di unità navale, approssimate per eccesso ai 0,1 kN:

Nave da diporto – LFT 70 m	
vel. delle particelle u	1,08 m/sec
Pressione unitaria	6,95 kN/m ²
$S_0 = 38,00 \times 0,70/2$ (semionda)	13,30 m ²
Forza impressa dal moto ondoso F_0	92,4 kN



AZIONE DEL VENTO

La forza massima esercitata dal vento sulle unità navali può essere calcolata ipotizzando l'incidenza perpendicolare sulla superficie esposta dell'opera morta galleggiante, mentre la superficie in pianta di ogni nave è quella su cui si esplica l'azione tangenziale del vento.

Secondo quanto previsto dalle NTC, la pressione del vento p è data dalla seguente espressione (4):

$$P = q_{ref} \times C_e \times C_p \times C_d \quad (4)$$

dove:

- q_{ref} è la pressione cinetica di riferimento di cui alla pag. 4;
- C_e è il coefficiente di esposizione (dipende dalle caratteristiche del sito);
- C_p è il coefficiente di forma (dipende dall'incidenza del vento sulle diverse superfici);
- C_d è il coefficiente dinamico.

Tali coefficienti sono funzione della forma, esposizione e posizione geografica del manufatto esposto al vento.

La pressione cinetica di riferimento è calcolata come:

$$Q_b = \frac{\rho V_b^2}{2} ; \quad (5)$$

I valori di riferimento, considerando quanto già ampiamente esposto, assumono i valori seguenti (zona 5 NTC):

- $V_{b,0} = 28,00$ m/s;
- $a_0 = 750$ m
- $k_a = 0,015$ 1/s
- $a_s = 0$ m < a_0 per cui $V_b = V_{b,0} = 28,00$ m/s
- $\rho = 1,25$ kg/m²

$$Q_b = \frac{\rho V_b^2}{2} = 491 \text{ N/m}^2$$

In considerazione del sito si ha:

- classe di rugosità del terreno D;
- categoria di esposizione del sito I

per cui si evincono i seguenti valori:

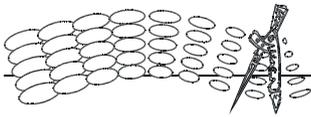
- $k_r = 0,19$
- $z_0 = 0,05$ m
- $z_{min} = 4,00$ m
- $z = 1,00$ m

essendo $z < z_{min}$ risulta essere $C_e(z) = C_e(z_{min})$, per cui si ha:

$$C_e(z) = 1,801$$

pertanto si avrà, assumendo $C_d = 1$:

- (5) $P_v = q_{ref} \times C_e \times C_p \times C_d = 491 \times 1,801 \times 0,8 \times 1,0 = 707$ N/m² (azione sopravento);
(5') $P_s = q_{ref} \times C_e \times C_p \times C_d = 296 \times 1,883 \times 0,4 \times 1,0 = 353$ N/m² (azione sottovento);
(5'') $P_t = q_{ref} \times C_e \times C_p \times C_d = 296 \times 1,883 \times 0,04 \times 1,0 = 71$ N/m² (azione tangenziale);



Le forze totali agenti sull'unità navale risultano dal prodotto di tali azioni per le rispettive superfici su cui tali azioni si esplicano, riportate nella tabella seguente, in analogia a quanto calcolato nel § precedente:

Nave da diporto – LFT 70 m		
$S_t =$	700 m ²	$P_t = S_t \times P_v = 5,0$ kN
$S_0 =$	730 m ²	$(P_v + P_t) \times S_0 = 774$ kN
Forza totale impressa dal vento F_v		779 kN

CALCOLO DELLA FORZA TOTALE AGENTE

La forza totale esercitata sull'unità galleggiante è stata calcolata sotto l'ipotesi che le azioni agiscano contemporaneamente e concordemente. In questa ipotesi, formulata a favore della sicurezza, la forza massima totale agente su ogni unità navale è data dalla somma algebrica delle azioni calcolate precedentemente, ossia:

$$F_t = F_0 + F_v$$

Si ha dunque:

Nave da diporto – LFT 70 m	
Forza impressa dal moto ondoso	92,4 kN
Forza totale impressa dal vento	779 kN
Forza totale all'ormeggio	871,4 kN

10

IV. VERIFICHE STRUTTURALI

CALCOLO DEGLI ORMEGGI

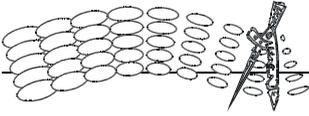
In questo capitolo si calcola il massimo cimento a cui devono essere sottoposti gli organi di ormeggio.

SCHEMA GENERALE DI ORMEGGIO

Dato lo schema dell'intera installazione, si presuppone che l'unità sia ormeggiata con due ancore di prua e due bitte di poppa.

Lo schema di ancoraggio, nella ipotesi più sfavorevole, prevede che l'unità sia investita lateralmente dalle forze del vento e delle onde. Sebbene sia del tutto evidente che tale ipotesi sia impossibile nel nostro caso, a vantaggio della sicurezza gli organi di ormeggio saranno dimensionati per resistere a tale sollecitazione cumulativa.

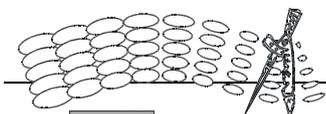
In tal caso, come calcolato precedentemente, si ha una sollecitazione complessiva di 871,4 kN, che distribuita sulle due linee di ormeggio solleciterà la catena



dell'ancora e la bitta a terra con $871,4/2 = 436$ kN (44 t).

Pertanto, dando per scontato che le linee di ancoraggio della nave siano adeguatamente dimensionate, le bitte da installare nelle banchine avranno una portata di lavoro da 50 t e le strutture delle banchine saranno calcolate per tali sollecitazioni.

Il Professionista
ing. Gianni Porcu



Sistema di gestione per la Qualità certificato UNI EN ISO 9001

Sommario

I.	Premesse.....	1
II.	Analisi delle opere e delle azioni di calcolo.....	1
	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	1
	ANALISI GEOGRAFICA DEL PARAGGIO	2
	CARATTERISTICHE DI PROGETTO DEL MOTO ONDOSO	6
	CARATTERISTICHE DELLE NAVI ALL'ORMEGGIO	7
III.	CALCOLO DELLE AZIONI SULLE NAVI	8
	AZIONE DELLE ONDE	8
	AZIONE DEL VENTO	9
	CALCOLO DELLA FORZA TOTALE AGENTE	10
IV.	VERIFICHE STRUTTURALI.....	10
	CALCOLO DEGLI ORMEGGI	10
	SCHEMA GENERALE DI ORMEGGIO.....	10
