UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE



SCUOLA DI INGEGNERIA CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE

PROGETTO DI STRUTTURA CANTIERISTICA PER IL PORTO TURISTICO DI PUNTA ALA

Design of Marina di Punta Ala's new shipyard

Relatore: Prof. Ing. Pier Luigi Aminti

<u>Correlatori:</u> Prof. Ing. Lorenzo Cappietti, Dott. Marco Corti

Candidato: Dario Salvini

A mio padre, mia madre
e mia sorella,
per il traguardo
che abbiamo raggiunto insieme.

INDICE

INTROD	UZIONE	5
1. CAN	TIERISTICA DA DIPORTO	7
1.1.	Strutture cantieristiche	7
1.1.1	Vasca di sollevamento	8
1.1.2	Scivolo di sollevamento	9
1.1.3	Piazzale	10
1.1.4	Vasca di lavaggio	10
1.1.5	Strutture coperte	11
1.1.6	Rimessaggio	11
1.1.7	Ormeggi	12
1.1.8	Parcheggi	12
1.2.	Mezzi meccanici di movimentazione	13
1.2.1	Travel Lift	13
1.2.2	Gru su ruote gommate	15
1.2.3	Gru fisse (a bandiera)	16
1.2.4	Fork Lift	18
1.2.5	Carrelli per movimentazione (Boatmover)	19
1.3.	Altre attrezzature	20
1.3.1	Dispositivi per taccatura	20
1.4.	Mobilità interna	22
1.5.	mpiantistica e servizi	23
1.5.1	Impianto antincendio	24
1.5.2	Drenaggio delle acque	24
1.5.3	Rifiuti solidi e liquidi	26
1.6.	Lavorazioni di manutenzione	27
2. POR	TO DI PUNTA ALA	30
2.1.	nquadramento geografico	30
2.2.	Area portuale attuale	31
2.3.	Area cantiere attuale	32
2.3.1	Dotazioni del cantiere	33
2.3.2		
3. CAN	TIERI PORTUALI TOSCANI	
	Analisi comparata dei cantieri portuali	

	3.2.	Ele	nco delle migliori dotazioni portuali	41
4.	. AN	ALI	SI TECNICA DEL CANTIERE DI PUNTA ALA	43
	4.1.	Dis	posizioni AIPCN-PIANC	43
	4.2.	Pot	enzialità e criticità del cantiere	44
	4.3.	Ind	ice di operatività cantieristica (IOC)	46
	4.3	1.	Valutazione dell'accoglienza secondo criterio PIANC	50
5.	. PR	OGI	ETTAZIONE DEL NUOVO CANTIERE DI PUNTA ALA	52
	5.1.	Are	ea portuale di progetto	52
	5.2.	Are	ea cantiere di progetto	54
	5.2	1.	Confronto con indagini lungo il litorale toscano	55
	5.2	2.	Confronto con potenzialità e criticità dell'attuale cantiere	57
	5.3.	Pia	no degli ormeggi di progetto	59
	5.4.	Intr	oduzione delle ipotesi progettuali	61
	5.5.	Ipo	tesi A: cantiere a servizio delle nautica attuale	63
	5.5	1.	Determinazione dell'Indice di Operatività Cantieristica (IOC)	63
	5.5	2.	Confronto con potenzialità e criticità dell'attuale cantiere	65
	5.6.	Ipo	tesi B: cantiere a servizio di nautica attuale/maggiore	66
	5.6	1.	Determinazione dell'Indice di Operatività Cantieristica (IOC)	66
	5.6	2.	Confronto con potenzialità e criticità dell'attuale cantiere	69
	5.7. in are	-	tesi C: cantiere a servizio di nautica attuale/maggiore, con nautic	
	5.7	1.	Determinazione dell'Indice di Operatività Cantieristica (IOC)	70
	5.7	2.	Confronto con potenzialità e criticità dell'attuale cantiere	72
	5.8.	Tab	pella riassuntiva delle ipotesi progettuali	73
6	. STI	JDIO	D DI CASSONI CELLULARI IN C.A	74
	6.1.	Geo	ometria e materiali del cassone	76
	6.2.	Rie	mpimento e affondamento del cassone	78
	6.3.	Vei	rifiche previste	80
	6.4.	Azi	oni agenti sulla struttura	82
	6.4	1.	Peso proprio del cassone	85
	6.4	2.	Sovraccarico della soletta di copertura	85
	6.4	3.	Moto ondoso e sottospinta idraulica	86
	6.4	4.	Tiro-bitta - BS6349 (British standard – Maritime structures)	89
	6.4 stru		Compressione dei parabordi - BS6349 (British standard – es)	- Maritime

6.5.	Verifica a ribaltamento	99
7. CC	ONCLUSIONI	102
7.1.	Modifica dell'area cantiere	102
7.2.	Utilizzo dei cassoni cellulari in cemento armato	104
Bibliog	rafia	105
Ringra	ziamenti	107

INTRODUZIONE



Figura 1. Vista aerea di Punta Ala

Punta Ala (già *Punta Troia*) è una frazione del comune di Castiglione della Pescaia, provincia di Grosseto, famosa località balneare situata alle pendici settentrionali dell'omonimo promontorio. Il cambiamento del suo nome in Punta Ala è dovuto al gergo aeronautico dell'aviatore Italo Balbo, che ai primi del novecento acquistò un vasto appezzamento di terreno per ristrutturare il castello dei Lorena, che si erge nel luogo più alto della punta, e che fece costruire un piccolo approdo dove ora è presente il porto per ammarare il suo idrovolante.

Il porto nasce negli anni settanta a fronte dell'iniziativa di alcuni imprenditori, che una volta acquistata la totalità della promontorio iniziano a costruire moderni residence e ville, mettendo a servizio degli acquirenti strutture commerciali, attività balneari, campi da golf, campi da polo e per l'appunto il porto turistico. Dagli anni '70 in poi infatti questo luogo è divenuto meta di turismo d'elitè, di politici, attori e vip, set di film e campagne pubblicitarie di moda, luogo di sport grazie alla passione per la vela e le regate portata avanti dallo Yacht Club Punta Ala. E' proprio dal mondo della vela che nel 2000 arriva la grande soddisfazione di poter ospitare l'equipaggio del team Luna Rossa per i suoi allenamenti che la condurranno verso la vittoria della Louis Vuitton Cup e alla sfida dell'America's Cup.

Il porto che vediamo oggi è rimasto immutato, poiché non sono state mai apportate modifiche sostanziali alla sua struttura. Negli anni si sono inseguite varie iniziative di riqualificazione e ampliamento del porto, una delle quali proprio nel 2000 sull'onda dell'entusiasmo dei risultati ottenuti da Luna Rossa. Tuttavia le idee non hanno mai portato ad una iniziativa concreta in questa direzione.

Questa serie di eventi ci porta al 2009, quando la Marina di Punta Ala S.p.a., concessionaria dell'area portuale, inizia una procedura che mira a proporre un piano di riqualificazione e ampliamento del porto, a fronte di preliminari studi progettuali e marittimi condotti in collaborazione con l'Università di Firenze, che permetterà la redazione di un progetto preliminare sul quale la Marina e il comune di Castiglione della Pescaia si confronteranno.

Proprio in questo ambito va a collocarsi la presente tesi, che si propone di strutturare una delle aree più importanti di un porto turistico, che è già presente nell'attuale porto ma che verrà notevolmente ingrandita: l'area cantieristica.

La Marina di Punta Ala ritiene che la garanzia di poter soddisfare la richiesta di servizi dei diportisti sia un impegno essenziale per la gestione di un Marina efficiente, e ritiene che il cantiere portuale debba avere un ruolo fondamentale in quello che sarà il nuovo porto di Punta Ala.

1. CANTIERISTICA DA DIPORTO

Prima di entrare nel merito di quella che potrebbe essere la nuova area cantiere di Punta Ala, occorre avere una visione macroscopica di quelle che sono le attività cantieristiche portuali, che sostanzialmente si dividono in due categorie: produzione e manutenzione.

Con produzione si intende l'attività di cantiere volta alla costruzione e al successivo varo di nuove imbarcazioni, normalmente limitata a località portuali molto sviluppate. L'estensione dell'area di cantiere in questione è variabile in funzione delle dimensioni delle barche realizzate e può arrivate ad occupare spazi molto estesi qualora la produzione sia orientata verso grandi yacht.

Con manutenzione si intende invece l'attività più comune svolta in cantiere, suddivisa a sua volta fra interventi di ordinaria e straordinaria manutenzione. Un cantiere che si dedica ai soli servizi di manutenzione normalmente ha estensioni minori rispetto alla categoria precedente, comunque sia sempre commisurata alle dimensioni delle barche per le quali si vuole fornire un servizio (secondo i rapporti tecnici AIPCN l'area complessiva è stimata in funzione del numero e delle dimensioni dell'imbarcazione di riferimento transitante nell'approdo dove è sito il cantiere).

Nei grandi cantieri portuali sono presenti spazi che permettono la compresenza di tutte e due le attività, ma essendo il porto di Punta Ala, e in generale gli altri porti della costa toscana che verranno citati (con unica eccezione Cala Galera), dotato di area cantieristica di piccola taglia, verranno trattate solo attività cantieristiche volte alla manutenzione di imbarcazioni di piccola taglia, denominate anche "cantieristica da diporto".

1.1. Strutture cantieristiche

Esistono molti testi di Ingegneria Marittima che trattano la progettazione di porti turistici e delle aree in esso realizzate; linee guida che devono essere integrate con le necessità e le possibilità del luogo dove sorgerà l'approdo. Questo fa si che le aree portuali non siano tutte identiche ma che si differenzino in funzione della flotta potenzialmente ospitabile in porto.

Tuttavia possiamo farci un'idea di quelli che mediamente sono gli spazi richiesti all'interno di un approdo, ponendo l'attenzione, nel nostro caso, alle infrastrutture necessarie sull'area di cantiere portuale. Li suddividiamo in due categorie:

Aree a mare (più precisamente fronte mare)

- Vasca di sollevamento
- Scivolo di sollevamento
- Zona ormeggi

Aree a terra

- Capannoni
- Officine
- Piazzali
- Vasca di lavaggio
- Parcheggi
- Rimessaggio
- Guardiola
- Uffici

1.1.1. Vasca di sollevamento

La vasca di sollevamento è una struttura fronte mare indispensabile per portare a terra barche di dimensioni medio/alte in cantieri dotati di travel lift. Se il cantiere fosse dotato di gru fisse la vasca non è necessaria, così come non è necessaria nel caso di cantiere che opera solo con piccole imbarcazioni, sostituibile con un più semplice scivolo di sollevamento.



Figura 2. Vasca di sollevamento cantiere Marina di Salivoli (Piombino, LI)



Figura 3. Vasca di sollevamento del cantiere Porto Verde di Puntone (Scarlino, GR)

Le dimensioni e il pescaggio della vasca sono assunte in funzione dell'ingombro dell'imbarcazione più grande potenzialmente ospitabile in cantiere, note le quali si potrà

conoscere anche il tipo di Travel Lift necessario per alare/varare. Per far si che il Travel possa posizionarsi per l'alaggio/varo è necessario prevedere un'area di manovra sgombra da ostacoli sulle due fasce laterali della vasca, con larghezze che vanno da 1 a 2 m (mediante si trovano fasce di larghezza 1.5 m).

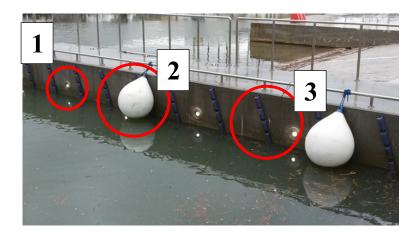


Figura 4. Interno della vasca di sollevamento del cantiere Porto Verde

Durante le manovre di ingresso ed uscita del natante dalla vasca devono essere evitati urti tra le fiancate e le pareti verticali, perciò vengono posizionate in testa e lateralmente alla vasca dei barabordi (Fig.4 num.2) e dei dissuasori d'urto (Fig.4 num.3).

Nel caso le operazioni di alaggio/varo siano eseguite di notte, o comunque con poca luce, è auspicabile l'inserimento di apposite luci laterali alla vasca (Fig.4 num.1) ed al travel lift operante, al fine di illuminare adeguatamente l'area lavoro (in questo caso il cantiere di Porto Verde al Puntone di Scarlino rappresenta una rarità in Toscana).

1.1.2. Scivolo di sollevamento

Struttura talvolta assente nei cantieri poiché utile solo per barche di medio-piccola taglia, che possono comunque essere alate/varate anche con il travel o con gru gommate. Se la ricettività del porto è alta, lo scivolo viene affiancato alla vasca in modo da separate le operazioni delle barche piccole da quelle grandi, così da aumentare le movimentazioni giornaliere sul piazzale.



Figura 5. Scivolo di sollevamento

L'alaggio e il varo delle imbarcazioni viene eseguito mediante carrelli-rimorchio attaccati a semplici autovetture oppure mediante dispositivi motorizzati telecomandati.





Figura 6. (a) Alaggio/varo mediante autovettura e (b) dispositivo motorizzato

1.1.3. Piazzale

Il piazzale è il cuore del cantiere navale poiché una buona organizzazione di spazi e di movimenti al suo interno determina la qualità dell'attività lavorativa che vi si svolge. Normalmente nel suo spazio devono essere previste:

- Aree di lavorazione (riparazione, verniciatura, carenaggio, ecc.)
- Aree di stoccaggio rifiuti (solidi, liquidi)
- Aree tecniche per altre strutture (vasca di sollevamento, uffici, capannoni, impianti di trattamento, ecc.)
- Viabilità interna
- Aree attrezzate per il "fai da te"
- Aree espositive (per affitto, compravendita, ecc.)

1.1.4. Vasca di lavaggio

La vasca di lavaggio è una struttura molto utile ma poco usata nei cantieri portuali. Le pareti della vasca permetterebbe infatti di proteggere le imbarcazioni adiacenti a quelle che subiscono lavorazioni di carenaggio, verniciatura, sabbiatura, ecc., dato che il vento può trasportare su di esse scarti solidi, liquidi o volatili di suddette lavorazioni.



Figura 7. Vasca di lavaggio Porto Verde di Puntone (Scarlino, GR)

Il posizionamento delle pareti non è casuale, ma basato sui venti di traversia del sito ove è realizzata la vasca, principalmente responsabili del trasporto di materiali da una barca all'altra.

1.1.5. Strutture coperte

Nell'area di cantiere sono presenti le seguenti aree coperte:

VOCE	NOTE		
Uffici Adibiti alla parte commerciale ed alla ricezione clier frequentati sia da personale addetto al cantiere che da personale proprio per questo motivo è auspicabile che lo spazio an uffici sia libero da ogni sorta di attività o attrezzatura cantie			
Capannoni	Strutture fondamentali per un cantiere, poiché permettono le lavorazioni al chiuso altrimenti ostacolate da pioggia o climi invernali all'esterno. Al loro interno possono essere ospitati, oltre alle aree lavoro lasciate sgombre, gli uffici, le officine e il magazzino. L'altezza libera dell'ingresso, dal piano carrabile, dovrebbe essere preferibilmente maggiore di 10 m o più, qualora si voglia permettere l'ingresso del travel lift all'interno. Nel caso di aree capannoni molto grandi alcuni spazi sono riservati anche all'invernaggio (rimessaggio invernale) dei natanti.		
Magazzino E' lo specchio della società che lo gestisce, poiché la dispo- immediata di materia e attrezzatura per portare a term lavorazioni richieste dai clienti è un ottimo biglietto da visita società stessa.			
Officine Nei pressi dei capannoni e del magazzino è utile ricavare uno sp destinato alle officine, destinate a lavori di carpenteria metali elettronica, elettrotecnica, falegnameria, motoristica, ecc. La prese di ciascuno di questi spazi non implica necessariamente che il cant abbia alle dipendenze ciascuna di queste manodopere, integrate necessità da figure specializzate esterne.			
Guardiola Posta all'ingresso del cantiere regola l'accesso all'area e l'evinterferenza fra il traffico veicolare esterno e quello interno al (nel caso in cui sia permesso il passaggio di autovetture all'interpiazzale).			

Tabella 1. Elenco delle aree coperte all'interno del cantiere.

1.1.6. Rimessaggio

Le aree adibite al rimessaggio (spesso invernale, anche se in alcuni casi è più prolungato) occupano molto spazio, perciò non tutti i cantieri ne sono dotati. A seconda della tipologia dell'imbarcazione da ospitare le aree rimessaggio possono arrivare ad essere estese ettari, richiedendo apposite aree spesso distinte dal cantiere.

Nel caso venga deciso di utilizzare aree di cantiere per il rimessaggio invernale si deve far si che tale area non sia a ridosso di zone di lavorazione e comunque che non sia d'interferenza ad altre destinazione d'uso circostanti.

1.1.7. Ormeggi

Anche il cantiere navale può avere una zona di attracco fronte mare dotata di dispositivi di ormeggio, poiché non è detto che una barca diretta verso il cantiere possa immediatamente essere presa in consegna per le lavorazioni, o comunque non sempre è necessario che il servizio richiesto necessiti di un alaggio dell'imbarcazione. In questi casi il natante viene ormeggiato (di fianco, di poppa o di prua) a dispositivi come bitte, anelli o fingers, più difficilmente alle briccole.

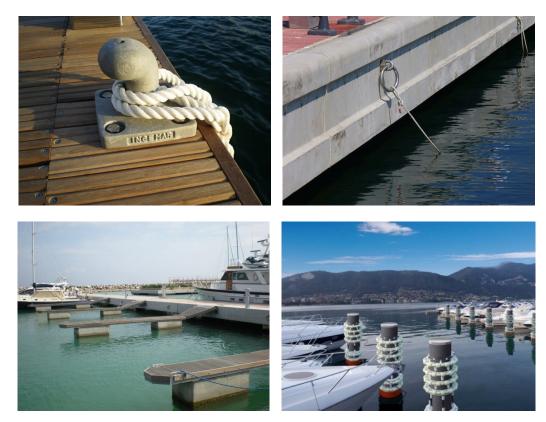


Figura 8. (a) bitta, (b) anello, (c) fingers, (d) briccole

Tali ormeggi sono da considerarsi esclusivamente temporanei ed a servizio del solo cantiere.

1.1.8. Parcheggi

Le utenze che usufruiscono del cantiere sono di due tipi: addetti ai lavori e soggetti esterni (clienti). Tutti e due giungono dall'esterno, perciò questo richiede la presenza di posti macchina che possono trovarsi o immediatamente fuori l'area cantieristica o all'interno, purché lontano dalle aree lavoro (potrebbero trovare posizione ad esempio vicino agli uffici). E' talvolta necessario anche prevedere aree parcheggio interne alle aree lavoro, dato che gli addetti ai lavori si devono muovere anche all'interno con mezzi quali autovetture, motori, velocipedi, ecc.

Mentre per il porto le raccomandazioni PIANC dispongono 1.25 posti macchina per ogni posto barca, non è prevista nessuna linea guida per il cantiere.

Da una indagine eseguita nei porti turistici toscani è emerso che il numero dei posti macchina da prevedere può essere considerato pari al numero di lavoratori dipendenti a servizio del cantiere (Ipotesi: con 10 dipendenti, considerando che non saranno mai tutti a lavoro insieme, si può ipotizzare che i posti lasciati liberi siano a servizio dei clienti).

1.2. Mezzi meccanici di movimentazione

1.2.1. Travel Lift

Il travel lift è una gru a ponte di forma scatolare realizzata con una struttura reticolare in acciaio e dotata di argani mobili nella sua parte superiore. Mediante la dotazione di fasce, collegate agli argani mobili, il travel ha la possibilità di cingere le imbarcazioni dalla carena e sollevarle da mare o da terra, movimentandole sui piazzali di lavoro grazie al motore autonomo e alla coppia di ruote sterzarti anteriori di cui è dotato (talvolta è possibile avere anche quattro ruote sterzanti, migliorando così la manovrabilità e riducendo l'ingombro fisico del messo per ogni singola manovra).





Figura 9. (a, b) Travel lift con fasce singole



Figura 10. Travel lift con fascia unica per alaggio/varo di imbarcazioni di grandi dimensioni

L'utilizzo del travel all'interno di un cantiere è tanto fondamentale quanto pericoloso, poiché devono essere osservati precisi accorgimenti in tutte le fasi del suo utilizzo, come di seguito riportato:

Manovra	Note
Alaggio/Varo	Per ovviare alle condizioni di emergenza, il travel, qualora non sia impiegato altrove, deve trovarsi alla vasca di sollevamento con le fasce calate sul fondo, in modo da accogliere un eventuale barca in condizioni di avaria. Una volta che sono state seguite le indicazioni di alaggio (vedi vasca di sollevamento) gli argani del travel movimentano le fasce in modo da cingere la carena nei punti ritenuti più adatti dal gruista. Tali punti variano da una imbarcazione all'altra e sono funzione della tipologia strutturale e della distribuzione del peso del natante. Il sollevamento deve essere lento e graduale in modo da poter intervenire su possibili malfunzionamenti, e seguito possibilmente da due persone (un gruista e una seconda persona che controlla gli spostamenti nei possibili punti ciechi di chi movimenta). Le fasce possono essere disposte secondo due modalità: a dritto o a doppio, con la particolarità che nel secondo caso il carico a rottura della stessa può essere raddoppiato. N.B.: stesse accortezze vengono riservate al processo inverso, ovvero alla manovra di varo.
Movimentazione sul piazzale	Ogni spostamento del travel lift deve essere introdotto da un apposito segnale acustico, e possibilmente seguito da due persone. Durante la manovra deve essere interdetto il traffico nelle zone dove è previsto il percorso del travel.
Taccatura	Il travel può sia trasportare il natante nell'area di taccatura a terra, sia trasportarlo su di un carrello (motorizzato o non) sul quale è disposto un dispositivo di invaso metallico. In ogni caso la manovra di rilascio deve essere lenta e graduale, possibilmente seguita da due persone. N.B.: stesse accortezze vengono riservate al processo inverso, ovvero al recupero della barca da una posizione di taccatura.

Tabella 2. Modalità di manovra del travel lift

Ogni cantiere solitamente è fornito di un solo travel, dato che si trova a lavorare con un grande numero di imbarcazioni di piccola e media taglia e un piccolo numero di barche di grande taglia (il travel è progettato per movimentare soprattutto queste ultime), anche se può accadere di avere grande affluenza sia del primo che del secondo gruppo, richiedendo quindi la presenza di più travel di diversa portata, ciascuno che si occupi di una determinata categoria.

La presenza di travel con portate diverse significa avere macchinari di ingombro diverso, con accesso a vasche di sollevamento di dimensione variabile. Questo fa si che la presenza di più travel renda spesso necessaria la presenza di più di una vasca di

sollevamento, il tutto traducibile in un costo macchina e struttura maggiore, ma anche in un incremento dell'operatività del cantiere (aspetto di base per una buona pubblicità d'impresa).

Il travel riveste anche un ruolo fondamentale nella progettazione dell'area cantiere, rappresentando il mezzo maggiormente caricato, e quindi quello che scarica più peso puntuale a terra (attraverso l'impronta della ruota). In funzione dell'entità di questo peso è stimato lo spessore della pavimentazione generalmente in solette di calcestruzzo armato per il piazzale, che oltre a sostenere i pesi scaricati a terra, deve limitare la creazione di possibili avvallamenti che potrebbero modificare negativamente le pendenze presenti sul piazzale (previste per indirizzare a gravità le acque reflue o i deflussi superficiali di pioggia).

1.2.2. Gru su ruote gommate

Oltre al travel lift il cantiere può essere dotato anche di una gru gommata con sbraccio meccanico regolabile, con portanze nettamente inferiori rispetto al travel, utilizzata per alaggio/varo mediante uso di bilancino (trattato più approfonditamente nel §1.2.3), sbarco/imbarco motori, disarmo/riarmo degli alberi e messa in quota di piattaforme per lavorazioni in altezza.



Figura 11. Gru gommata in azione al cantiere di Punta Ala (Castiglione della Pescaia, GR)

Prima della movimentazione dei carichi la gru deve essere bloccata a terra mediante quattro bracci che gli conferiscono quattro punti d'appoggio stabili per le successive operazioni. La portanza effettiva della gru diminuisce all'aumentare dello sbraccio utilizzato.

1.2.3. Gru fisse (a bandiera)

Alternative o compresenti a vasca e scivolo sono le gru fisse a bandiera, posizionate anch'esse fronte mare ma senza la necessità di avere una vasca di sollevamento per essere operative.

Questa tipologia di gru non è utilizzata solo per alare/varare imbarcazioni ma anche per movimentare dotazioni di bordo e fuori bordo (sbarco ed imbarco di motori, zattere di salvataggio, ecc.).



Figura 12. Gru a bandiera per alaggio/varo di grandi imbarcazioni



Figura 13. Gru a bandiera della Marina di Cala de Medici (Rosignano, LI)

Il sollevamento eseguito con il travel lift e con gru a bandiera presenta una differenza di non poco conto riguardante l'imbracatura del natante mediante fasce. Il sollevamento con gru a bandiera vede infatti la presenza di un nuovo elemento: il bilancino distanziale (assente nel travel lift).



Figura 14. Bilancino distanziale a maglia quadrata

Il bilancino distanziale è un elemento reticolare metallico a geometria variabile (quadrata, triangolare, X, H, ecc) che permette la distribuzione del carico del natante sollevato su quattro punti, differenziandosi dall'unico punto di carico tipico delle tradizionali gru.

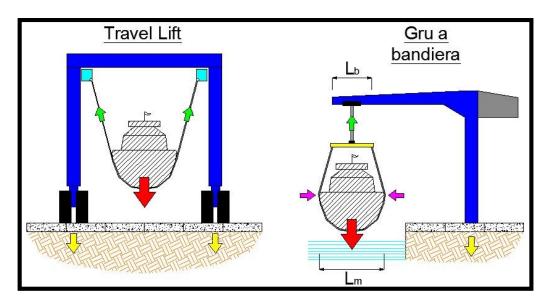


Figura 15. Confronto fra Travel Lift e Gru a bandiera

La figura precedente permette di notare:

- come la fasciatura del travel lift generi un azione di confinamento delle fiancate minore, riducendo di conseguenza le sollecitazioni che tendono a schiacciare la sezione maestra del natante. Tutto il contrario si può dire della gru fissa, che tende a stringere le fiancate del natante quanto più la larghezza della sezione maestra L_m aumenta rispetto alla larghezza della maglia del bilancino L_b.
- come si differenzi la ripartizione dei carichi dell'imbarcazione sollevata sui cavi, presenti in numero maggiore sul travel (due per ogni argano) invece che nella gru a bandiera (unico fascio di cavi che sostiene che collega il braccio al bilancino).
- differenza nella tipologia di scarico dei pesi a terra, dato che il travel può contare su più appoggi (uno per ogni ruota con un minimo di 4 ruote) mentre la gru a bandiera su di uno soltanto. La presenza di un solo appoggio fa si che la

sollecitazione al piede sia notevole e che quindi gli sforzi distribuiti sulla superficie di contatto basamento gru/piazzale siano più deleteri per la struttura.

Ne conveniamo che la geometria e il rapporto dimensioni bilancino/dimensioni barca risulta importante per la valutazione di quale sia la miglior attrezzatura per sollevare l'imbarcazione e per la stima degli ingombri durante le movimentazioni.

1.2.4. Fork Lift

Il Fork lift è un macchinario non sempre presente in cantiere poiché legato ad un particolare tipo di rimessaggio, detto "alla francese".

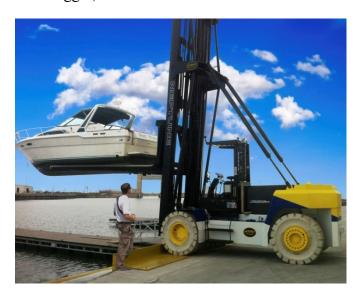


Figura 16. Fork Lift durante la movimentazione di un natante



Figura 17. Schematizzazione di rimessaggio "alla francese"

Il rimessaggio alla francese si presta molto bene per le imbarcazioni di modeste dimensioni, poiché più le dimensioni del natante aumentano e più diventa onerosa sia la struttura di rimessaggio (carichi decisamente notevoli) che il Fork Lift (esistono limitazioni riguardo lo sbraccio in altezza del mezzo e la lunghezza delle pale).

1.2.5. Carrelli per movimentazione (Boatmover)

Dopo un alaggio, o prima di un varo, per la movimentazione dei natanti sul piazzale vengono usati carrelli, motorizzati o rimorchiati, denominati Boatmover, anch'essi di dimensioni variabili in base al tonnellaggio da movimentare. Sul vano centrale del carrello sono montati dispositivi di taccatura, ovvero strumenti metallici che servono per il posizionamento del natante in quello che viene chiamato "invaso".

Per non impegnare il piazzale con manovre lunghe e complesse è conveniente destinare un'area vicina alla vasca di sollevamento per poter "taccare" le imbarcazioni più grandi, raggiungibile con il solo utilizzo del travel. Qualora non fosse possibile alloggiare il natante vicino alla vasca (per assenza o impossibilità di avere l'area sopracitata, oppure perché già occupata), oppure quando il cantiere non è dotato di Travel lift ma solo di gru fisse, e nel caso il natante alato sia di dimensioni non eccessive, si può ricorrere alla loro movimentazione sul piazzale mediante Boatmover, di cui abbiamo esempio in figura.



Figura 18. Rimorchio per movimentazione barche di piccole dimensioni



Figura 19. Carrello motorizzato per movimentazione barche con tre coppie di ruote sterzanti



Figura 20. Carrello motorizzato per movimentazione barche di grandi dimensioni

1.3. Altre attrezzature

Altre attrezzature di corredo ai servizi offerti dal cantiere sono le seguenti:

- Piattaforme elevabili per lavori in quota,
- Strumentazione per le officine,
- Strumentazioni per pulizia o riparazioni di bordo,
- Apparecchi di lavoro per attività sul piazzale (idranti e pistole in pressione),
- Sistemi di aspirazione degli scarti di lavorazione (solidi, liquidi o gassosi),
- Mezzi marittimi di supporto (Gommoni, Pilotine)
- Tunnel verniciatura alberi,
- Carrelli per movimentazione natanti (motorizzati e non),
- Dispositivi di taccatura.

1.3.1. Dispositivi per taccatura

La taccatura consiste nel posizionamento dell'imbarcazione nell'invaso, ovvero in una struttura di sostegno, di materiale variabile, che ne garantisce la stabilità a terra in condizioni di sicurezza. Prende il nome dalla "taccata", ovvero un pezzo di legno a forma di cuneo semplice usato per incastrare (spessorare) un palo che sorregge la nave quando è a terra.

Esistono molte metodologie di taccatura, variabili in funzione del tipo, delle dimensioni e del peso della barca, dell'intensità degli agenti atmosferici a cui è sottoposta, dell'attrezzatura a disposizione in cantiere e della filosofia aziendale di chi la esegue. Questo elenco di voci apre un capitolo troppo esteso per poter essere trattato nella sua interezza, perciò ci soffermiamo solo ad elencare quelle che sono le tipologie di taccatura più ricorrenti. Sono riportate delle immagini a titolo di esempio.



Figura 21. Dispositivo di taccatura metallico



Figura 22. Taccatura di una barca a vela



Figura 23. Taccatura mista in legno e dispositivo metallico

La taccatura con dispositivi metallici è sempre da preferirsi, poiché tali strutture presentano organi meccanici di calibratura e adattabilità che i loro simili in legno non possono avere.

1.4. Mobilità interna

La mobilità (accessibilità, manovrabilità, ecc.) all'interno di un luogo di lavoro è una chiave di volta del corretto svolgimento dell'attività lavorativa. Nei cantieri, portuali e non, la mobilità interna spesso incontra interferenze con le varie lavorazioni in corso, perciò risulta necessario, ove possibile, distanziare bene zone di manovra e di lavoro, e ove non possibile segnalare il pericolo ed assumere adeguate misure di sicurezza in merito.

Rapportando la questione al nostro caso innanzitutto è importante sottolineare che un cantiere navale ha due tipi di mobilità interna: una a terra ed una a mare. Le potenziali interferenze sono maggiori rispetto ad altre realtà cantieristiche. Di seguito analizziamo distintamente i due casi.

Aree a mare

Problematica	Soluzione tecnica
Accesso all'area di cantiere da mare	Ridurre la distanza tra l'imboccatura del porto e l'area di cantiere, riducendo così il percorso che il natante deve fare in condizioni di ricovero di emergenza. Se questo non fosse possibile cercare comunque di privilegiare percorsi lineari all'interno del bacino portuale, evitando vie tortuose.
Accesso barca in condizioni di emergenza	Predisporre il Travel Lift pronto all'uso nella zona della vasca di sollevamento con le fasce calate sul fondo della vasca.

Aree a terra

Problematica	Soluzione tecnica
Accesso all'area di cantiere da terra	Ridurre la distanza dall'ingresso a terra del porto e il cantiere, favorendo un percorso lineare e meno tortuoso possibile, in modo da facilitare l'ingresso di veicoli con rimorchio e barca al seguito.
Alaggio/Varo	Garantire una fascia di lavoro sgombra da qualsiasi ostacolo nei pressi della vasca di sollevamento o dello scivolo.
Mobilità nel piazzale	E' preferibile destinare il piazzale alla mobilità di gru e montacarichi e alle lavorazioni di manutenzione, portando fuori dal porto l'area di rimessaggio e di costruzione, ed allontanando soprattutto uffici, settore commerciale e ricezione clienti.
Presenza di transito pubblico	Evitare la compresenza di traffico veicolare (o pedonale) e movimentazione barche sul piazzale, distinguendo adeguatamente le due categorie ed evitando che vi siano intersezioni. Qualora non sia possibile evitarlo, segnalare e regolare in sicurezza l'eventuale interferenza.

Aree non carrabili	Qualora siano presenti zone non carrabili (serbatoi o cassoni interrati, vasche di depurazione, vasche di disoleatura, ecc.) transennare le zone al traffico in modo da non procurare cedimenti al piano carrabile e di conseguenza danni alle opere sottostanti.
Manovrabilità delle grosse imbarcazioni	Nel caso di alaggio di imbarcazioni di grande mole o dimensioni è preferibile realizzare uno spazio di lavorazione vicino alla vasca di alaggio, in modo da non dover ingombrare il piazzale con manovre lunghe e complesse.

Tabella 3. Analisi problematiche di mobilità all'interno del cantiere

1.5. Impiantistica e servizi

L'impiantistica di cantiere presenta qualche aggiunta rispetto a quella del Marina di cui fa parte. Alcuni impianti sono comuni a tutto l'approdo, gestiti dal Marina, e il cantiere risulta allacciato ad essi come tutte le altre strutture presenti in loco, mentre altri impianti sono presenti esclusivamente in cantiere perché strettamente connessi alle attività che vi hanno sede (pensiamo ad esempio al trattamento delle acque meteoriche e di lavorazione).

Di seguito sono elencati i vari impianti relativi al caso del porto di Punta Ala, a titolo d'esempio, distinti in tre categorie:

- a) Impianto per la fornitura di acqua potabile ed industriale
- b) Impianto elettrico
- c) Impianto gas
- d) Impianto antincendio
- e) Impianto fognario
- f) Drenaggio ed impianto di trattamento acque meteoriche contaminate (AMDC)
- g) Drenaggio acque meteoriche non contaminate (AMDNC)
- h) Stoccaggio rifiuti solidi generici e speciali (zinchi, batterie, motori...)
- i) Stoccaggio rifiuti liquidi generici e speciali (oli, vernici...)

Impianti Marina/cantiere in comune	Impianti Marina/cantiere non a comune	Impianti solo cantiere
Acquedotto Elettrico Gas Fognario	Antincendio Drenaggio AMDNC Stoccaggio rifiuti solidi e liquidi	Drenaggio e trattamento AMDC

Tabella 4. Suddivisione impiantistica del Marina e del cantiere navale

1.5.1. Impianto antincendio

Secondo le disposizioni di legge ogni impresa ha l'obbligo di redigere un piano antincendio, che permetta ai dipendenti di gestire eventuali emergenze senza l'intervento dei Vigili del Fuoco, o comunque sia contenere e mitigare l'evento prima dell'intervento dei Vigili.

Le disposizioni di legge in materia sono riportate nel D.Lgs 81/08, come modificato dal D.Lgs 106/09, nel Decreto interministeriale 10.03.98 e nel D.P.R. 12/01/98.

1.5.2. Drenaggio delle acque

Il trattamento delle acque costituisce una questione ambientale di enorme importanza all'interno dell'area di cantiere, siano essere meteoriche o artificiali (intendendo le acque in pressione usate per i carenaggi, o quelle per il lavaggio delle barche), anche definibili come acque di lavorazione.

Le modalità di trattamento e scarico sono disciplinate dal D.Lgs 03/04/2006, n.152 (norme in materia ambientale – parte terza) a livello nazionale, dalla L.R. n.20 del 31/05/2006 (norme per la tutela delle acque dall'inquinamento) e dal decreto del presidente della giunta regionale n.46/R del 08/09/2008 (regolamento di attuazione della legge regionale precedente) a livello regionale (parliamo di Toscana riferendoci al caso di Punta Ala).

Gli scarichi devono essere preliminarmente autorizzati mediante una richiesta che riporta caratteristiche dello scarico, tipologia di recettore, individuazione punto di prelievo, apparecchiature utilizzate per la misurazione del flusso e specifica degli impianti/sistemi di depurazione utilizzati per conseguire il rispetto dei valori limite di emissione. A seconda della natura e del recapito degli scarichi vi è un diverso ente competente in materia (Titolo II del Regolamento di attuazione regionale, Artt. 5-12).

Recapito	Acque	Competenze	Note
Non in pubblica fognatura	Reflue urbane e industriali	Provincia	Art.8
In pubblica fognatura	Reflue urbane e industriali	AATO 6 Ombrone (Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale)	Art.11

Tabella 5. Competenze in materia di scarichi secondo la normativa regionale toscana per il caso Punta Ala

La legge regionale 20/2006 definisce le categorie nelle quali distinguere le acque meteoriche, riassumibile in questo elenco per le definizioni e nel diagramma al albero di fig.1 per la gerarchia.

- <u>Acque meteoriche</u> (AM): la totalità della precipitazione atmosferica sulla zona di cantiere (aree a mare + aree a terra), (*)
- <u>Acque a mare</u>: la parte della precipitazione che va direttamente in acqua senza transitare per superfici connesse all'attività in esame, (*)

- <u>Acque meteoriche dilavanti</u> (AMD): definizione riportata nell'articolo 2, lettera d), della legge regionale 20/2006, assimilate alle acque derivanti da precipitazioni atmosferiche che transitano per superfici connesse all'attività in esame,
- <u>Acque meteoriche dilavanti contaminate</u> (AMDC): definite dalla normativa come acque di dilavamento che trascinano nel loro deflusso superficiale sostanze pericolose o comunque in grado di determinare effettivi pregiudizi ambientali,
- <u>Acque di prima pioggia</u> (AMPP): definizione riportata all'articolo 2, lettera g), della legge regionale 20/2006, che le definisce come le acque corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di cinque millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio (ai fini del calcolo delle portate si suppone che tale quantità d'acqua possa essere raggiunta in un tempo pari a 15 minuti).
- Acque reflue industriali: l'Art.74 del D.Lgs 152/2006 definisce come acque reflue industriali tutte le acque provenienti da edifici od installazioni in cui si volgono attività commerciali o di produzione di beni, differenti qualitativamente dalle acque reflue domestiche e da quelle meteoriche di dilavamento, intendendosi per tali anche quelle venute a contatto con sostanze o materiali, anche inquinanti, non connessi con le attività esercitate nello stabilimento,
- Acque meteoriche dilavanti non contaminate (AMDNC): l'art. 9 della legge regionale 20/2006 definisce tali acque e ne disciplina il loro scarico; in questa categoria possono essere incluse anche le acque di prima pioggia che rispettano i requisiti dettati dall'art.8 comma 8 della stessa norma (acque di prima pioggia che non vengono a contatto con sostanze pericolose).
- <u>Acque meteoriche di seconda pioggia</u> (AMSP): acque declassate in termini di pericolosità dalle AMPP, che cadendo per prime nel piazzale puliscono lo stesso da tutte le sostanze pericolose; sono comprese nelle AMDNC.
- (*) la L.R. 20/2006 non riporta queste categorie, adottate per completezza solo in questo testo.

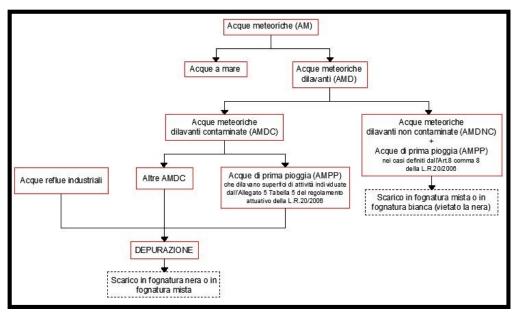


Figura 24. Categorie di acque meteoriche definite dalla normativa regionale

Tutte le acque che rientrano nella AMDC devono essere sottoposte ad idoneo trattamento di depurazione prima dell'immissione nel corpo recettore finale, e possono essere scaricate sia nella fognatura mista che in quella nera, in caso di condotte separate.

Le AMDNC sono invece esentate dalla depurazione, e scaricabili nella fognatura mista o in quella bianca, in caso di condotte separate. E' invece vietato lo scarico nella fognatura nera, nel caso di condotte separate.

Il monitoraggio degli scarichi e il controllo del rispetto dei vincoli normativi è affidato all'ente ARPAT, Agenzia Regionale Protezione dell'Ambiente e del Territorio (sul territorio regionale toscano).

L'Articolo 40 e i commi 5 e 6 dell'Art.39 fanno chiaro riferimento alle AMD derivanti dagli impianti di lavorazione degli inerti e dai cantieri (il secondo è il nostro caso), disponendo che i titolari di suddette attività presentino un Piano di gestione delle acque meteoriche alla Provincia, la quale prescrive le modalità di gestione delle AMD ritenute necessarie alla tutela del corpo recettore.

1.5.3. Rifiuti solidi e liquidi

Durante le attività lavorative il cantiere viene a contatto con rifiuti di tipo solido e liquido, che dovrà provvedere a stoccare e successivamente smaltire secondo le vigenti disposizioni di legge.

Il D.Lgs 152/2006, Parte Quarta, infatti definisce la gestione dei rifiuti come l'insieme delle seguenti attività: raccolta, trasporto, recupero e smaltimento rifiuti, compreso il controllo di queste operazioni, individuando nel cantiere navale o il ruolo di produttore (fusti contenenti scarti di vernici od oli usati per attività lavorative) o quello di detentore del rifiuto (ritiro delle acque nere dell'imbarcazione).

Il D.Lgs 4/2008 dispone a carico delle imprese deputate allo smaltimento due importanti documenti: il MUD (Modello Unico di Dichiarazione) per la dichiarazione annuale dei rifiuti alle camere di commercio, industria, artigianato e agricoltura territorialmente competenti, e il registro di carico e scarico (disciplinato dal D.Lgs 152/2006) su cui sono riportate le caratteristiche qualitative e quantitative dei rifiuti prodotti. Inoltre il D.Lgs 152/2006 dispone anche che ogni carico di rifiuti da smaltire sia accompagnato da un formulario di identificazione sul quale devono essere riportati il produttore, il detentore, il destinatario, l'origine, la tipologia e la quantità di rifiuto, la data e il percorso dell'istradamento.

Di seguito elenchiamo le principali voci di rifiuto presenti in cantiere.

Rifiuti solidi	Rifiuti liquidi
 Rifiuti differenziabili in carta, plastica, alluminio, vetro, acciaio, legno, ecc. Scarti solidi delle imbarcazioni (da camera e da cucina, vegetali o animali, o comunque ad alto tasso di umidità) 	 Acque nere prodotte dalle imbarcazioni Acque di sentina e oleose Oli usati

- Rifiuti speciali associati al carico (paglioli, puntellamenti, pallet, rivestimenti, ecc.) non legati alla nave ma solo ad operazioni di carico/scarico di attrezzature
- Batterie in piombo esauste
- Zinchi
- Filtri

Tabella 6. Elenco dei rifiuti solidi e liquidi prodotti nel cantiere

Batterie in piombo esauste

Nel cantiere deve essere previsto un punto di raccolta e stoccaggio delle batterie al piombo esauste, dei rifiuti piombosi e degli zinchi rimossi, con successiva consegna del rifiuto a ditte specializzate di smaltimento. Qualora lo stato del rifiuto non fosse deprecabile non è esclusa la possibilità del riciclaggio.

Acque nere prodotte dalle imbarcazioni

Le acque nere prodotte da wc di tipo chimico con serbatoio asportabile necessitano di un punto di svuotamento e pulitura a terra, da ubicare in corrispondenza dei servizi igienici, mentre quelle con serbatoio fisso necessitano di svuotamento mediante sistema a depressione. Entrambi i reflui devono essere comunque condotti in fognatura nera. Il numero di impianti a depressione previsti deve essere indicativamente uno ogni 400 posti barca con un minimo di un impianto.

Acque di sentina e oleose

Per la raccolta delle acque di sentina e di quelle oleose deve essere previsto un impianto a depressione corredato da disoleatore, che permetta di far rientrare la concentrazione di idrocarburi nei limiti tollerati dal consorzio o ente responsabile del depuratore fognario.

Oli usati

E' raccomandata l'adozione di almeno un impianto portatile per la raccolta degli oli esausti direttamente dal motore dell'imbarcazione e l'individuazione di un punto di stoccaggio di tali oli all'interno di apposito fusti.

N.B.: Le disposizioni sulle modalità di stoccaggio dei rifiuti sono riportate nel PIT della Regione Toscana

1.6. Lavorazioni di manutenzione

Le attività cantieristiche che rientrano nelle voci di manutenzione sono moltissime, classificabili in base ai tempi, alla difficoltà e alla specializzazione della manodopera chiamata ad intervenire sul natante ricoverato. Non è tuttavia scontato che tutti i cantieri abbiamo spazi, professionalità o richieste tali da permettere lo svolgimento di tutti i possibili servizi. Da notare infatti che per alcune lavorazioni il cantiere attinge da

maestranze esterne quelle risorse necessarie al completamento dell'organico dei vari settori lavorativi.

Il porto turistico e il cantiere vivono tre diversi periodi durante l'anno nautico: il periodo Ottobre - metà Aprile (grandi lavorazioni), il periodo metà Aprile - metà Luglio (rotazione) ed il periodo metà Luglio - Settembre (lavorazioni straordinarie). In questi tre lassi di tempo i traffici all'interno del Marina e del cantiere si diversificano.

Periodo	Marina	Cantiere
Ott-Apr (invernale)	Barche in stazionamento permanente, con picco di uscite ed ingressi concentrato esclusivamente nei week end, soprattutto ad opera di barche a vela (più regatanti che croceristi). I proprietari di barche a vela preferiscono tenere le loro barche a terra per periodi massimi di 20 gg, mentre quelli di barche a motori fanno invernaggi lunghi anche alcuni mesi.	Nel mese di Ottobre parte il periodo in cui vengono richiesti preventivi per medie e grandi lavorazioni e/o richieste di manutenzione e servizio standard dell'imbarcazione a terra. Le lavorazioni più impegnative partono nel mese di Novembre, concludendosi nel mese di Marzo.
Apr-Lug (rotazione)		Lavorazioni più corte e semplici consistenti in manutenzioni ordinarie, riparazioni e visite R.I.N.A. Poche manutenzioni straordinarie, legate per lo più ai ritardatari del periodo invernale. Permanenza a terra dei natanti molto breve.
Lug-Set (estivo)	Barche per lo più in transito, di qualsiasi tipologia.	Periodo di alta concentrazione nautica per il quale le lavorazioni non sono programmabili, in quanto consistenti in molteplici richieste dovute ad avarie di vario genere, e alta concentrazione di vari ed alaggi per piccoli cabotaggi proveniente per lo più dall'estero.

Tabella 7. Suddivisione delle lavorazioni cantieristiche nei vari periodi dell'anno

Volendo organizzare le attività cantieristiche fra ordinaria e straordinaria manutenzione non lo si può fare partendo dalle brochure dei vari cantieri, ma solo osservando le abitudini dei clienti degli approdi turistici. Pertanto ogni lavorazione può essere eseguita in tutti i periodi dell'anno.

Ordinaria manutenzione

- Riparazione vele
- Tagliando motori (revisioni motoristiche)
- Lavaggio di bordo
- Revisione attrezzatura di bordo (autogonfiabili, estintori)
- Alaggio/Varo (meno praticati, dato che la maggior parte degli interventi posso essere fatti con barca a mare)

Straordinaria manutenzione

- Carenaggi
- Refitting
- Messa a dima dei bulbi
- Applicazione antivegetativa
- Pitturazioni
- Trattamenti antiosmosi e anticorrosivi
- Sabbiatura
- Resinatura
- Revisioni
- Lavori di falegnameria (teak, ebanisteria)
- Motoristica
- Alaggio/Varo

Le lavorazioni di falegnameria (teak, ebanisteria, arredamenti interni in legno), di acciaio inox e leghe leggere, in vetroresina, di impiantistica idraulica, elettrica, elettronica, meccanica, condizionamento, e di tappezzeria possono collocarsi nell'una o nell'altra categoria in funzione dell'entità dell'intervento da eseguire, poiché non deve richiedere necessariamente il sollevamento della barca a terra.

La definizione dei tempi necessari per portare a termine ogni servizio sono fondamentali al fine di stimare quanta superficie, e per quanto tempo, occuperà la barca ricoverata. In funzione di questo dato, conoscendo il numero di barche potenzialmente da servire (risultato di un'analisi di commercio preliminare), definendo il numero massimo di movimentazioni giornaliere (alaggio, servizio, varo), si va a calcolare la superficie effettiva necessaria per la nostra area cantiere.

Questo argomento sarà ripreso ed approfondito in dettaglio dal Cap.4 in poi.

2. PORTO DI PUNTA ALA

2.1. Inquadramento geografico

Il porto di Punta Ala è un Marina turistico interessato esclusivamente da traffico diportistico, che sorge alle pendici dell'omonimo promontorio, tra la città di Castiglione della Pescaia e il Puntone di Scarlino, a 25 miglia nautiche dall'Isola d'Elba, 100 dalla Corsica e 200 dalla Sardegna.



Figura 25. Inquadramento geografico del paraggio (Fonte: AM3)

La presenza della vicina Elba costituisce per Punta Ala anche uno schermo naturale dai venti di non poco conto, come si evince dal seguente schema dei fetch geografici.

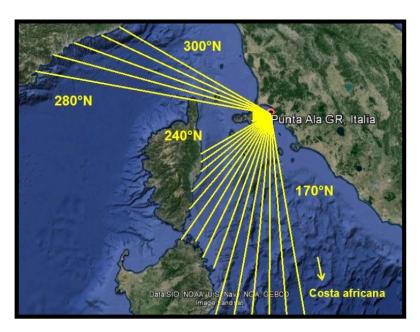


Figura 26. Fetch geografici del paraggio (Fonte: AM3)

Il porto è esposto a venti di Tramontana, Grecale, Maestrale, Scirocco e Ponente, anche se quelli che costituiscono il settore di traversia principale sono quelli di Tramontana (direzione Nord) e Grecale (direzione Nord-Est). Quest'ultimo è da considerarsi il più ostico per il paraggio, dato che l'orientazione del porto è Sud-Nord, con imbocco proprio verso Nord, da dove il Grecale trova un corridoio di libera entrata al bacino portuale. Nonostante questa eventualità il ridosso (grado di protezione del bacino portuale dai venti) è da considerarsi ottimo.

2.2. Area portuale attuale

Il porto è realizzato con una tipologia "a bacino", protetto da una diga foranea che si estende con orientamento Sud-Nord. Al suo interno il porto è suddiviso in tre bacini, con profondità variabile dai 2 ai 4,5 metri e fondale costituito da sabbia e fango. Con i suoi 13 pontili e i 1.200 metri di estensione di banchine offre 885 posti di ormeggio, di cui 70 destinati al transito, per imbarcazioni con lunghezza massima 28 metri e pescaggio massimo di 4,5 metri. Gli ormeggi sono realizzati con corpi morti, senza gavitello, e bitte in banchina.



Figura 27. Schema portuale messo a disposizione dal sito del Marina ai diportisti

Facendo riferimento alla figura 3 troviamo nella parte Sud del porto lo Yacht Club e la spiaggetta (classificata come spazio tecnico del Marina), adibita a stabilimento balneare nel periodo estivo; nella parte centrale la zona commerciale e residenziale, nonché l'ingresso al porto stesso; nella zona Nord gli uffici della direzione, il cantiere navale, la torre di controllo e la zona di bunkeraggio, adibita a distributore carburanti, prelevamento acque nere e acque di sentina.

2.3. Area cantiere attuale



Figura 28. Vista aerea del cantiere di Punta Ala

L'area di cantiere all'interno di un porto si presenta come una struttura economicamente strategica, poiché il servizio che presta ai diportisti garantisce una maggior appetibilità dell'approdo, e di conseguenza un traffico marittimo maggiore (ricordiamo essere esclusivamente turistico per la Marina di Punta Ala). Nonostante i vantaggi che può portare una simile attività non è del tutto scontato poter trovare aree di cantiere in tutti i porti, o comunque sia poterli trovare con lo stesso livello di professionalità o attrezzatura. Normalmente la realizzazione di un cantiere segue le esigenze del paraggio servito e la tipologia di natante tipo che utilizza l'approdo ove è situato il cantiere. Nonostante la crisi dell'ultimo decennio il porto di Punta Ala è sempre stato luogo di intenso traffico turistico indirizzato al transito nel periodo estivo e allo stazionamento e al rimessaggio nel periodo invernale, permettendo così il funzionamento con regolarità anche dell'attività di cantiere.

L'area cantieristica di Punta Ala si trova vicino all'imboccatura del porto, zona molo Nord, attualmente gestita in subconcessione da una società esterna, con una estensione di 5500 m², di cui 2000 m² occupati da infrastrutture e disimpegni (dati ricavati da un Business Plan relativo al cantiere redatto nel 2005). Per disimpegni si intendono tutte aree riservate alla mobilità e al parcheggio di Travel, Boatmover e mezzi vari, nonché le aree riservate alle vie di fuga in caso di emergenza e i parcheggi.

L'attuale organizzazione dell'area è sintetizzata nella figura seguente.

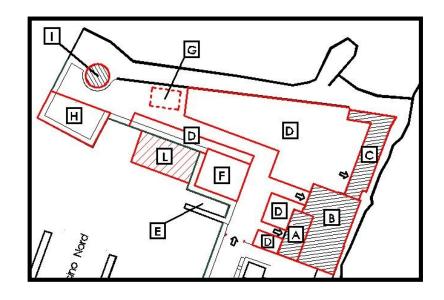


Figura 29. organizzazione degli spazi area di cantiere attuale

Area A: uffici, amministrazione cantiere e magazzino,

Area B: capannone per lavorazioni al chiuso e rimessaggio invernale,

Area C: falegnameria e carpenteria,

Area D: piazzale di rimessaggio e di lavorazioni a lunga durata,

Area E: vasca di sollevamento (alaggio, varo),

Area F: piazzale di rimessaggio e di lavorazioni a breve durata,

Area G: serbatoi interrati di stoccaggio carburanti,

Area H: bunkeraggio,

Area I: torre di controllo,

Area L: posti barca per lavorazioni a mare.

N.B.: il bunkeraggio, lo stoccaggio carburanti e la torre di controllo sono esterni all'area cantiere e sono gestite dalla Marina di Punta Ala.

2.3.1. Dotazioni del cantiere

Il cantiere attuale ha una sola vasca di sollevamento di dimensioni 20x6.40 m e pescaggio pari a 4.5 m, operativa mediante un travel lift che può sollevare fino a 75 tonnellate. L'imbarcazione media che viene alata ha lunghezza scafo pari a 12 m, mentre l'imbarcazione più grande che può essere alata ha lunghezza pari a circa 22 m, con pesi prossimi alla massima portata del travel. Non sono invece presenti scivoli di sollevamento, pertanto le manovre di alaggio e varo possono essere eseguite soltanto mediante travel. Nella fascia laterale destra della vasca (ipotizzando di guardare la vasca da una barca che entra di prua) è presente una piccola gru a bandiera di piccola taglia.

L'area coperta che si trova vicino all'ingresso del porto ospita uffici, magazzino, area per lavorazioni al chiuso e officine (falegnameria, carpenteria, ecc.). L'altezza utile dell'ingresso del capannone è inferiore all'altezza libera del travel, quindi le imbarcazioni possono essere portate all'interno solo mediante boatmover, il quale può movimentare fino a 30 tonnellate.

Oltre al travel e al boatmover il cantiere è dotato anche si una gru gommata che può sollevare fino a 14 t, usata principalmente per innalzare piattaforme per lavori in quota, sbarcare/imbarcare motori e disalberare le imbarcazioni.

L'area di piazzale, cuore del cantiere, è utilizzata sia per le lavorazioni che per la custodia a terra. La maggior parte delle barche a terra si ha nel periodo invernale, ma anche nel periodo primaverile ed estivo ci sono alcune imbarcazioni che vengono lasciate in una delle fasce laterali del piazzale, per lo più in vendita. L'area delle brevi lavorazioni è a ridosso della vasca di sollevamento, mentre le lavorazioni a medio e lungo termine vengono eseguite in vari punti del cantiere, dove le barche vengono taccate sia con invasi metallici che con elementi in legno (panchetti, cunei, ecc.). Nel periodo invernale anche il capannone si presta al rimessaggio, anche se il numero di barche ospitabili è ridotto a 3 barche di lunghezza media 12 m.

Per quanto riguarda l'impiantistica l'intera area è servita da impianti elettrico, fognario, di acqua industriale e potabile a comune con il Marina, e di impianti antincendio, raccolta delle acque superficiali e trattamento acque reflue industriali separati dal Marina. Vicino alle aree coperte sono previsti appositi spazi per la raccolta dei rifiuti sia liquidi che solidi, ad esclusione di vasche di stoccaggio di acque nere e di sentina, il cui prelievo è affidato al Marina mediante appositi macchinari situati vicino alla torre di controllo.

2.3.2. Impianto di depurazione acque industriali e di prima pioggia

L'impianto di trattamento sito nel cantiere di Punta Ala, insieme alla vasca di accumulo e sedimentazione, è dimensionato per contenere le acque di prima pioggia, ricadenti sulla parte di piazzale interessata da lavaggio carene e in generale dal deposito di polveri, residui solidi ed acqua. Tale superficie è quantificata in 2000 m².

L'impianto è in grado di accumulare le acque di prima pioggia, decantare le polveri e le sabbie in esse contenute e separare i residui d'olio tramite un disoleatore dotato di un filtro a coalescenza e otturatore a galleggiante.

Per il ciclo delle acque è previsto di raccogliere l'acqua del piazzale mediante un pozzetto grigliato dotato di stramazzo. Le acque dovute alla prima pioggia sono accumulate nella vasca volano (capacità pari a 10 m³) mentre quelle successive, non soggette a trattamento, verranno smaltite nel recapito finale.

All'ingresso della vasca una particolare valvola ha il compito di chiudere l'ingresso una volta raggiunto lo stoccaggio delle acque di prima pioggia. Le acque di seconda pioggia saranno avviate, mediante by pass, direttamente allo scarico in mare. La stessa sezione di accumulo, visto i tempi prolungati di stazionamento del refluo, svolge anche la funzione di dissabbiatore, separando dall'acqua le sostanze inerti sedimentabili, che saranno raccolte sul fondo della vasca. Alla stessa sezione di accumulo saranno addotte anche le acque di lavaggio delle carene delle imbarcazioni. Tali acque sono, dal punto di vista quantitativo, non rilevanti rispetto alle acque di prima pioggia ma contengono

inquinanti relativi a prodotti antivegetativi e residui di vernici e olii minerali dovuti a perdite accidentali dalle barche nel piazzale durante le operazioni di manutenzione.

La presenza del particolare filtro a "COALESCENZA" all'interno dell'impianto di trattamento permette l'agglomeramento delle più piccole gocce d'olio in altre di dimensioni maggiori. Il filtro è in grado di separare dalla massa liquida un maggior quantitativo di olio raggiungendo rendimenti del 97%.

A valle del trattamento è presente una pompa che invierà le acque all'impianto di adduzione in pubblica fognatura.

Di seguito lo schema planimetrico sia in pianta sia in sezione.

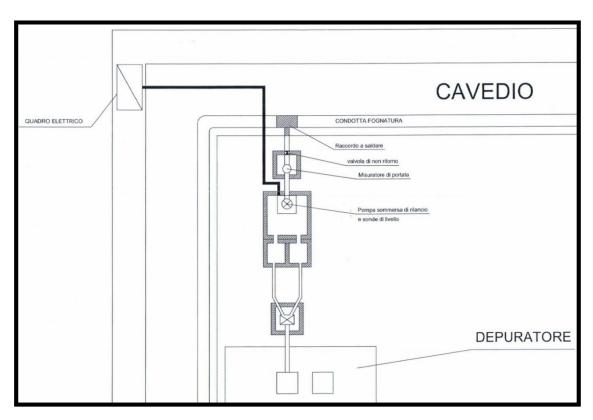


Figura 30. Schema planimetrico dell'impianto

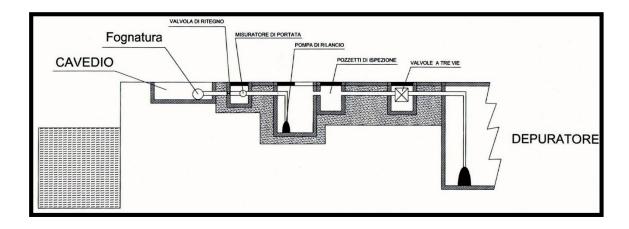


Figura 31. Sezione longitudinale dell'impianto

3. CANTIERI PORTUALI TOSCANI

Al fine di concepire un progetto per l'ampliamento del cantiere di Punta Ala, si è ritenuto opportuno fare un'indagine tecnica e commerciale che tenesse di conto delle condizioni strutturali e tecnologiche in cui versano le aree cantiere degli approdi turistici toscani, di dimensioni e finalità compatibili con quelle di Punta Ala.

I porti esaminati in questo capitolo sono stati visitati fisicamente e sono stati valutati mediante l'aiuto di responsabili tecnici e capo-cantieri dell'approdo in questione. Di seguito i siti interessati:

- Cantiere del Marina di Salivoli (visita il 07/10/2015)
- Cantiere del Puntone di Scarlino (visitato il 13/10/2015)
- Cantiere del Marina di Cala de Medici (visita il 21/10/2015)
- Cantiere Porto Verde del Puntone (visitato il 28/10/2015)
- Area del nuovo cantiere del Marina di Cecina (visitato il 12/11/2015)
- Cantiere del Marina di San Vincenzo (visitato il 22/01/2016)
- Cantiere del Marina di Cala Galera (visitato il 18/02/2016)

Per ciascun cantiere esaminato è stata compilata una scheda contenente le stesse domande, discusse nei seguenti paragrafi.

3.1. Analisi comparata dei cantieri portuali

Al fine di ricavare delle buone informazioni dai dati raccolti si è deciso di confrontare tutti i porti visitati sui seguenti argomenti:

- Superficie totale del cantiere
- Superficie totale spazi coperti
- Accessibilità via mare al cantiere
- Accessibilità via terra al cantiere
- Interferenza fra mezzi di movimentazione del cantiere ed altre aree portuali
- Numero, dimensioni e pescaggio della vasche di sollevamento
- Numero degli scivoli di sollevamento
- Numero e portata massima dei travel lift
- Dotazioni varie di cantiere
- Impiantistica

Per ogni voce sopra elencata verrà di seguito proposta una tabella con annessa valutazione tecnica e confronto con lo stato attuale del cantiere di Punta Ala. In ciascuna tabella sono annoverati i cantieri che, secondo l'aspetto in esame, risultano essere congruenti al cantiere di Punta Ala.

<u>Superficie totale cantiere</u> (dati tabella: superficie cantiere, superficie dell'area portuale compreso specchio acqueo ed esclusa avandiga, rapporto area cantiere/area portuale in percentuale)

Salivoli	Scarlino	Cala de Medici	Porto Verde	Cecina	San Vincenzo	Cala Galera
2700 m^2	11000 m^2	6000 m^2	30000 m^2	11000 m^2	9000 m^2	40000 m^2
59000 m^2	94000 m	130000 m^2	/	/	65000 m^2	135000 m^2
4.5%	12%	4.5%	/	/	17%	29%

Tabella 8. Analisi superficie totale cantieri toscani

Con l'unica eccezione di Cala Galera tutti gli altri cantieri hanno un'area che varia dal 5% al 17% dell'area portuale. Possiamo quindi indicare con il 10% dell'area portuale totale l'area cantiere media lungo il litorale toscano.

Punta Ala
5500 m^2
155000 m^2
3.5 %

Tabella 9. Superficie totale cantiere Punta Ala

Spazi coperti (dati tabella: superficie aree coperte, rapporto aree coperte/area cantiere in percentuale)

Salivoli	Scarlino	Cala de Medici	Porto Verde	Cecina	San Vincenzo	Cala Galera
/	1300 m^2	440 m^2	/	1200 m^2	1300 m^2	10000 m^2
/	13%	7%	/	9%	14%	25%

Tabella 10. Analisi spazi coperti cantieri toscani

Con l'unica eccezione di Cala Galera, tutti gli altri cantieri hanno un'area coperta che varia dal 7% al 14% della totale disponibile, talune volte integrata con spazi coperti temporanei realizzati con strutture metalliche e coperture in plastica termorestringente. Possiamo quindi indicare con il 10% dell'area totale l'area coperta media lungo il litorale toscano.

Punta Ala	
1500 m^2	
27%	

Tabella 11. Spazi coperti cantiere Punta Ala

Accessibilità via mare al cantiere

Salivoli	Scarlino	Cala de Medici	Porto Verde	Cecina	San Vincenzo	Cala Galera
lontano ingresso del porto	vicino ingresso del porto	lontano ingresso del porto	vicino ingresso del porto	lontano ingresso del porto	lontano ingresso del porto	lontano ingresso del porto (*)

Tabella 12. Analisi accessibilità via mare cantieri toscani

Stante la vantaggiosità di avere un cantiere vicino all'imboccatura del porto (per questioni operative e di emergenza già citate) non sono state riscontrate particolari criticità o lamentele da parte di diportisti e gestori in quei porti dove l'area risulta lontana dall'imboccatura.

Nel caso in cui il cantiere si trovi vicino alla bocca del porto bisogna prestare attenzione ai fenomeni di insabbiamento, che possono portare alla riduzione di pescaggio della vasca di alaggio del cantiere, limitandone così l'operatività. Ovviamente tali fenomeni devono essere attenzionati anche nei punti interni al bacino portuale, non esenti da possibili criticità.

(*) Il cantiere di Cala Galera ha una postazione avanzata di alaggio presso l'imboccatura del porto, operativa mediante l'uso di gru gommata con bilancino.

Punta Ala
vicino ingresso del porto

Tabella 13. Analisi accessibilità via mare cantiere Punta Ala

Accessibilità via terra al cantiere

Salivoli	Scarlino	Cala de Medici	Porto Verde	Cecina	San Vincenzo	Cala Galera
vicino ingresso del porto	vicino ingresso del porto (*)	lontano ingresso del porto	ingresso privato	ingresso privato	ingresso privato	ingresso privato

Tabella 14. Analisi accessibilità via terra cantieri toscani

Dove è annotato "ingresso privato" non si deve accedere all'area portuale per andare in cantiere, poiché esso è distaccato o confinante il porto (in questo caso dunque l'accessibilità è ottima). In tutti gli altri casi il cantiere si trova entro l'area portuale, perciò la qualità in termini di accessibilità da terra si riduce man mano che i due ingressi si allontanano. Infatti più sono lontani e più aumenta il percorso che le imbarcazioni, trasportate con camion o altri mezzi, devono percorrere per arrivare in cantiere. In particolar modo il percorso diviene una potenziale criticità quando le dimensioni delle imbarcazioni iniziano ad essere notevoli. Nei casi sopracitati (ad esclusione di quelli con ingresso privato e del porto di Scarlino) le dimensioni delle barche che raggiungono

il cantiere sono tali da non avere eccessive problematiche per loro accesso (si parla di barche fino ai 25 m).

(*) il porto di Scarlino ha un ingresso all'interno del porto ed uno privato verso l'esterno. L'esistenza di due vie di entrata/uscita permette una circolazione a senso unico all'interno del cantiere, grazie alla quale le barche possono attraversare l'area senza bisogno di fare manovre per inversione della marcia.

Punta Ala lontano ingresso del porto

Tabella 15. Analisi accessibilità via terra cantiere Punta Ala

Interferenza fra mezzi di movimentazione del cantiere ed altre aree portuali

Salivoli	Scarlino	Cala de Medici	Porto Verde	Cecina	San Vincenzo	Cala Galera
interferenza fra diportisti e travel	nessuna	nessuna	interferenza fra diportisti e travel	nessuna	nessuna	interferenza fra diportisti e boatmover

Tabella 16. Analisi interferenza mezzi movimentazione/area portuale dei cantieri toscani

Nei cantieri di Salivoli, Porto Verde e Cala Galera i macchinari per movimentazione barche transitano in aree viabili che possono essere percorse da utenti esterni all'area cantiere. In alcuni casi vi sono segnalazioni acustiche e semafori che mettono in allarme eventuali utenze esterne dell'imminente movimentazione di travel o boatmover, misure ritenute necessarie qualora non sia possibile risolvere l'interferenza in altro modo.

Punta Ala
Interferenza fra mezzi
movimentazione cantiere, stazione
carburanti e torre di controllo

Tabella 17. Analisi interferenza mezzi movimentazione/area portuale cantiere Punta Ala

Vasche di sollevamento

Salivoli	Scarlino	Cala de Medici	Porto Verde	Cecina	San Vincenzo	Cala Galera
1 vasca 18x6.50 P: -2.5 m	1 vasca 20x8 P: -3.5 m	1 vasca 20x8 P: -4.0 m	1 vasca 15x6 P: -3.0 m	/	1 vasca 18x6.5 P: -3.5 m (*)	2 vasche V1: 35x10 V2: 20x6 P1: -3.8 m P2: -3.8 m

Tabella 18. Analisi vasche di sollevamento cantieri toscani

(*) San Vincenzo possiede anche un'altra vasca, coperta, dove è possibile eseguire lavorazioni con barca a mare (poiché la limitata altezza del capannone non permette l'alaggio al coperto).

Le vasche vengono realizzate in funzione delle caratteristiche e del numero delle imbarcazioni da alare. Lungo il litorale toscano le vasche sono molto simili, con dimensioni medie di 20x6.50 m.

Alcuni dei cantieri riportati in tabella hanno avuto o hanno tuttora problemi con l'insabbiamento delle vasche, aspetto ovviamente negativo per l'operatività degli stessi poiché impedisce l'alaggio di imbarcazioni con pescaggi importanti.

Tabella 19. Analisi vasche di sollevamento cantiere Punta Ala

Scivolo di sollevamento (permanente)

Salivoli	Scarlino	Cala de Medici	Porto Verde	Cecina	San Vincenzo	Cala Galera
-	scivolo pubblico	scivolo pubblico	scivolo pubblico	-	-	ı

Tabella 20. Analisi scivoli di sollevamento cantieri toscani

Si fa riferimento a tutti gli scivoli non temporanei. Sebbene non siano sempre di proprietà dei porti, gli scivoli di sollevamento sono situati vicino alle aree portuali, e costituiscono un punto di alaggio per tutte le barche di piccole dimensioni.

Punta Ala	
-	

Tabella 21. Analisi scivoli di sollevamento cantiere Punta Ala

Travel lift

Salivoli	Scarlino	Cala de Medici	Porto Verde	Cecina	San Vincenzo	Cala Galera
1 travel 75 t	1 travel 100 t	1 travel 75 t	1 travel 70 t	/	1 travel 75 t	3 travel 40 t 80 t 320 t

Tabella 22. Analisi travel lift cantieri toscani

I travel lift impiegati nei vari cantieri sono legati alle caratteristiche ed al numero delle imbarcazioni servite presso gli approdi. La presenza lungo il litorale di travel con portanze dalle 70 alle 80 t ci fa capire come la nautica lungo il litorale toscano sia molto simile, ad eccezione di Cala Galera che differentemente dagli altri si occupa di barche fino ai 40 m.

Punta Ala
1 travel da 75 t

Tabella 23. Analisi travel lift cantiere Punta Ala

Dotazioni varie di cantiere

Le dotazioni di ciascun cantiere sono tra le più varie, per questo è difficile fare una classificazione delle stesse in modo da metterle a confronto con ciascuna realtà.

Ci limiteremo a dire che le più ricorrenti sono le seguenti:

- Piattaforme lavori in quota,
- Boatmover per movimentazione barche (in funzione delle barche da movimentare),
- Officine meccaniche e falegnameria,
- Dispositivi di taccatura metallica,
- Gru gommata per alaggio/varo dei fuori bordo, disarmo/riarmo alberi ed elevazione di piattaforme in quota.

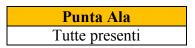


Tabella 24. Dotazioni cantiere Punta Ala

Impiantistica

Per quanto riguarda gli impianti è stata posta maggiore attenzione alla presenza di impianti di trattamento delle acque reflue industriali, composte da quelle di lavorazione più quelle di prima pioggia. In tutti i cantieri visitati sono stati trovati i suddetti impianti, con l'unica differenza relativa alla veicolazione delle acque. Distinguiamo infatti due casistiche:

- Acque sottoposte a depurazione parziale in cantiere, e poi veicolate in fogna per essere portate a depurazione finale,
- Acque riutilizzate per il lavaggio carene (in questo secondo caso la depurazione risulta totale all'interno dell'impianto, perciò le vasche saranno più grandi rispetto a quelle che fanno depurazione parziale).

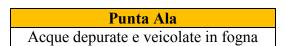


Tabella 25. impiantistica cantiere Punta Ala

3.2. Elenco delle migliori dotazioni portuali

Dall'analisi appena eseguita lungo il litorale toscano possiamo dedurre un elenco di dotazioni ed accorgimenti strutturali che considereremo indici di affidabilità, e sui quali porre una riflessione alla luce di quello che sarà l'ampliamento del porto e dell'area cantiere di Punta Ala.

- 1) Area cantiere mediamente pari al 10% dell'area portuale (compreso specchio acqueo, esclusa avandiga), non inferiore al 4.5%,
- 2) Aree coperte pari al 10% dell'area cantiere,

- 3) Controllo dello stato di insabbiamento della bocca e del bacino interno del porto, in modo da posizionare adeguatamente la vasca di alaggio. Da preferirsi la zona vicino all'imboccatura del porto,
- 4) Ingresso possibilmente privato al cantiere. Nel caso l'ingresso sia interno al porto, fare si che il percorso ingresso porto/ingresso cantiere sia privo di ostacoli che impediscano il passaggio di mezzi di trasporto imbarcazioni. All'interno del cantiere preferire una circolazione a senso unico invertibile all'occorrenza,
- 5) Evitare interferenze fra aree di viabilità portuale e movimentazione imbarcazioni. Qualora non sia possibile evidenziare tali criticità con segnaletica orizzontale, verticale o acustica,
- 6) Realizzazione di vasche di sollevamento in dimensioni e in quantità consone alle imbarcazioni potenzialmente ospitabili in porto. Prestare attenzione ai possibili fenomeni di insabbiamenti che potrebbero limitare l'operatività della vasca. Dimensioni medie per il litorale toscano: 20x6.50 m,
- 7) Possibilità di realizzare uno scivolo di sollevamento permanente nell'area cantiere (o comunque nelle vicinanze del porto),
- 8) Scelta del numero e del tipo di travel lift in funzione delle dimensioni delle vasche di sollevamento e del peso della massima imbarcazione da alare. Portanza media per il litorale toscano: 75 t,
- 9) Avere a disposizione le dotazioni di cantiere elencate nel paragrafo precedente,
- 10) Realizzazione di un impianto di trattamento delle acque reflue industriali. Da valutare anche l'ipotesi di riutilizzo di parte delle acque per lavaggio carene.

4. ANALISI TECNICA DEL CANTIERE DI PUNTA ALA

4.1. Disposizioni AIPCN-PIANC

L'AIPCN-PIANC è l'Associazione Internazionale dei Congressi di Navigazione, ente privato che disciplina quelle che sono le norme di buona costruzione e gestione degli ambienti navigabili, e per questo influente anche in ambito portuale.

Nel Febbraio 2002 l'AIPCN ha fatto un'importante pubblicazione in merito ai porti turistici, riprendendo quelle che erano state le disposizioni in tema marittimo dettate dallo Stato italiano nel Decreto Interministeriale del 14.04.1998 e nel DPR del 02.12.1997 n° 509. Al paragrafo B15, denominato "Piazzali per base tecnica e di servizio per imbarcazioni", di suddetta pubblicazione viene così trattata la questione delle aree di cantiere portuali (N.B. a fianco di ogni disposizione è riportata una lettera che la identifica e ne permette il richiamo nel testo della presente tesi):

"...In generale nei porti turistici devono prevedersi:

- aree a disposizione per un cantiere nautico che esegue operazioni di manutenzione, carenaggio, riparazione motori e che necessita di congrui spazi di sosta a secco e a mare, [a]
- aree attrezzate al di fuori della cinta del cantiere per la manutenzione e le riparazioni "fai da te", [b]
- aree a disposizione per sosta a secco di imbarcazioni a richiesta dell'utenza per finalità varie (rimessaggio all'aperto o al coperto; aree di attesa di trasferimento; aree per trattative di vendita, dette shipchandler). [c]

Per quanto riguarda l'area di cantiere, si può attribuire indicativamente una superficie pari a 10 m^2 a barca. [d]

Si raccomanda la previsione di una viabilità interna al porto turistico che si sviluppi al di fuori dell'area di cantiere, evitando inopportune quanto pericolose interferenze. [e] Si rammenta l'importanza di una adeguata dotazione di impianti di alaggio e varo a servizio della cantieristica e dell'area per il rimessaggio delle imbarcazioni..." [f]

Ulteriori riferimenti tecnici per il dimensionamento delle relative aree possono rinvenirsi nella memoria "Opere per l'accosto e la riparazione delle imbarcazioni nei porti turistici" di A. Noli e S. Stura (atti della II^a edizione delle Giornate Italiane di Ingegneria Costiera AIPCN – PIANC – Ravenna 1995), che recita così:

"...E' opportuno che le aree che compongono il cantiere siano raggruppate in un'unica zona, che l'intera attività sia accessibile ai mezzi terrestri, non condizionata dal traffico degli utenti del porto e non costituente un'interferenza per lo svolgimento delle attività turistiche. La superficie da attribuire al cantiere è funzione della potenziale flotta che frequenterà il porto, della collocazione del porto stesso nell'ambito di iniziative analoghe più o meno vicine e sul tipo di attività di cui si intende promuovere lo sviluppo..." [g]

Nella memoria è riportato anche un parere di Roger Vian, "Ports de plaisance, conception general et dimensionement des ouvrages portuaires", PIANC, annexe au bulletin n.25 (Vol III/1976), studiato per i porti francesi:

"...Gli spazi tecnici sono in generale da commisurarsi considerando di poter servire contemporaneamente il 10% dei battelli stanziali (da escludersi pescherecci e piccole barche a vela) e ritenendo che di tale 10% circa i 4/5 siano da ospitare sul piazzale mentre 1/5 possa venire riparato in mare, all'accosto (possibilmente parallelo) lungo una banchina facente parte del cantiere..." [h]

"...La superficie S (in m^2) di terrapieno da adibire a spazio di cantiere può essere indicativamente ricavata dalle relazioni $S=14N_p=10$ C, essendo N_p il numero dei battelli stanziali e C il numero complessivo dei battelli che il porto può ospitare..." [i]

Altre notazioni del PIANC, introducono altre riflessioni sulla questione dei cantieri navali italiani:

- la superficie specifica media da assegnare ai piazzali è di 10 m² per barca, con riferimento ad un marina di 1000 barche con lunghezza media di 10 m; mediamente in Italia si attribuiscono ingombri barca dai 5 ai 17 m², [1]
- tipicamente su di un'area complessiva di 10000 m² sono riservati 100-200 m² agli uffici, 200-600 m² per le officine e almeno 800-3200 m² per i capannoni coperti necessari per le lavorazioni più difficili o comunque per quelle invernali, la cui altezza libera dal piano carrabile sia almeno 10 m, per assicurare l'accesso del travel lift, [m]
- l'area di cantiere occupa in media il 5% della superficie totale del porto. [n]

4.2. Potenzialità e criticità del cantiere

La Marina di Punta Ala riconosce la potenzialità di avere un cantiere navale all'interno del proprio approdo, che permette di soddisfare localmente le richieste di servizi dei clienti (manutenzioni, avarie, migliorie, ecc.).

Al fine di migliorare, o possibilmente potenziare, questo servizio, è stata fatta un'analisi delle criticità interne all'area cantieristica, confrontando i suoi parametri con le disposizioni generali sopracitata dalla fonte PIANC.

Il risultato è una mappa delle criticità dell'area, alcune individuabili planimetricamente (sintetizzate nell'immagine seguente) ed altre riguardanti questioni strutturali e di dotazioni strumentali.

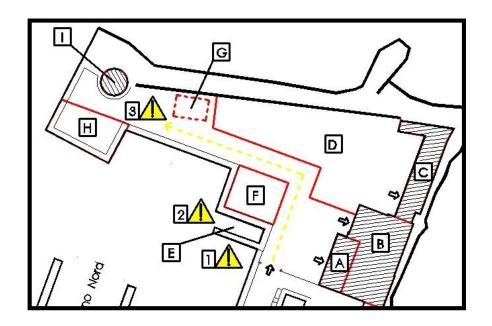


Figura 32. Schema delle criticità del cantiere di Punta Ala

Le criticità emerse sono (i primi tre punti fanno riferimento alla Figura 32):

- La zona dove è presente la vasca di sollevamento è strettamente confinante con i posti barca del porto, distanziata soltanto da una fascia di circa 2 m dove scorrono le ruote del Travel e da una paratia alta circa 3 m che disegna il limite dell'area di cantiere,
- 2) La vasca di sollevamento presenta un'area di manovra laterale destra (ipotizzando di vedere la vasca da una barca che entra di prua) molto ridotta (1 m), e prossima alla paratia che delimita il confine dell'area cantiere, riducendo di conseguenza la manovrabilità del Travel da quel lato,
- 3) L'area di bunkeraggio si trova nella testa del molo Nord, proprio vicino alla torre di controllo. Questa particolare ubicazione fa si che le autocisterne debbano interferire nella viabilità di cantiere (incrociando i percorsi del Travel e dei Boatmover) per rifornire i serbatoi di gasolio e benzina, contravvenendo al criterio [e].
- 4) Anche per raggiungere la torre di controllo si crea un'interferenza con la viabilità del cantiere, contravvenendo ancora una volta al criterio [e].

Per quanto riguarda le criticità strutturali abbiamo:

- 5) L'area di cantiere è estesa 5500 m², inferiore agli 8100 m² consigliati dal criterio [n].
- 6) Dai 5500 m² dobbiamo sottrarne 1500 m² impegnati da infrastrutture e disimpegni (non sono sottratti i 500 m² di capannone, utili a rimessaggi e lavorazioni al chiuso), che limitano l'area effettivamente utilizzabile per le lavorazioni a 4000 m². Secondo il criterio [d], dato che il porto di Punta Ala offre 885 posti barca permanenti, l'area piazzale dovrebbe essere estesa minimo 8850 m², con un deficit di almeno 4850 m² (il criterio [l] dispone in pratica lo stesso consiglio).

- 7) Il criterio [i] stabilisce addirittura che, essendo Np = 885, segue che C = 1239 e S = 12390 m², superficie che possa accogliere non solo le imbarcazioni stanziali, ma anche quelle in transito (tale criterio può considerarsi molto sovradimensionante, poiché ricavato come dato medio nei porti francesi, dove è uso comune usare i porti come punti di transito per brevi soste durante le crociere. In assenza di una così massiccia dote di transito si può ridimensionare a 10000 m² l'area consigliata, denotante un deficit di 6000 m² rispetto alla situazione attuale)Facendo una proporzione fra il criterio [m], valido per cantieri di 10000 m², con l'estensione del cantiere di Punta Ala (5500 m²), attualmente dovrebbero essere previsti dai 55 ai 110 m² per gli uffici (230 attuali), dai 110 ai 330 m² per le officine (460 attuali) e dai 440 ai 1760 m² per i capannoni (810 attuali) con altezza libera dal piano carrabile di 10 m per entrare con il travel (8/9 m attuali). Osservati questi confronti possiamo dire che la disposizione è ampiamente rispettata, pur notando come si possa ridurre l'area uffici ed officine a favore di una più grande area capannone.
- 8) Il criterio [h] verrà analizzato al termine del successivo paragrafo.
- 9) Sono previste le aree relative ai criteri [a], [c] ed [f], mentre non sono previste aree per il "fai da te" fuori dal cantiere, come riportato dal criterio [b], bensì all'interno dello stesso.

4.3. Indice di operatività cantieristica (IOC)

L'indice di operatività cantieristica (da qui in avanti IOC) costituisce un parametro fondamentale per determinare il grado di operatività attuale del cantiere e per la valutazione delle soluzioni progettuali che verranno proposte al successivo capitolo.

Esso viene valutato suddividendo l'intero anno lavorativo in tre periodi, e determinando per ciascuno di essi il quantitativo di barche ospitabili in cantiere per lavorazioni varie o semplice rimessaggio.

- Ottobre/metà Aprile, periodo di medie e grandi lavorazioni
- metà Aprile/metà Luglio, periodo delle rotazioni
- metà Luglio/Settembre, periodo di assistenza e interventi di urgenza

Conoscendo le caratteristiche dell'odierno cantiere procediamo con la valutazione dell'IOC attuale.

Medie e grandi lavorazioni

Nel mese di Ottobre vengono programmate le medie o grandi lavorazioni, nonché la semplice manutenzione standard a terra. Tali lavorazioni avviano all'inizio di Novembre, si intensificano nel mese di Dicembre e finiscono alla metà Aprile.

In questo periodo abbiamo tipi di lavorazioni: barche a terra permanentemente (somma delle imbarcazioni in semplice rimessaggio e di quelle sottoposto a medie/grandi lavorazioni, indicate con B_p), e barche a terra temporaneamente (imbarcazioni tirate a terra per piccole lavorazioni, carenaggi o messa a punto per le regate, indicate B_t).

A Punta Ala l'imbarcazione media di entrambe le tipologie è ottenuta dall'elaborazione dei seguenti dati. La lunghezza riportata tabella è quella fisica del posto barca, pertanto non coincide con quella dell'imbarcazione. Per semplificare il procedimento si decide di far coincidere queste due misure.

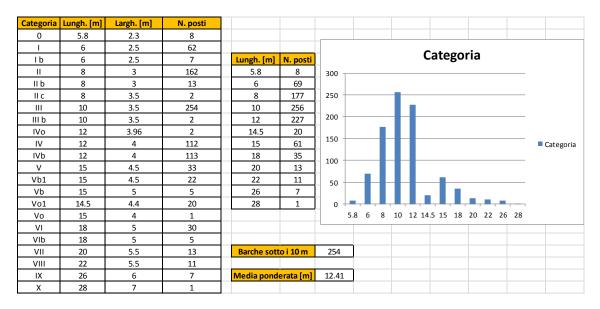


Figura 33. Suddivisione in categorie dei posti barca attuali del porto di Punta Ala, e conseguente determinazione dell'imbarcazione di riferimento

Per ricavare la lunghezza di tale imbarcazione sono stati censiti tutti gli ormeggi presenti nell'attuale porto (prima tabella da sinistra), raggruppati per lunghezza (tabella centrale) e poi analizzati in distribuzione (grafico a destra). La lunghezza è ottenuta come media ponderata delle lunghezze relative agli ormeggi presenti in porto, escludendo dal campione le imbarcazioni di lunghezza inferiore ai 10 m, altrimenti tutte le deduzioni che ne conseguono non sono confrontabili con il criterio [h] di paragrafo 4.1 (che richiede di non considerare pescherecci e barche di piccole dimensioni, per noi assimilate a quelle con lunghezza < 10 m).

$$L_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} L_i \cdot n_i}{\sum_{j=1}^{n} L_j} = 12.41 \ m \sim 12.50 \ m$$

Dove:

- L_i ed L_j sono l'i-esima e la j-esima lunghezza delle generiche imbarcazioni i e j,
- n_i è il numero di imbarcazioni appartenente all'i-esima categoria,
- n è il numero totale di categorie presenti.

Dato che l'imbarcazione più frequente a Punta Ala è quella a vela, assumiamo come imbarcazione di riferimento una barca a vela di 12.50 m (41 piedi).

Il rapporto fra la lunghezza L e la larghezza B di una imbarcazione a vela si aggira sul valore di 3/3.5 (assumiamo 3 per massimizzare l'ingombro). L'ingombro areale dell'imbarcazione è ottenuto sommando 0.75 m alle fiancate e 0.50 m a prua e poppa, perciò otteniamo che tale imbarcazione a terra occupa circa $A_{bar} = 75$ m².

Da indagini sul luogo di lavoro è pervenuto che il numero di barche contemporaneamente richiedenti piccole lavorazioni è al massimo pari a 5 ($B_t = 5$).

Per quantificare B_p , parametro importante al fine dell'IOC, dobbiamo conoscere l'area cantieristica efficace, ottenuta sottraendo dall'area totale di cantiere A_{tot} (5500 m²) l'area occupata da strutture coperte A_{cop} (non si considerano tutti i 1500 m², ma solo 1000 m², supponendo che 500 m² di capannone siano utilizzabili per rimessaggio e lavorazioni al chiuso) e le aree di disimpegno A_{dis} (passaggio travel, boatmover, viabilità interna per raggiungere la torre e vie di fuga antincendio, stimate in 500 m²).

$$B_{p} = \frac{A_{eff} - A_{bar} \cdot B_{t}}{A_{bar}} = \frac{A_{tot} - A_{cop} - A_{dis} - A_{bar} \cdot B_{t}}{A_{bar}}$$

$A_{tot} [m^2]$	$A_{cop} [m^2]$	$A_{dis}[m^2]$	$A_{\rm eff}[m^2]$	A _{bar} [m ²]	B _t [-]	B _p [-]
5500	1000	500	4000	75	5	48

Tabella 26. Quantificazione dei parametri che permettono la determinazione di B_p

Rotazioni

Da metà Aprile fino a metà di Luglio abbiamo un periodo di grande movimentazione con permanenze a terra corte. Si eseguono lavori standard, visite R.I.N.A. e piccole integrazioni di lavoro non completate nel periodo precedente.

Il numero di movimentazioni possibili (vari/alaggi) in una giornata lavorativa di 8 ore, con 4 operatori (2 al travel e 2 al boatmover), considerando come imbarcazione media una barca a vela di 41 piedi, è di 6. Ipotizzando che le barche alate Lun-Mar-Mer vengano poi varate Gio-Ven-Sab avremo un massimo di M = 18 (M = movimentazioni) imbarcazioni sul piazzale, occupanti un'area pari a:

$$A_{mov} = M \cdot A_{bar} = 1350 \ m^2$$

L'area così calcolata deve essere aumentata per tenere di conto dei seguenti aspetti:

- +30% per richieste di lavorazioni aggiuntive che fuoriescono da quelle che vengano considerate piccole lavorazioni,
- +15% per imprevisti,
- +15% per prescrizioni R.I.N.A.

Per un totale definitivo di $A_{mov,f} = 2160 \text{ m}^2$. Avendo a disposizione un'area cantieristica efficace di 4000 m² (al netto di disimpegni ed aree coperte, ma considerando 500 m² di capannone) il numero di barche che possono proseguire il periodo di rimessaggio fino alla stagione estiva sarà:

$$B_p' = \frac{A_{eff} - A_{mov,f}}{A_{bar}} = 24$$

Le barche in sosta permanente quindi si dimezzano.

Periodo di assistenza e interventi di urgenza

L'ultimo periodo rimanente è di difficile programmazione, poiché nel periodo dalla seconda metà di Luglio fino alla metà di Settembre si ha una concentrazione non indifferente di interventi in emergenza, di piccola entità e breve durata.

Decidiamo quindi di non avvalerci di questo dato per poter valutare l'IOC, avendo riscontrato che il cantiere attuale ha già le giuste maestranze e la giusta organizzazione per far fronte alle richieste dei clienti.

Lavorazioni lungo la banchina

Un aspetto molto importante per il cantiere è rappresentato anche dalla banchina, lungo la quale poter ormeggiare imbarcazioni che per ricevere assistenza non hanno bisogno di essere alate a terra. Attualmente il cantiere ha la disponibilità di 30 m di banchina, dove può ospitare due imbarcazioni all'accosto oppure 5 imbarcazioni ormeggiate perpendicolarmente ad essa.

Tabella IOC

IOC anno 2016	Medie e grandi lavorazioni	Rotazioni
Barche permanenti	48	24
Barche temporanee	5	18
Numero max di	2 all'accosto o	2 all'accosto o
barche all'accosto	5 perpendicolari	5 perpendicolari
Aree dedicate	Nessuna	Nessuna

Tabella 27. Tabella IOC relativa al cantiere di Punta Ala attuale

Con barche permanenti e barche temporanee si intende il numero massimo di barche appartenenti a quella tipologia che possono trovarsi sull'area cantiere. La somma fra permanenti e temporanee non è eguale nei periodi di medie/grandi lavorazioni e di rotazioni, poiché nel secondo gruppo lo spazio è ridotto da possibili imprevisti, visite R.I.N.A. o lavorazioni aggiuntive, che nel primo gruppo possono essere sopperite utilizzando lo spazio dedicato alle 5 barche in rotazione invernale, che raramente vengono raggiunte come quantitativo.

Con aree dedicate si intendono invece tutte quelle aree che vengono destinate ad una particolare categoria di imbarcazioni, che si distinguono dalle altre per pregio, delicatezza delle lavorazioni o eccessive dimensioni. Nel cantiere attuale non si registrano tali necessità od opportunità.

4.3.1. Valutazione dell'accoglienza secondo criterio PIANC

Il criterio [h], introdotto al paragrafo 4.1, recita così:

"...Gli spazi tecnici sono in generale da commisurarsi considerando di poter servire contemporaneamente il 10% dei battelli stanziali (da escludersi pescherecci e piccole barche a vela) e ritenendo che di tale 10% circa i 4/5 siano da ospitare sul piazzale mentre 1/5 possa venire riparato in mare, all'accosto (possibilmente parallelo) lungo una banchina facente parte del cantiere..."

Alla luce dei dati riguardanti il porto e quelli di Fig.33 possiamo elaborare tale criterio come segue:

- B = posti ormeggi totali = 885,
- B_{10} = posti barca per pescherecci e piccole imbarcazioni (con piccole imbarcazioni si intendono quelle con lunghezza < 10 m) = 254,
- B_{t10} = posti barca destinati ai transiti che possono ospitare barche con lunghezza superiore ai 10 m (se considerassimo tutti i transiti, che sono 70 in totale, toglieremo due volte i posti barca che sono sia transiti che lunghi meno di 10 m) = 48.
- B_s = numero battelli stanziali = B B_{10} B_{t10} = 583
- A = accoglienza, ovvero numero di barche da ospitare contemporaneamente sia a terra che a mare = $10\% \cdot B_s = 58$
- $A_t = accoglienza$ a terra = $4/5 \cdot A = 46.4 \sim 47$
- $A_m = accoglienza$ a mare = $1/5 \cdot A = 11.6 \sim 11$

N.B. si opta per arrotondare in eccesso At poiché è più grande la necessità di ospitare barche a terra.

Confrontiamo dunque i valori della Tabella IOC del paragrafo 4.3 con i dati di accoglienza appena determinati:

Periodo	Periodo Accoglienza ci PIANC		Accoglienza attuale	Verifica
Madia/grandi	A terra	47	53	OK
Medie/grandi lavorazioni	A mare	11	2/5	KO
Iavorazioni	Totali	58	55/58	Condizione Limite
	A terra	47	42	KO
Rotazioni	A mare	11	2/5	KO
	Totali	58	44/47	KO

Tabella 28. Confronto della tabella IOC del cantiere attuale con i criteri di accoglienza PIANC

L'analisi appena eseguita rileva che il cantiere attuale non rispetta l'accoglienza consigliata nel periodo delle "Rotazione", ovvero durante la fase più critica delle lavorazioni cantieristiche.

Durante il periodo delle medie/grandi lavorazioni l'accoglienza complessiva eguaglia in un solo caso quella consigliata, ovvero nel caso in cui le imbarcazioni lungo la banchina vengono ormeggiate perpendicolarmente e non all'accosto, condizione che a seconda delle lavorazioni da eseguire può risultare scomoda. In ogni caso la non ottemperanza del criterio è da attribuirsi alla sola zona a mare, dato che a terra il numero di barche ospitabili è sempre superiore al valore consigliato.

5. PROGETTAZIONE DEL NUOVO CANTIERE DI PUNTA ALA

5.1. Area portuale di progetto

L'idea di intervenire sull'attuale porto nasce da una iniziativa della Marina di Punta Ala volta alla riqualificazione e all'ampliamento della zona portuale.

A seguito degli studi fatti, portati avanti sia dall'Università di Firenze che da progettisti esterni, sono state fatte numerose ipotesi planimetriche che potessero soddisfare le principali richieste del Marina, di seguito elencate:

- Ampliamento dei posti barca sia in numero (fino a 959 posti barca) che in dimensioni, con la nuova possibilità di ospitare barche fino a 60 m (attualmente si è fermi ai 30 m),
- Realizzazione di un'area privilegiata di approdo per le imbarcazioni di categoria superiore alla IX,
- Ampliamento dell'area cantiere in termini di superficie, ristrutturazione e/o potenziamento delle strutture esistenti e valutazione su eventuali costruzioni ex novo,
- Ampliamento della diga foranea che permetta la protezione del bacino interno dai venti di grecale.

L'ottemperanza di queste richieste ci consegna la seguente planimetria, costituente parte del progetto preliminare e punto di partenza per le considerazioni tecnico-progettuali che seguiranno.

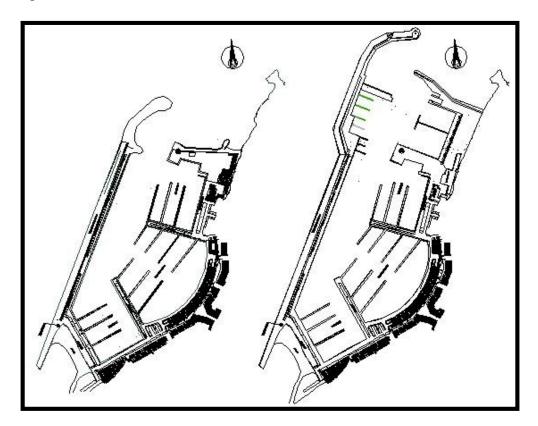


Figura 34. Planimetria del porto di Punta Ala: attuale e di progetto

L'area di ampliamento interessa la parte Nord del porto, proprio sotto Punta Hidalgo. La seguente legenda introduce le varie parti in cui si articola l'intervento.

- Zona 1: Prolungamento della diga foranea esistente.
- Zona 2: Diga foranea interna che protegge il bacino dai venti di Grecale (Diga Grecale)
- Zona 3: Nuova banchina interna con un pontile fisso.
- Zona 4: Nuovo piazzale cantiere (area scoperta).
- Zona 5: Area coperta cantiere (coincidente con la precedente).
- Zona 6: Nuovo molo di sopraflutto.

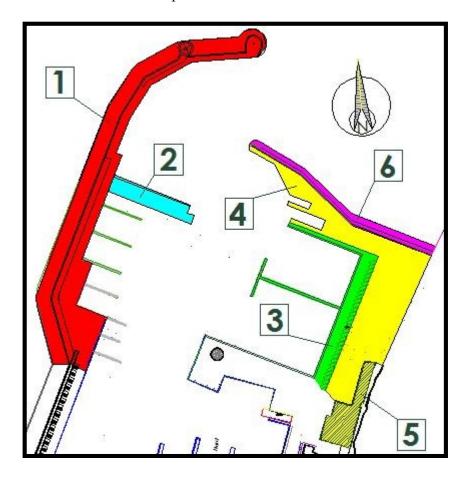


Figura 35. Inquadramento delle nuove aree portuali

La necessità di difendere il bacino portuale dai venti di grecale viene quindi ottemperata mediante il coinvolgimento della diga Grecale, della nuova avandiga della diga foranea e del molo di sopraflutto, risolvendo i problemi attualmente in essere (dato che i venti di Grecale sono molto frequenti a Punta Ala). La nuova via di navigazione d'ingresso non rettilinea, non permette ai moti ondosi provenienti da Grecale di entrare direttamente in bacino senza prima aver dissipato molta della loro energia.

Il cantiere portuale risulta notevolmente ampliato in termini di superficie, mantenendo sempre la sua posizione strategica vicino all'imboccatura del porto e vedendo potenziata la zona di alaggio con due vasche anziché una. La funzionalità e la potenzialità dell'area verranno approfondite nel successivo paragrafo.

Il prolungamento della diga foranea esistente e la realizzazione della nuova banchina ridossata dal molo di sopraflutto e dal nuovo cantiere permetteranno il concepimento di un nuovo piano degli ormeggi, che comprenda nuovi posti barca, sia stanziali che di transito. Tale piano è un vincolo di non poco conto per il concepimento dell'area cantiere, poiché, come si vede in Fig.35, la maggior parte dei nuovi ormeggi sarà realizzato vicino ad esso. Se la nuova banchina ospiterà barche piccole i canali navigabili antistanti ai posti barca saranno più stretti, favorendo l'allargamento dell'area cantiere verso mare. Viceversa se le barche ospitate saranno grandi i canali saranno più larghi, costringendo il cantiere ad arretrare verso terra.

Attualmente la Marina di Punta Ala ha adottato un piano degli ormeggi preliminare il cui progetto rimane al di fuori di questa tesi, perciò non prenderemo in considerazione eventuali cambiamenti dello stesso e useremo la planimetria sopra riportata come un vincolo progettuale.

5.2. Area cantiere di progetto

La Fig.35 ci mostra i confini geometrici previsti per la nuova area cantiere, mentre la Fig.36 mostra suddivisione fra aree a terra (area piazzale scoperta ed area coperta) e aree a mare (successivamente anche chiamate aree di lavoro a mare o banchinamenti).

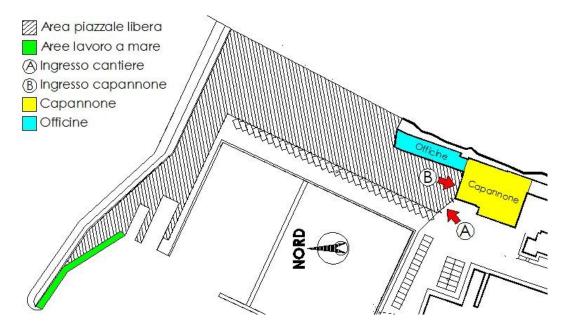


Figura 36. Area cantiere di progetto con individuazione di aree a terra (piazzale, capannone e officine), aree a mare (aree lavoro a mare/banchinamenti) ed ingressi

La seguente tabella riassume i parametri rappresentanti le potenzialità del nuovo sito, che ci saranno utili per ideare le varie soluzioni progettuali.

Area scoperta	Area coperta	Lunghezza banchinamenti
totale [m²]	totale [m²]	[m]
8160	1500	60 (espandibile a 107(*))

(*) nelle successive ipotesi è spiegato come sia possibile estenderla.

	Vasca	Dimensioni	Pescaggio	Capacità di alaggio	Travel
	1	30x10 m	5 m	Imbarcazioni fino a 35 m	250 t
ĺ	2	20x6 m	5 m	Imbarcazioni fino a 20 m	75/100 t

Tabella 29. Potenzialità dell'area cantiere di progetto

I dati di Tab.29 possono essere già confrontati con:

- le indagini preliminari sulle altre strutture presenti lungo il litorale toscano, di cui al Cap.3,
- le potenzialità e le criticità di cui al paragrafo 4.2, individuate in parte grazie alle disposizioni PIANC trattate al paragrafo 4.1,

in modo da saggiare il potenziale miglioramento dell'area cantieristica.

Altre valutazioni verranno poi svolte a seguito della presentazione di ipotesi progettuali più approfondite (paragrafo 5.4 e seguenti).

5.2.1. Confronto con indagini lungo il litorale toscano

I seguenti punti sono riportati al paragrafo 3.2.

Nr.	Criterio	Situazione attuale	Situazione di progetto	Migliorie
1	Area cantiere mediamente pari al 10% dell'area portuale (compreso specchio acqueo, esclusa avandiga), non inferiore al 4.5%	Sui 155000 m² totali del Marina di Punta Ala attuale, il cantiere occupa il 3.5%. La percentuale è inferiore sia al dato medio che al dato minimo	Sui 182000 m² totali del Marina di Punta Ala ampliato, il nuovo cantiere occupa il 5.3%. La percentuale è inferiore al dato medio, ma superiore al minimo	SI
2	Aree coperte pari al 10% dell'area cantiere	Sui 5500 m ² dell'attuale cantiere di Punta Ala gli spazi coperti occupano il 27%, superiore al dato medio	Sui 9660 m ² del nuovo cantiere di Punta Ala gli spazi coperti occupano il 15%, ancora superiore al dato medio	Nessuna
3	Controllo dello stato di insabbiamento della bocca e del bacino interno del porto, in modo da posizionare adeguatamente la vasca di alaggio. Da preferirsi la zona vicino all'imboccatura del porto	Vasca vicino all'ingresso all'imboccatura del porto. Fenomeni di insabbiamento rari	Nel nuovo cantiere le vasche sono ancora più vicine all'imboccatura. Appositi studi, eseguiti con modellazione numerica del moto ondoso, hanno evidenziato un bassissimo rischio di insabbiamento della bocca del porto	SI

4	Ingresso possibilmente paratiere. Nel caso l'ing interno al porto, fare si percorso ingresso porto, cantiere sia privo di osta impediscano il passag mezzi di trasporto imba All'interno del cantiere una circolazione a sensi invertibile all'occorri	Nel caso l'ingresso sia al porto, fare si che il ingresso porto/ingresso sia privo di ostacoli che iscano il passaggio di trasporto imbarcazioni. no del cantiere preferire olazione a senso unico Sia nel cantiere attuale che in quello futuro tutti e tre i punti non possono essere osservati, data la presenza di un accesso unico per tutto il porto e una viabilità interna obsoleta (adeguata agli anni 80)		Nessuna	
5	Evitare interferenze fra aree di viabilità portuale e movimentazione imbarcazioni. Qualora non sia possibile evidenziare tali criticità con segnaletica orizzontale, verticale o acustica	canti carbur	interferenze fra ere, stazione ranti e torre di controllo	Questo criterio viene osservato, dato che il cantiere è recintato e non percorribile dai diportisti. Il rispetto di questo punto costituisce la risoluzione di una delle principali criticità dell'attuale cantiere, legata alla presenza di stazione carburanti e torre di controllo in testa al molo di sopraflutto.	SI
6	Realizzazione di vasche di sollevamento in dimensioni e in quantità consone alle imbarcazioni potenzialmente ospitabili in porto. Prestare attenzione ai possibili fenomeni di insabbiamenti che potrebbero limitare l'operatività della vasca. Dimensioni medie per il litorale toscano: 20x6.50 m	Presenza di una sola vasca, dimensioni 20x6.50 m, equivalenti alle dimensioni medie lungo il litorale		Nel nuovo cantiere sono previste due vasche, per imbarcazioni di dimensioni differenti. Entrambe sono più grandi delle dimensioni medie proposte (30x10 m, 20x6 m)	SI
7	Possibilità di realizzare uno scivolo di sollevamento permanente nell'area cantiere (o comunque nelle vicinanze del porto)		suno scivolo nente presente	Nell'ampliamento ne è previsto uno, ma esterno alla struttura cantieristica	SI

8	Scelta del numero e del tipo di travel lift in funzione delle dimensioni delle vasche di sollevamento e del peso della massima imbarcazione da alare. Portanza media per il litorale toscano: 75 t	Un travel con portanza 75 t, equivalente alla portanza media lungo il litorale	Nel nuovo cantiere si avranno da uno a due travel (75/100 t e 250 t), entrambi con portanza superiore alla minima	SI
9	Avere a disposizione le dotazioni di cantiere elencate al paragrafo 3.1	Tutte le dotazioni presenti	Questa fase compete ad una pianificazione post progettuale sulla quale non si possono fare previsioni	Non valutabile
10	Realizzazione di un impianto di trattamento delle acque reflue industriali. Da valutare anche l'ipotesi di riutilizzo di parte delle acque per lavaggio carene	Presente l'impianto discusso al paragrafo 2.3.2	Nel nuovo cantiere verrà previsto un impianto conforme alle leggi riportate al paragrafo 1.5.2, con funzionamento uguale all'impianto presentato al paragrafo 2.3.2 (adeguato alle nuove aree)	Nessuna

Tabella 30. Confronto con indagini lungo il litorale toscano

Essendo esauriti tutti i punti di confronto dell'indagine, quanto scritto vale anche per tutte le ipotesi progettuali che seguiranno.

5.2.2. Confronto con potenzialità e criticità dell'attuale cantiere

I seguenti punti sono riportati al paragrafo 4.2.

Nr.	Criterio	Situazione di progetto	Migliorie
1	La zona dove è presente la vasca di sollevamento è strettamente confinante con i posti barca del porto, distanziata soltanto da una fascia di circa 2 m dove scorrono le ruote del Travel e da una paratia alta circa 3 m che disegna il limite dell'area di cantiere	Le vasche sono adesso più distanziate dai posti barca, passando dai 2 m ai quasi 8 m. Inoltre la banchina più vicina alle vasche sarà destinata alla sosta dei pescherecci o a imbarcazioni molto piccole (prima categoria) in transito perciò l'eventuale impatto su di esse viene giudicato basso	SI

2	La vasca di sollevamento presenta un'area di manovra laterale destra (ipotizzando di vedere la vasca da una barca che entra di prua) molto ridotta (1 m), e prossima alla paratia che delimita il confine dell'area cantiere, riducendo di conseguenza la manovrabilità del travel da quel lato	Entrambe le vasche hanno sufficiente spazio di manovra su entrambi i lati (corsie da 1.5 m a 4 m)	SI
3	L'area di bunkeraggio si trova nella testa del molo Nord, proprio vicino alla torre di controllo. Questa particolare ubicazione fa si che le autocisterne debbano interferire nella viabilità di cantiere (incrociando i percorsi del Travel e dei Boatmover) per rifornire i serbatoi di gasolio e benzina, contravvenendo al criterio [e]	Il distributore viene lasciato nella stessa posizione in cui è attualmente. Non essendo più compreso nell'area cantiere le interferenze sono eliminate	SI
4	Anche per raggiungere la torre di controllo si crea un'interferenza con la viabilità del cantiere, contravvenendo ancora una volta al criterio [e]	La torre viene lasciata nella stessa posizione in cui è attualmente. Non essendo più compresa nell'area cantiere le interferenze sono eliminate	SI
5	L'area di cantiere è estesa 5500 m², inferiore agli 8100 m² consigliati dal criterio [n]	L'area cantiere è estesa 9960 m ² , superiore agli 8100 consigliati dal criterio [n]	SI
6	Dai 5500 m² dobbiamo sottrarne 1500 m² impegnati da infrastrutture e disimpegni (non sono sottratti i 500 m² di capannone utile a rimessaggi e lavorazioni al chiuso), che limitano l'area effettivamente utilizzabile per le lavorazioni a 4000 m². Secondo il criterio [d], dato che il porto di Punta Ala offre 885 posti barca permanenti, l'area piazzale dovrebbe essere estesa minimo 8850 m², con un deficit di almeno 4850 m² (il criterio [l] dispone in pratica lo stesso consiglio). Il criterio [i] stabilisce addirittura che, essendo Np = 885, segue che C = 1239 e S = 12390 m², superficie che possa accogliere non solo le imbarcazioni stanziali, ma anche quelle in transito (tale criterio può considerarsi molto sovradimensionante, poiché ricavato come dato medio nei porti francesi, dove è uso comune usare i porti	L'ampliamento aumenterà i posti barca fino a 959, perciò alla luce criteri [d] ed [l] l'area del piazzale cantiere dovrebbe essere estesa almeno 9590 m². L'area piazzale prevista, al netto di spazi coperti (1000 m²) e disimpegni (stimati in 1000 m²), è di 7960 m², con un deficit di 1630 m². L'obiettivo previsto dal criterio non è raggiunto, anche se dobbiamo sottolineare che il deficit precedente (valutato in 4850 m²) viene più che dimezzato. Il criterio [i] viene considerato troppo sovradimensionante e valido per porti non italiani, perciò non verrà osservato	SI

	come punti di transito per brevi soste durante le crociere. In assenza di una così massiccia dote di transito si può ridimensionare a 10000 m² l'area consigliata, denotante un deficit di 6000 m² rispetto alla situazione attuale) Facendo una proporzione fra il		
7	criterio [m], valido per cantieri di 10000 m², con l'estensione del cantiere di Punta Ala (5500 m²), attualmente dovrebbero essere previsti dai 55 ai 110 m² per gli uffici (230 attuali), dai 110 ai 330 m² per le officine (460 attuali) e dai 440 ai 1760 m² per i capannoni (810 attuali) con altezza libera dal piano carrabile di 10 m per entrare con il travel (8/9 m attuali). Osservati questi confronti possiamo dire che la disposizione è ampiamente rispettata, pur notando come si possa ridurre l'area uffici ed officine a favore di una più grande area capannone	L'organizzazione e l'estensione degli spazi coperti viene considerata adeguata e quindi non modificata o integrata. Ciò che è stato detto del criterio [m] per il cantiere attuale rimane quindi valido	Uguale
8	Il criterio [h] verrà analizzato al termine del successivo paragrafo	Verrà analizzato nelle ipotesi progettuali ai paragrafi 5.5, 5.6 e 5.7, alla luce delle modifiche apportate dall'ampliamento, trattate al paragrafo 5.3	Non valutabile
9	Sono previste le aree relative ai criteri [a], [c] ed [f], mentre non sono previste aree per il "fai da te" fuori dal cantiere, come riportato dal criterio [b], bensì all'interno dello stesso	I criteri [a], [b], [c], ed [f] sono rispettati come nel caso del cantiere attuale	Uguale

Tabella 31. Confronto con i criteri previsti dalle raccomandazioni PIANC

5.3. Piano degli ormeggi di progetto

Al fine di ricavare la tabella IOC per le ipotesi progettuali che seguiranno, e successivamente confrontarle con il criterio [h] delle Disposizioni PIANC, è necessario introdurre il piano degli ormeggi di progetto, il quale modifica i dati di Fig.33 e quindi anche i valori di accoglienza a terra e a mare già discussi per il cantiere attuale (paragrafo 4.3.1).

Nelle tabelle vengono annoverate sia le vecchie che le nuove categorie (AS, ASS, ASX). La determinazione di B_s (numero di imbarcazioni stanziali) dovrebbe far riferimento al numero di posti barca che ospitano imbarcazioni alabili in cantiere, quindi

non considerando le nuove categorie (barche con lunghezza superiore a 40 m). Nel nostro caso tuttavia decidiamo di far appartenere i posti di categoria AS, ASS e ASX ad una categoria fittizia A, di dimensioni 40x10 m.

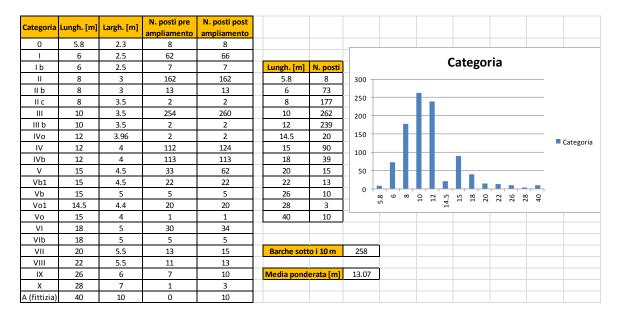


Figura 37. Suddivisione in categorie dei posti barca del porto di Punta Ala ampliato, e conseguente determinazione dell'imbarcazione di riferimento

Per ricavare la lunghezza di tale imbarcazione sono stati censiti tutti gli ormeggi presenti nell'attuale porto (prima tabella da sinistra), raggruppati per lunghezza (tabella centrale) e poi analizzati in distribuzione (grafico a destra). La lunghezza è ottenuta come media ponderata delle lunghezze relative agli ormeggi presenti in porto, escludendo dal campione le imbarcazioni di lunghezza inferiore ai 10 m, altrimenti tutte le deduzioni che ne conseguono non sono confrontabili con il criterio [h] di paragrafo 4.1 (che richiede di non considerare pescherecci e barche di piccole dimensioni, per noi assimilate a quelle con lunghezza < 10 m).

$$L_m = \frac{\sum_{i}^{n} L_i \cdot n_i}{\sum_{j}^{n} L_j} = 13.07 \ m \sim 13.50 \ m$$

Dove:

- L_i ed L_j sono l'i-esima e la j-esima lunghezza delle generiche imbarcazioni i e j,
- n_i è il numero di imbarcazioni appartenente all'i-esima categoria,
- n è il numero totale di categorie presenti.

L'approssimazione per eccesso al valore di 13.50 m è ammissibile quando la generica ipotesi progettuale prevede che il nuovo cantiere debba ospitare due diverse categorie di nautica: nautica attuale (con riferimento allo stato odierno) e nautica maggiore (con riferimento a imbarcazioni con lunghezza dai 28 m ai 40 m). Allo stato attuale infatti il cantiere opera per lo più su imbarcazioni già presenti in porto, la cui lunghezza di riferimento è pari a 12.50 m.

Nel caso in cui il cantiere operi con imbarcazioni più grandi di quelle presenti in porto, la media ponderata aumenta fino al valore di 13.07 m (Fig.37). Considerando che il

numero di tali imbarcazioni in arrivo sia maggiore del numero di posti barca ad esse destinati in porto, e sapendo che le loro dimensioni sono molto incisive (poiché di gran lunga maggiori delle dimensioni medie delle barche presenti in porto) tali fattori motivano l'arrotondamento per eccesso della media ponderata al valore di 13.50 m.

Dato che l'imbarcazione più frequente a Punta Ala è quella a vela, assumiamo come imbarcazione di riferimento una barca a vela di 13.50 m (44 piedi).

Il rapporto fra la lunghezza L e la larghezza B di una imbarcazione a vela si aggira sul valore di 3/3.5 (assumiamo 3 per massimizzare l'ingombro). L'ingombro areale dell'imbarcazione è ottenuto sommando 0.75 m alle fiancate e 0.50 m a prua e poppa, perciò otteniamo che tale imbarcazione a terra occupa circa $A_{bar} = 85 \text{ m}^2$.

5.4. Introduzione delle ipotesi progettuali

A partire dall'area cantieristica di progetto introdotta al paragrafo 5.1, approfondita al 5.2 ed esaminata al 5.2.1 e al 5.2.2, vengono esposte tre diverse ipotesi progettuali, come di seguito elencate:

- A) cantiere a servizio della nautica attuale, ideata per poter offrire servizi alla stessa clientela odierna, rappresentata da una imbarcazione media a vela di 41 piedi. In questo caso si suppone di dover utilizzare solo la vasca di sollevamento più piccola, convertendo la vasca di sollevamento più grande ad un'area banchinata per gli interventi all'accosto (come riportato in Tab.29 si avrà potenziamento dei banchinamenti). Di conseguenza anche il numero dei travel necessari si riduce ad uno, con portanza 75/100 t.
- B) cantiere a servizio di nautica attuale e nautica maggiore, ideata per offrire servizi a imbarcazioni fino dai 28 ai 40 m. Questo comporta l'utilizzo di due travel, uno da 75/100 t e uno da 250 t (e quindi di entrambe le vasche), e la riduzione dei banchinamenti a 60 m. La disposizione sul piazzale delle imbarcazioni è mista, senza previsione di aree dedicate per grandi imbarcazioni.
 - L'orientamento dell'ipotesi è relativa al caso in cui non risulti determinabile con certezza il numero di grandi imbarcazioni che arriveranno in cantiere, e quindi non sia quantificabile l'ingombro di una possibile area da dedicare alle stesse.
- C) cantiere a servizio di nautica attuale e nautica maggiore, con quest'ultima in area dedicata. Questa soluzione ipotizza una minima modifica alla planimetria cantieristica di Fig.35, assunta già come vincolo progettuale. Nello specchio acqueo antistante le vasche di sollevamento vi è un canale navigabile la cui ampiezza è superiore a quella minima prevista dalle raccomandazioni progettuali del PIANC, che prevedono una larghezza proporzionata all'imbarcazione più lunga che si trova a transitare da quelle acque. Ipotizzando una restrizione di tale canale fino alla sua ampiezza minima richiesta, genera sufficiente spazio per invertire le due vasche e ricavare un'area cantiere, lato molo sopraflutto, esclusiva per le grandi imbarcazioni. L'orientamento dell'ipotesi è relativa al caso in cui il numero di imbarcazioni contemporaneamente presenti nel cantiere

di nautica maggiore sia massimo tre. Per eventuale sovrannumero è comunque a disposizione il cantiere di nautica attuale.

Ciascuna ipotesi progettuale avrà la sua (o le sue) imbarcazione di riferimento, al fine di determinare la tabella IOC ed essere successivamente esaminata.

A tal proposito definiamo anche l'imbarcazione di riferimento della nautica maggiore, rappresentata da una barca a motore di 37 m (larghezza 8.5 m), avente un ingombro areale $A_{bar,mag} = 400 \text{ m}^2$ (ottenuto sempre sommando 0.75 m a prua e poppa e 1 m alle fiancate).

La seguente tabella sintetizza le imbarcazioni di riferimento in funzione della stagione lavorativa e dell'ipotesi progettuale. La barca relativa alle medie/grandi lavorazioni è utilizzata per la determinazione delle barche permanenti B_p , mentre quelle relative alle Rotazioni sono utilizzate per la determinazione delle barche temporanee B_t .

Caso	Medie/gra lavorazio		Rotazioni		Banchinamenti
A	Barca a vela di 12.50 m	A_{bar} $75m^2$	Barca a vela di 12.50 m	$\frac{A_{bar}}{75m^2}$	Barca a vela di 12.50 m
В	Barca a vela di 13.50 m	A _{bar} 85m ²	Barca a vela di 12.50 m + Barca a motore di 37.00 m	$\begin{array}{c} A_{bar} \\ 85m^2 \\ + \\ A_{bar,mag} \\ 400m^2 \end{array}$	Barca a vela di 13.50 m
С	Barca a vela di 12.50 m	A_{bar} $75m^2$	Barca a vela di 12.50 m	A_{bar} $75m^2$	Barca a vela di 12.50 m

Tabella 32. Confronto con indagini lungo il litorale toscano

Occorre fare una precisazione sulla differenza tra le ipotesi B e C nel periodo delle Rotazioni, le quali ospitano entrambe sia nautica attuale che maggiore.

Nel caso di B non esiste area dedicata alla nautica maggiore, perciò nella determinazione delle barche permanenti nel periodo delle Rotazioni sono considerate tutte le barche (barca a vela di 12.50 m e barca a motore di 37 m).

Nel caso C si suppone che nel periodo in questione l'area dedicata alla nautica maggiore sia libera (tutte le barche che hanno affrontato il periodo invernale a terra vengono riportate in acqua dagli equipaggi e raggiungono i lidi estivi in attesa dei proprietari) e quindi impiegabile per la nautica maggiore in rotazione. Pertanto il numero di barche permanenti nel periodo della rotazione è determinato solo in base alla barca a vela di 12.50 m.

N.B.: da ora in avanti indicheremo con "Capannone utile" la parte di capannone utilizzabile per rimessaggio e lavorazioni al coperto. La restante parte di capannone andrà a sommarsi al resto dell'area coperta, costituendo la voce "Officina ed altro".

5.5. Ipotesi A: cantiere a servizio delle nautica attuale

Di seguito viene illustrata la destinazione d'uso degli spazi a disposizione.

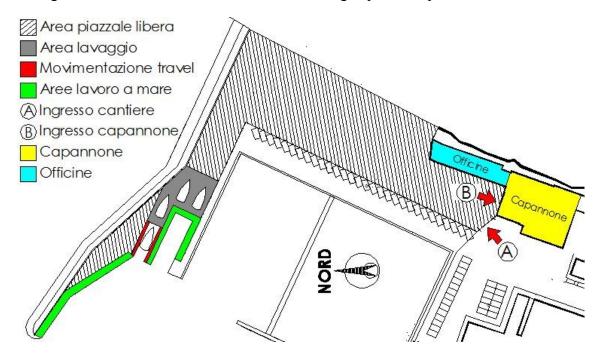


Figura 38. Planimetria ipotesi progettuale A

Area coper	ta [m²]		Area scoperta [m²]			
Capannone utile [m²]	Officine o altro [m ²]	Area lavaggio [m²]	Piazzale [m ²]	Aree lavoro a mare [m ²]	Movimentazione travel [m²]	
500	1000	600	7040	460	60	
1500		8160				
TOTALE [m ²]				9660		

Banchinamenti	[m]
107	

Tabella 33. Aree e banchinamenti relativi alla soluzione A

5.5.1. Determinazione dell'Indice di Operatività Cantieristica (IOC)

Il procedimento e le formule utilizzate sono quelle del paragrafo 4.3, riadattate al caso in esame.

Medie e grandi lavorazioni

Le formule già viste subiscono seguenti modifiche e/o integrazioni:

 All'interno del numero di barche presenti in cantiere per tempi brevi (richiedenti rimessaggio breve o piccole lavorazioni) si debbono contare anche gli spazi dedicati allo stanziamento di barche da regata nei giorni precedenti o immediatamente successivi alla regata stessa. La Marina di Punta Ala ritiene che il potenziamento del porto possa apportare anche numerosi vantaggi al circuito regatistico, primo dei quali la possibilità di ospitare regate più importanti, che comportano imbarcazioni più grandi e di maggiore pregio. Diversamente dalle piccole regate, dove l'armatore richiede la sosta al cantiere solo per la sua barca, nelle grandi regate è frequente che l'armatore richieda spazio anche per container di piccola taglia, dove l'equipaggio possa ristorarsi, dormire o rimettere le proprie attrezzature.

Ipotizziamo quindi: $B_t = 10$ (precedente valore = 5),

Ingombro singolo container (20'x8' = 6x2.45 m): $A_c = 15 \text{ m}^2$,

Ingombro container per 10 imbarcazioni: $A_{c,tot} = 150 \text{ m}^2$.

- Le aree di disimpegno (passaggio travel, boatmover, viabilità interna per raggiungere gli uffici e vie di fuga antincendio, ecc.) vengono stimate in 1000 m² (all'incirca il 15% dell'area piazzale): A_{dis} = 1000 m².
- Viene introdotta A_{cap}, ovvero l'area del capannone che può essere utilizzata per rimessaggio e lavorazioni al chiuso.
- $A_{eff} = A_{piaz} + A_{cap} A_{dis}$ (tutte le altre aree non occupabili sono già contabilizzate a parte in Tab.33)

La formula
$$B_p = \frac{A_{eff} - A_{bar} \cdot B_t}{A_{bar}} = \frac{A_{tot} - A_{cop} - A_{dis} - A_{bar} \cdot B_t}{A_{bar}}$$

Diviene
$$B_p = \frac{A_{eff} - A_{bar} \cdot B_t - A_{c,tot}}{A_{bar}} = \frac{A_{piaz} + A_{cap} - A_{dis} - A_{bar} \cdot B_t - A_{c,tot}}{A_{bar}}$$

$A_{piaz} [m^2]$	$A_{cap} [m^2]$	$A_{dis}[m^2]$	$A_{\rm eff}[m^2]$	$A_{bar} [m^2]$	B _t [-]	$A_{c,tot}$ [m ²]	B _p [-]
7040	500	1000	6540	75	10	150	75

Tabella 34. Quantificazione dei parametri che permettono la determinazione di \boldsymbol{B}_{p}

Rotazioni

In questa ipotesi progettuale sia le dimensioni della vasca che le caratteristiche del travel impiegato non cambiano molto dalla condizione attuale, perciò il numero delle movimentazioni rimane immutato: M=18. Rimangono di conseguenza immutati anche $A_{mov}=1350~\text{m}^2$ e $A_{mov,f}=2160~\text{m}^2$.

$$B_p' = \frac{A_{eff} - A_{mov,f}}{A_{har}} = 58$$

Lavorazioni lungo la banchina

Lungo i banchinamenti del cantiere non sono previsti corpi morti per ormeggio a prua, quindi tutte le imbarcazioni possono essere ormeggiate solo all'accosto. Ipotizzando l'imbarcazione di riferimento lunga 12.5 m, il numero totale di barche ormeggiabili all'accosto è, a seconda dei casi, di 8/9.

Tabella IOC

IOC Soluzione A	Medie e grandi lavorazioni	Rotazioni
Barche permanenti	75	58
Barche temporanee	10	18
Numero max di barche all'accosto	8/9 all'accosto	8/9 all'accosto
Aree dedicate	Nessuna	Nessuna

Tabella 35. Tabella IOC relativa alla soluzione progettuale A

5.5.2. Confronto con potenzialità e criticità dell'attuale cantiere

A seguito del confronto dai punti 1) a 8) basati sull'ipotesi progettuale di base (paragrafi 5.1 e 5.2), rimane da valutare il punto 7), relativo al criterio [h] delle Disposizioni PIANC di paragrafo 4.1.

L'introduzione del piano ormeggi di progetto fa variare i parametri del criterio, che vengono così modificati:

- B = posti ormeggi totali = 959,
- B_{10} = posti barca per pescherecci e piccole imbarcazioni (con piccole imbarcazioni si intendono quelle con lunghezza < 10 m) = 258,
- B_{t10} = posti barca destinati ai transiti che possono ospitare barche con lunghezza superiore ai 10 m = 70. (I transiti di progetto saranno 95, di cui avremo 25 con lunghezza \geq 10 m),
- B_s = numero battelli stanziali = B B_{10} B_{t10} = 631
- A = accoglienza, ovvero numero di barche da ospitare contemporaneamente sia a terra che a mare = $10\% \cdot B_s = 63$
- $A_t = accoglienza$ a terra = $4/5 \cdot A = 50.4 \sim 51$
- $A_m = accoglienza$ a mare = $1/5 \cdot A = 12.6 \sim 12$

N.B. si opta per arrotondare in eccesso A_t poiché è più grande la necessità di ospitare barche a terra.

Confrontiamo i dati ottenuti con la Tabella IOC del paragrafo 5.5.1.

Periodo	Accoglienza criterio PIANC		Accoglienza attuale	Verifica
Madia/grandi	A terra	51	85	OK
Medie/grandi lavorazioni	A mare	12	8/9	Condizione limite
	Totali	63	93/94	OK
	A terra	51	76	OK
Rotazioni	A mare	12	8/9	Condizione limite
	Totali	63	84/85	OK

Tabella 36. Confronto fra tabella IOC soluzione progettuale A e criterio di accoglienza PIANC

L'analisi appena eseguita rileva che la soluzione progettuale A soddisfa ampiamente l'accoglienza complessiva e quella a terra previste dal criterio, ma non adempie a quella a mare consigliata per entrambi i periodi. Quest'ultimo valore può comunque essere considerato prossimo a quello previsto, e talvolta (nei casi in cui arrivino barche piccole) può essere eguagliato o superato facilmente.

5.6. Ipotesi B: cantiere a servizio di nautica attuale/maggiore

Di seguito viene illustrata la destinazione d'uso degli spazi a disposizione.

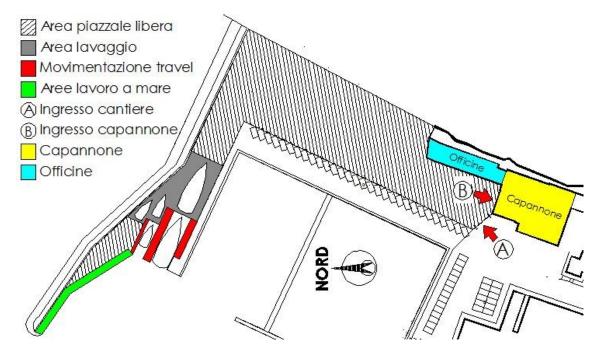


Figura 39. Planimetria ipotesi progettuale B

Area coperta [m ²]		Area scoperta [m²]				
Capannone utile [m²]	Officine o altro [m ²]	Area lavaggio [m²]	Piazzale [m²]	Aree lavoro a mare [m²]	Movimentazione travel [m²]	
500	1000	880	6800	255	225	
1500		8160				
TOTALE [m ²]				9660		

Banchinamenti [m]	
60	

Tabella 37. Aree e banchinamenti relativi alla soluzione B

5.6.1. Determinazione dell'Indice di Operatività Cantieristica (IOC)

Il procedimento e le formule utilizzate sono quelle del paragrafo 4.3, riadattate al caso in esame.

Medie e grandi lavorazioni

Le formule già viste subiscono seguenti modifiche e/o integrazioni:

• All'interno del numero di barche presenti in cantiere per tempi brevi (richiedenti rimessaggio breve o piccole lavorazioni) si debbono contare anche gli spazi dedicati allo stanziamento di barche da regata nei giorni precedenti o immediatamente successivi alla regata stessa. La Marina di Punta Ala ritiene che il potenziamento del porto possa apportare anche numerosi vantaggi al circuito regatistico, primo dei quali la possibilità di ospitare regate più importanti, che comportano imbarcazioni più grandi e di maggiore pregio. Diversamente dalle piccole regate, dove l'armatore richiede la sosta al cantiere solo per la sua barca, nelle grandi regate è frequente che l'armatore richieda spazio anche per container di piccola taglia, dove l'equipaggio possa ristorarsi, dormire o rimettere le proprie attrezzature.

Ipotizziamo quindi: $B_t = 10$ (precedente valore = 5),

Ingombro singolo container (20'x8' = 6x2.45 m): $A_c = 15 \text{ m}^2$,

Ingombro container per 10 imbarcazioni: $A_{c,tot} = 150 \text{ m}^2$.

- Le aree di disimpegno (passaggio travel, boatmover, viabilità interna per raggiungere gli uffici e vie di fuga antincendio, ecc.) vengono stimate in 1000 m² (all'incirca il 15% dell'area piazzale): A_{dis} = 1000 m².
- Viene introdotta A_{cap}, ovvero l'area del capannone che può essere utilizzata per rimessaggio e lavorazioni al chiuso.
- $A_{eff} = A_{piaz} + A_{cap} A_{dis}$ (tutte le altre aree non occupabili sono già contabilizzate a parte in Tab.37)

La formula
$$B_p = \frac{A_{eff} - A_{bar} \cdot B_t}{A_{bar}} = \frac{A_{tot} - A_{cop} - A_{dis} - A_{bar} \cdot B_t}{A_{bar}}$$

Diviene
$$B_p = \frac{A_{eff} - A_{bar} \cdot B_t - A_{c,tot}}{A_{bar}} = \frac{A_{piaz} + A_{cap} - A_{dis} - A_{bar} \cdot B_t - A_{c,tot}}{A_{bar}}$$

$A_{piaz} [m^2]$	$A_{cap} [m^2]$	$A_{dis}[m^2]$	$A_{\rm eff}[m^2]$	$A_{bar} [m^2]$	B _t [-]	$A_{c,tot}$ [m ²]	B _p [-]
6800	500	1000	6300	85	10	150	62

Tabella 38. Quantificazione dei parametri che permettono la determinazione di B_p

Rotazioni

In questo caso tutte e due le vasche sono operative, ciascuna con il suo travel. Il parametro $A_{mov,f}$ deve contare le barche alate sia di nautica minore che di nautica maggiore.

$$A_{mov,f} = A_{mov,min} + A_{mov,mag}$$

A_{mov,min} viene stimata in 2160 m², facendo riferimento al cantiere con singola vasca di sollevamento, così come spiegato al paragrafo 5.5.1.

 $A_{mov,mag}$ viene determinato come segue: il numero di movimentazioni possibili (vari/alaggi) in una giornata lavorativa di 8 ore, con 4 operatori (2 al travel e 2 al boatmover), considerando come imbarcazione media una barca a motore di 37 m (larghezza di 9 m), è di 2. Ipotizzando che le barche alate Lun-Mar-Mer vengano poi varate Gio-Ven-Sab avremo un massimo di $M_{mag} = 6$ ($M_{mag} =$ movimentazioni di nautica maggiore) imbarcazioni sul piazzale, ciascuna occupante un'area $A_{bar,mag} = 400$ m². Alcune indagini, presso cantieri che si occupano di simili imbarcazioni, hanno fatto riscontrare che un quantitativo di 6 risulta eccessivo, perciò viene ridotto a 2 il numero di barche di simili dimensioni che possono trovarsi contemporaneamente in cantiere, valore ritenuto corretto.

$$A_{mov,mag} = M_{mag} \cdot A_{bar,mag} = 800 m^2$$

L'area così calcolata deve essere aumentata per tenere di conto dei seguenti aspetti:

- +30% per richieste di lavorazioni aggiuntive che fuoriescono da quelle che vengano considerate piccole lavorazioni,
- +15% per imprevisti,
- +15% per prescrizioni R.I.N.A.

Per un totale definitivo di $A_{\text{mov,mag}} = 1280 \text{ m}^2$.

$$B_p' = \frac{A_{eff} - A_{mov,f}}{A_{har}} = 33$$

N.B.: il parametro è diviso per A_{bar} e non $A_{bar,mag}$ in modo da avere il numero delle barche permanenti nei due periodi (medi/grandi lavorazioni e rotazioni) basato sulla stessa barca di riferimento (barca a vela di lunghezza 12.50 m).

Lavorazioni lungo la banchina

Lungo i banchinamenti del cantiere non sono previsti corpi morti per ormeggio a prua, quindi tutte le imbarcazioni possono essere ormeggiate solo all'accosto. Ipotizzando l'imbarcazione di riferimento lunga 13.5 m, il numero totale di barche ormeggiabili all'accosto è, a seconda dei casi, di 4/5.

Tabella IOC

IOC Soluzione B	Medie e grandi lavorazioni	Rotazioni
Barche permanenti	62	33
Barche temporanee	10	18 nautica attuale + 3 nautica maggiore
Numero max di barche all'accosto	4/5 all'accosto	4/5 all'accosto
Aree dedicate	Nessuna	Nessuna

Tabella 39. Tabella IOC della soluzione progettuale B

5.6.2. Confronto con potenzialità e criticità dell'attuale cantiere

A seguito del confronto dai punti 1) a 8) basati sull'ipotesi progettuale di base (paragrafi 5.1 e 5.2), rimane da valutare il punto 7), relativo al criterio [h] delle Disposizioni PIANC di paragrafo 4.1. I dati di accoglienza sono gli stessi del paragrafo 5.5.2.

Periodo	Accoglienza criterio PIANC		Accoglienza attuale	Verifica
Madia/grandi	A terra	51	72	OK
Medie/grandi lavorazioni	A mare	12	4/5	Condizione limite
	Totali	63	76/77	OK
	A terra	51	54	OK
Rotazioni	A mare	12	4/5	Condizione limite
	Totali	63	58/59	Condizione limite

Tabella 40. Confronto fra tabella IOC soluzione progettuale B e criterio di accoglienza PIANC

L'analisi appena eseguita rileva che la soluzione progettuale B:

- soddisfa ampiamente l'accoglienza complessiva e quella a terra nel periodo delle grandi e medie lavorazioni, ma non adempie per quella a mare consigliata. In merito a quest'ultimo si può fare lo stesso ragionamento valido per la soluzione A, anche se il valore di barche all'accosto previsto può essere raggiunto solo avendo la vasca di alaggio più grande sgombra da imbarcazioni di nautica maggiore (essendo saltuaria la loro presenza questa eventualità può essere accolta, sebbene sia da considerare anche l'ipotesi che l'arrivo di una di barca di nautica maggiore da alare richiede lo spostamento di tutte le barche presenti nella vasca!),
- soddisfa l'accoglienza a terra nel periodo delle medie/grandi lavorazioni, ma non adempie per quella a mare e per la complessiva. Tuttavia il verificarsi di un evento favorevole, come già esposto nel precedente punto, permette di far tendere i valori di accoglienza a quelli previsti dal criterio.

5.7. Ipotesi C: cantiere a servizio di nautica attuale/maggiore, con nautica maggiore in area dedicata

Di seguito viene illustrata la destinazione d'uso degli spazi a disposizione.

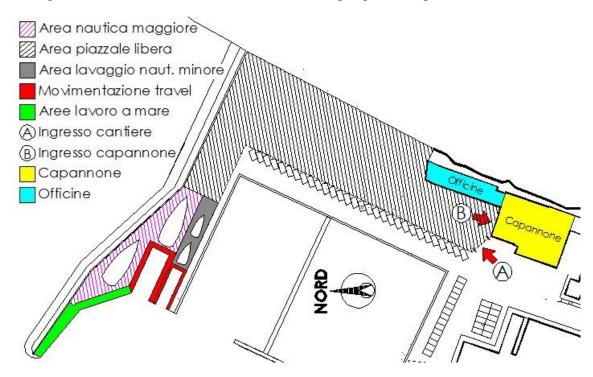


Figura 40. Planimetria ipotesi progettuale C

Area coperta [m ²]		Area scoperta [m ²]						
Capannone utile [m²]	Officine o altro [m²]	Area lavaggio [m²]	Piazzale [m²]	Aree lavoro a mare [m²]	Moviment. travel [m ²]	Area privilegiata [m²]		
500	1000	355	6520	300	250	1245		
1500		8670						
TOTALE [m ²]		10170						

Banchinamenti	[m]
60	

Tabella 41. Aree e banchinamenti relativi alla soluzione C

L'area totale passa dunque da 9160 m^2 a 10170 m^2 .

5.7.1. Determinazione dell'Indice di Operatività Cantieristica (IOC)

Il procedimento e le formule utilizzate sono quelle del paragrafo 4.3, riadattate al caso in esame.

Medie e grandi lavorazioni

Le formule già viste subiscono seguenti modifiche e/o integrazioni:

• All'interno del numero di barche presenti in cantiere per tempi brevi (richiedenti rimessaggio breve o piccole lavorazioni) si debbono contare anche gli spazi dedicati allo stanziamento di barche da regata nei giorni precedenti o immediatamente successivi alla regata stessa. La Marina di Punta Ala ritiene che il potenziamento del porto possa apportare anche numerosi vantaggi al circuito regatistico, primo dei quali la possibilità di ospitare regate più importanti, che comportano imbarcazioni più grandi e di maggiore pregio. Diversamente dalle piccole regate, dove l'armatore richiede la sosta al cantiere solo per la sua barca, nelle grandi regate è frequente che l'armatore richieda spazio anche per container di piccola taglia, dove l'equipaggio possa ristorarsi, dormire o rimettere le proprie attrezzature.

Ipotizziamo quindi: $B_t = 10$ (precedente valore = 5),

Ingombro singolo container (20'x8' = 6x2.45 m): $A_c = 15 \text{ m}^2$,

Ingombro container per 10 imbarcazioni: $A_{c,tot} = 150 \text{ m}^2$.

- Le aree di disimpegno (passaggio travel, boatmover, viabilità interna per raggiungere gli uffici e vie di fuga antincendio, ecc.) vengono stimate in 1000 m² (all'incirca il 15% dell'area piazzale): A_{dis} = 1000 m².
- Viene introdotta A_{cap}, ovvero l'area del capannone che può essere utilizzata per rimessaggio e lavorazioni al chiuso.
- $A_{eff} = A_{piaz} + A_{cap} A_{dis}$ (tutte le altre aree non occupabili sono già contabilizzate a parte in Tab.41)

La formula
$$B_p = \frac{A_{eff} - A_{bar} \cdot B_t}{A_{bar}} = \frac{A_{tot} - A_{cop} - A_{dis} - A_{bar} \cdot B_t}{A_{bar}}$$
Diviene
$$B_p = \frac{A_{eff} - A_{bar} \cdot B_t - A_{c,tot}}{A_{bar}} = \frac{A_{piaz} + A_{cap} - A_{dis} - A_{bar} \cdot B_t - A_{c,tot}}{A_{bar}}$$

$A_{piaz} [m^2]$	$A_{cap} [m^2]$	$A_{dis}[m^2]$	$A_{\rm eff}[m^2]$	$A_{bar} [m^2]$	B _t [-]	$A_{c,tot}$ [m ²]	B _p [-]
6520	500	1000	6020	75	10	150	68

Tabella 42. Quantificazione dei parametri che permettono la determinazione di B_p

Rotazioni

In questa ipotesi progettuale sia le dimensioni della vasca che le caratteristiche del travel impiegato non cambiano molto dalla condizione attuale, perciò il numero delle movimentazioni rimane immutato: M = 18. Rimangono di conseguenza immutati anche $A_{mov} = 1350 \text{ m}^2 \text{ e } A_{mov,f} = 2160 \text{ m}^2$.

$$B_p' = \frac{A_{eff} - A_{mov,f}}{A_{har}} = 51$$

Lavorazioni lungo la banchina

Lungo i banchinamenti del cantiere non sono previsti corpi morti per ormeggio a prua, quindi tutte le imbarcazioni possono essere ormeggiate solo all'accosto. Ipotizzando

l'imbarcazione di riferimento lunga 12.5 m, il numero totale di barche ormeggiabili all'accosto è, a seconda dei casi, di 8/9.

Tabella IOC

IOC Soluzione C	Medie e grandi lavorazioni	Rotazioni
Barche permanenti	68	51
Barche temporanee	10	18
Numero max di barche all'accosto	8/9 all'accosto	8/9 all'accosto
Aree dedicate	Nessuna	Nessuna

Tabella 43. Suddivisione impiantistica del Marina e del cantiere navale

5.7.2. Confronto con potenzialità e criticità dell'attuale cantiere

A seguito del confronto dai punti 1) a 8) basati sull'ipotesi progettuale di base (paragrafi 5.1 e 5.2), rimane da valutare il punto 7), relativo al criterio [h] delle Disposizioni PIANC di paragrafo 4.1. I dati di accoglienza sono gli stessi del paragrafo 5.5.2.

Periodo	Accoglienza criterio PIANC		Accoglienza attuale	Verifica
Madia/grandi	A terra	51	78	OK
Medie/grandi lavorazioni	A mare	12	8/9	Condizione limite
	Totali	63	86/87	OK
Rotazioni	A terra	51	69	OK
	A mare	12	8/9	Condizione limite
	Totali	63	77/78	OK

Tabella 44. Confronto fra tabella IOC soluzione progettuale C e criterio di accoglienza PIANC

L'analisi appena eseguita rileva che la soluzione progettuale A soddisfa ampiamente l'accoglienza complessiva e quella a terra previste dal criterio, ma non adempie a quella a mare consigliata per entrambi i periodi. Quest'ultimo valore può comunque essere considerato prossimo a quello previsto, e talvolta (nei casi in cui arrivino barche piccole) può essere eguagliato o superato facilmente.

5.8. Tabella riassuntiva delle ipotesi progettuali

Di seguito sono descritte in un'unica tabella tutte le ipotesi progettuali presentate, messe a confronto con la situazione attuale.

Ipot	esi progettuale	Attuale	A	В	C
	Accoglienza a terra	OK	OK	OK	OK
Medie e grandi	Accoglienza a mare	КО	Condizione limite	Condizione limite	Condizione limite
lavorazioni	Accoglienza totale	Condizione Limite	OK	OK	OK
	Accoglienza a terra	KO	OK	OK	OK
Rotazioni	Accoglienza a mare	KO	Condizione limite	Condizione limite	Condizione limite
	Accoglienza totale	КО	OK	Condizione limite	OK
Aree dedicate Valutazione complessiva relativa al criterio [h] del PIANC		NO	NO	NO	1245 m ²
		KO	OK	Condizione limite	OK

Tabella 45. Confronto fra tabelle IOC delle varie soluzioni progettuali, tabella IOC del cantiere attuale e criterio di accoglienza PIANC

La parziale inefficienza dell'attuale cantiere nel periodo *Medie e grandi lavorazioni* e la totale inefficienza in quello delle *Rotazioni* vengono sanate da tre ipotesi progettuali molto differenti, che prendono in considerazione più utilizzi delle aree a disposizione in funzione delle scelte di mercato che opererà la società gestore dell'area (si passa da un cantiere orientato sulla nautica attuale a quello che offre i suoi servizi anche a imbarcazioni più grandi e pregiate). Oltre a un aumento dell'area totale (si arriva quasi al doppio della precedente) e una conferma delle strutture e della superficie coperta già esistente (più che sufficiente secondo le direttive PIANC) risulta importante la presenza di ben due vasche, di diverse dimensioni, che possono prestarsi sia ad operazioni di varo e alaggio sia a divenire banchinamenti per lavori su imbarcazioni all'accosto.

Le condizioni limite evidenziate in tutte e tre le nuove ipotesi progettuali mettono in evidenza l'unica problematica che ancora rimane nel nuovo cantiere, ovvero l'assenza di banchinamenti estesi a sufficienza per assecondare l'accoglienza a mare consigliata da PIANC. Tale criterio infatti risulta ottemperato solo nei momenti in cui la vasca, come detto prima, possa essere convertita a spazio banchinato. Una ulteriore soluzione potrebbe essere quella di ormeggiare all'accosto le imbarcazioni su più file. Manovra che tuttavia viene considerata spregiudicata e non accettabile ai fini di garantire sicurezza dell'ormeggio e canali navigabili dimensionalmente sufficienti.

6. STUDIO DI CASSONI CELLULARI IN C.A.

La realizzazione dell'ampliamento finora discusso richiederà la progettazione di nuove aree, sia a terra che a mare. Le aree a mare costituiscono un fattore molto importante per la realizzazione di un porto, per questo ne verrà fatto un approfondimento nel presente capitolo.

Quando si parla di aree portuali a mare parliamo di tutte quelle aree di terra che si interfacciano con l'acqua (banchine, pontili, dighe, moli). Di esse possiamo distinguerne due categorie:

- Aree a mare esterne (tutte le difese portuali che sono a contatto con mare aperto)
- Aree a mare interne (tutte le difese portuali e le aree di attracco che sono a contatto con le acque interne).

Adesso andremo ad analizzare una struttura prevista lungo la banchina cantiere, e quindi in acque interne. Tra gli studi eseguiti dall'Università di Firenze circa l'ampliamento ci sono anche quelli di agitazione interna delle acque di bacino, che ha permesso di quantificare l'entità del moto ondoso all'interno del porto nell'ipotesi in cui si verifichi una certa mareggiata di progetto (in realtà erano ipotizzate più mareggiate, provenienti da diverse direzioni). I progettisti, alla luce di tali studi, hanno optato per la realizzazione di banchine in cassoni cellulari a giorno, ovvero cassoni di cemento armato nella cui parete lato mare poter ricavare una finestra dove alloggiare una scogliera con massi di varia pezzatura.

La scelta del cassone è dovuta alle profondità raggiunte, tali che con strutture a scogliera si debbano realizzare sezioni trapezoidali eccessivamente ingombranti. La scelta di ricavare una finestra a giorno per la scogliera è dovuta al fatto che dagli studi è emersa la necessità di ridurre l'agitazione ondosa interna. Un'onda che si trova ad interagire su di una parete piana (ad esempio quella verticale di un cassone pieno) può generare un'onda riflessa la cui altezza può raggiungere fino a due volte l'altezza di quella che l'ha generata, contribuendo quindi ad una agitazione ondosa maggiore rispetto al caso in cui l'onda si trovi ad interagire su di una scogliera. Infatti la presenza di vuoti fa si che vi sia una dissipazione energetica dell'onda che si propaga nella scogliera, che di conseguenza abbatte anche l'altezza dell'onda riflessa, riducendo sensibilmente l'agitazione ondosa rispetto al caso precedente.

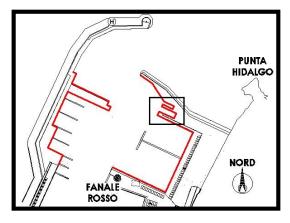
L'apertura ricavata sulla parete del cassone è stata fissata tenendo conto della posizione del livello medio mare rispetto al fondo, tenendo conto dei seguenti fenomeni:

- Variazioni di pressione
- Maree
- Massima cresta d'onda
- Massimo cavo d'onda

Con questi accorgimenti risulta possibile ottenere attenuazioni dell'ordine del'80% per le onde generate dal vento e dalla barche in movimento mentre le onde provenienti

dall'imboccatura caratterizzate da periodi più lunghi vengono attenuate in modo minore. Una ottimizzazione è possibile eseguendo studi specifici su modelli fisici.

Nella seguenti immagini sono segnalate le banchine in cui è stato deciso di intervenire secondo questo principio, e viene inquadrata l'area di progetto sia planimetricamente che in sezione.



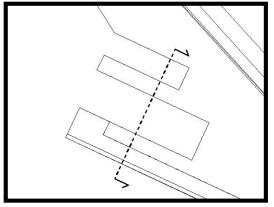


Figure 41. (a) Posizionamento dei cassoni in c.a. lungo le banchine dell'ampliamento ed inquadramento dell'area interessata dal progetto. (b) Sezione trasversale vasca di sollevamento

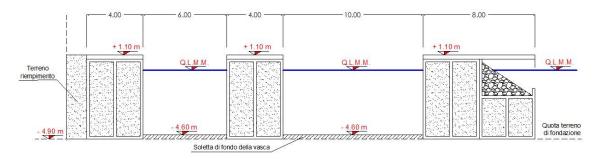


Figura 42. Geometria dei cassoni lungo la sezione trasversale della vasca di sollevamento

La struttura scelta è la vasca di sollevamento, ovvero l'opera più importante del cantiere, in quanto alla base di tutte le attività lavorative che vi hanno sede. Come si vede dalla Fig.42 i cassoni delle vasche non sono tutti della tipologia "a giorno", come invece ipotizzato per gli altri presenti lungo le banchine. Tale scelta è dovuta alle seguenti motivazioni:

- I cassoni della vasca devono essere molto solidi, perciò quelli che non hanno a tergo un terrapieno vengono privati dei vuoti lungo le pareti. Ciò non significa che i cassoni senza vuoti lungo le pareti abbiamo le celle interne riempite completamente,
- Dato che l'area interna delle vasche è modesta si ritiene di non aver bisogno di scogliere interne per ridurre il moto ondoso generato da onde riflesse, poiché i numerosi urti delle onde all'interno della vasca riducono di per sé molta dell'energia associata all'onda,
- Si ritiene pericolosa la possibilità che per un qualsiasi evento si possa verificare caduta di parti delle scogliere, posizionate all'interno dei cassoni, sul fondo della vasca. Elementi che potrebbero poi essere urtati dalle imbarcazioni durante manovre di alaggio/varo.

Dal punto di vista strutturale si è deciso di studiare questa opera perché:

- costituisce la parte banchinata di cantiere che risulta maggiormente esposta alle mareggiate in ingresso al porto,
- ospita sulla sua sommità diverse bitte, deputate all'ormeggio di imbarcazioni fino a 40 m (lunghezza della barca più grande che potrà essere alata nella vasca). Tali bitte scaricheranno sui cassoni un tiro-bitta non indifferente,
- è situata su una profondità tra le più elevate della nuova banchina cantiere, ovvero 4.60 m.
- sulla sua sommità grava il carico più grande che interessa il cantiere, ovvero il peso scaricato a terra dal travel attraverso le proprie ruote (carico puntuale presente per ogni ruota del travel).

I cassoni che risultano più sollecitati sono quelli che costituiscono la divisione fra le due vasche di alaggio. La loro nomenclatura è introdotta dalla seguente immagine.

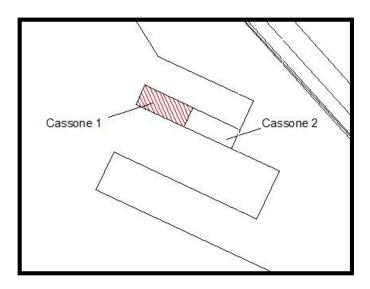


Figura 43. Nomenclatura dei cassoni lungo la divisione delle due vasche

Entrambi si affacciano sugli stessi fondali, ospitano bitte in testa per l'ormeggio delle imbarcazioni presenti nelle vasche e sono percorsi in testa dagli stessi travel (sia quello da 75/100 t che quello da 250 t). L'unica differenza è che il Cassone 1 è maggiormente esposto ai moti ondosi rispetto al Cassone 2, essendo esso posizionato in testa al molo. In merito a quest'ultima notazione si decide di assumere il Cassone 1 come cassone di progetto nei successivi paragrafi.

6.1. Geometria e materiali del cassone

Il cassone di progetto, realizzato in cemento armato, assume la forma di un parallelepipedo scatolare di dimensioni 10x5.7x4 m, al cui interno sono ricavate più celle (o vani, 10 nel nostro caso) che al momento del varo della struttura sono completamente vuoti. La suddivisione in celle è ottenuta mediante setti longitudinali e trasversali, con funzioni di divisione degli spazi e irrgidimento lungo le due direzioni.

Una volta condotto il cassone sul sito di costruzione le celle vengono riempite (solitamente con acqua e sabbia) e il cassone viene affondato per essere adagiato sul fondo. Non è detto che il fondo abbia caratteristiche fisiche e meccaniche idonee a sostenere il peso del cassone e delle azioni portate su di esso, per questo prima dell'affondamento, quando necessario, vengono fatti interventi di dragaggio, sfondellamento e/o messa in opera di scogliere, al fine di costituire un basamento idoneo ad ospitare il cassone. La parte superiore del cassone viene chiusa da una soletta di copertura, realizzata dopo aver completato il processo di riempimento delle celle.

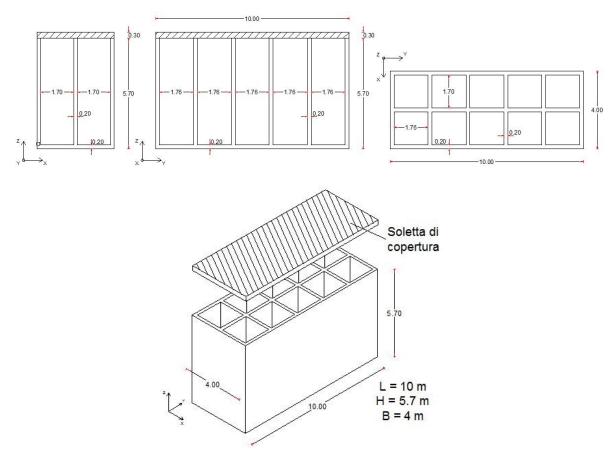


Figura 44. Geometria del cassone in sezione e assonometria

Definiamo la nomenclatura dei seguenti parametri di progetto:

- L, lunghezza cassone = 10 m,
- H, altezza cassone = 5.7 m,
- B, larghezza cassone = 4 m,
- A_t , area trasversale totale (cassone pieno, senza vuoti) = 40 m²
- A_c, area trasversale del cassone (tenendo conto dei vuoti coincide con l'area trasversale dei setti) = 10 m²
- A_v , area trasversale dei vuoti = 30 m²
- V_t , volume totale cassone (cassone pieno, senza vuoti) = 228 m³
- V_v , volume dei vuoti = 164.50 m³
- V_c , volume cassone al netto dei vuoti = 63.50 m³
- γ_c , peso di volume del cemento armato segue determinazione
- γ_r , peso di volume del riempimento segue determinazione

• $\gamma_{\rm w}$, peso di volume dell'acqua = 10 KN/m³

Peso di volume del cemento armato

Per la realizzazione del cassone non si usano i calcestruzzi previsti per le civili abitazioni, poiché l'ambiente in cui si viene a trovare il cassone è un ambiente aggressivo nei confronti del cemento armato.

Le norme UNI EN 206:2006 e UNI 11104:2004 introducono 6 classi di esposizione per il calcestruzzo strutturale e 17 sottoclassi in funzione dell'entità del degrado (dove oltre al massimo rapporto a/c e al minimo contenuti di cemento viene indicata anche la minima classe di resistenza tutto per garantire la durabilità del materiale).

Le norme UNI EN 206:2006 così come modificata e integrata dalla UNI 11104:2004 (per l'applicazione in Italia della EN 206) prevede quanto segue:

Corrosione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare:

- XS1 esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare: $a/c_{max} = 0.45(0.50)$; dosaggio minimo di cemento $(kg/m^3) = 340(300)$; minima classe di resistenza: C32/40(C30/37)
- XS2 permanentemente sommerso: $a/c_{max} = 0,45$; dosaggio minimo di cemento $(kg/m^3) = 360(320)$; minima classe di resistenza: C35/45
- XS3 zone esposte agli spruzzi o alla marea: $a/c_{max} = 0,45$; dosaggio minimo di cemento $(kg/m^3) = 360(340)$; minima classe di resistenza: C35/45

Il nostro caso rientra nella seconda categoria (permanentemente sommerso), per cui la classe di resistenza minima sarà la C35/45. Il suo peso di volume è pari a 24 KN/m³, a cui deve essere aggiunta la presenza del ferro, anche se la struttura è debolmente armata, perciò:

$$\gamma_c = 24.5 \text{ KN/m}^3$$
.

Peso di volume del riempimento

Il materiale di riempimento che viene utilizzato è molto vario, speso dipendente dal tipo di terreno presente sul sito in cui viene messo in opera il cassone.

Nel nostro caso utilizzeremo sabbia ed acqua, perciò il peso di volume del riempimento sarà pari a quello della sabbia bagnata sciolta (FONTE: http://www.sigmundcarlo.net):

$$\gamma r = 19 \text{ KN/m}^3$$

6.2. Riempimento e affondamento del cassone

Durante la vita utile del cassone dobbiamo poter determinare il suo riempimento e il suo affondamento in tre situazioni:

1) Al momento del suo varo, quando le celle (o vani) sono completamente vuoti,

- 2) Al momento della sua messo in opera (posizionamento sul fondo del mare),
- 3) Quando viene previsto un riempimento extra oltre a quello per il posizionamento in sito, per far si che il cassone resista alle azioni sollecitanti di progetto.

Varo del cassone

Dal momento in cui viene varato il cassone è in grado di galleggiare, il volume di riempimento è nullo poiché le celle sono vuote e l'affondamento può essere valutato con relazioni elementari di idrostatica.

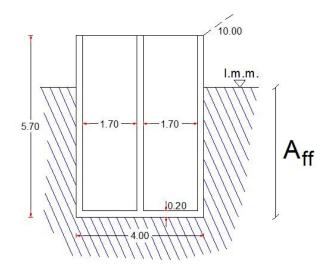


Figura 45. Affondamento del cassone al momento del varo

$$\gamma_c \cdot V_c = \gamma_w \cdot V_{aff}$$

Dove V_{aff} è il volume di cassone sotto il livello del mare, ottenuto come prodotto dell'area di base A_t per l'affondamento A_{ff} .

$$\gamma_c \cdot V_c = \gamma_w \cdot V_{aff} = \gamma_w \cdot A_t \cdot A_{ff}$$
$$A_{ff} = \frac{\gamma_c \cdot V_c}{\gamma_w \cdot A_t} = 3.89 m$$

Il cassone rimane quindi affiorante per H – $A_{\rm ff}$ = 1.81 m.

Posizionamento sul fondo del cassone (affondamento)

Quando il cassone ha raggiunto la corretta posizione, mediante l'utilizzo di rimorchiatori, subisce un parziale riempimento delle celle per far si che la base poggi sul fondale di progetto (che è stato già predisposto per accogliere adeguatamente il cassone). Ancora una volta, conoscendo $A_{\rm ff} = 4.90$ m (Fig. 42) e volendo determinare $V_{\rm r}$, il volume del riempimento.

$$\begin{aligned} \gamma_c \cdot V_c + \gamma_r \cdot V_r &= \gamma_w \cdot V_{aff} = \gamma_w \cdot A_t \cdot A_{ff} \\ V_r &= \frac{\gamma_w \cdot V_{aff} - \gamma_c \cdot V_c}{\gamma_r} = 21.27 \ m^3 \end{aligned}$$

Essendo 10 celle il volume di riempimento della singola cella, $V_{r,s}$, vale 2.13 m³. Sapendo che l'area di base di una cella vale $A_{v,s} = A_v/10 = 3$ m², otteniamo che l'altezza di riempimento di ogni singola cella vale $H_r = 0.71$ m (13% della totale).

In questo modo abbiamo determinato il riempimento necessario ad affondare il cassone quando esso è immerso in acqua con livello pari a quello del medio mare. Tuttavia è possibile che la presenza di marea, onde o variazioni di pressioni faccia aumentare il livello medio mare, aumentando $A_{\rm ff}$. Ipotizzando di eseguire la messa in opera del cassoni in condizioni di pressione standard e in assenza di onde, l'affondamento deve essere modificato sommando massima alta marea registrata a Punta Ala, che risulta essere pari a 0.35 m. Eseguendo lo stesso procedimento precedente otteniamo:

$$H_r = 0.95 \, m$$
, (18% della totale)

Ogni cella deve essere riempita fino a circa 1 m a partire dalla propria base per garantire l'effettivo affondamento del cassone.

Riempimento aggiuntivo per aumentare la resistenza

Ai fini delle verifiche previste dalle NTC2008 il cassone si colloca fra le opere di sostegno, in particolare fra le opere di sostegno a gravità, che resistono alle azioni sollecitanti in virtù del loro peso.

La massa del cassone è rappresentata sia dal cemento armato di cui è costituita la struttura principale che dal riempimento immesso nelle varie celle. Il primo contributo risulta fisso e non modificabile, mentre il secondo è da noi gestibile per ovviare alle verifiche richieste dalla normativa. Questo aspetto verrà approfondito nel prossimo paragrafo.

Per quanto riguarda A_{ff} , dal momento che la messa in opera è terminata l'affondamento rimane costante.

6.3. Verifiche previste

Come detto nel precedente paragrafo il cassone deve essere considerato un'opera di sostegno a gravità, per le quali le NTC2008 prevedono le seguenti verifiche, sia in condizioni sismiche che non.

Verifiche SLU di tipo geotecnico (GEO)

- Stabilità globale del complesso opera di sostegno- terreno,
- Scorrimento sul piano di posa,
- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno.

Verifiche SLU di equilibrio di corpo rigido (GEO)

• Ribaltamento.

Verifiche SLU di tipo strutturale (STR)

Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Verifiche SLE

- Cedimenti assoluti e differenziali.
- Deformazioni ammissibili del cassone.

Le NTC2008 richiedono che per ciascuna verifica sia soddisfatta la seguente condizione:

$$E_d \leq R_d$$

Dove:

- E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione,
- R_d è il valore di progetto della resistenza.

Il cassone in esame si considera già progettato dal punto di vista strutturale (verifiche STR previste dalle NTC2008), ovvero con quantitativi di cemento e acciaio nella misura necessaria a resistere alle varie sollecitazioni a cui saranno sottoposti. Questa fase risulta preventiva rispetto alle altre verifiche, in quanto deve essere fatta prima della realizzazione del cassone (noti i sovraccarichi, i pesi propri e le azioni sollecitanti), mentre noi vogliamo valutare la sua stabilità post messa in opera.

Per poter eseguire le verifiche di tipo geotecnico si necessita della conoscenza del modello geotecnico su cui poggia la struttura. Un primo studio sulla successione stratigrafica è stato fatto, ma in mancanza di indagini approfondite che ci permettano di ricavare le caratteristiche geotecniche degli strati, non è possibile fare alcuna verifica. La mancanza di tale modello impedisce al momento anche lo svolgimento di verifiche in condizioni sismiche, dato che la risposta sismica locale RSL (con la quale otteniamo lo spettro di risposta di progetto) ha bisogno della definizione di parametri stratigrafici, topografici e meccanici del terreno che noi non conosciamo.

L'unica verifica che può essere da noi condotta è quella di ribaltamento, dove non è mobilitata alcuna resistenza da parte del terreno ed è sufficiente la conoscenza di geometria, materiali ed azioni sollecitanti esterne sul cassone per essere eseguita. Noti questi dati possiamo infatti ipotizzare incognito il peso del riempimento $\gamma_r V_r$ necessario a garantire la stabilità a ribaltamento del cassone, e determinarlo con formula inversa assumendo come dato di partenza che $E_d = R_d$.

L'approccio previsto dalla normativa per la verifica è il seguente: EQU + M2 +R2. I coefficienti parziali di sicurezza previsti sono riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.5.I della normativa. E' opportuno notare che nella tabella 6.5.I non vi è alcun coefficiente relativo al ribaltamento, che quindi può essere considerato pari a 1. Nelle NTC 2014, non ancora in vigore, viene introdotto invece un coefficiente $\gamma_r = 1.15$, che si decide di utilizzare nel corso della verifica.

Tabella 6.2.I – Coef	ficienti parziali	i perle azioni o	per l'effe	etto delle	azioni
CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F (o \gamma_E)$	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
D	Favorevole		0,9	1,0	1,0
Permanenti	Sfavorevole	vorevole $^{\gamma_{G1}}$	1,1	1,3	1,0
Permanenti non	Favorevole		0,0	0,0	0,0
strutturali	Sfavorevole	γ _{G2}	1,5	1,5	1,3
** * * * **	Favorevole		0,0	0,0	0,0
Variabili	Sfavorevole	γQi	1,5	1,5	1,3

Figura 46. Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	tan φ' _k	γ _φ .	1,0	1,25
Coesione efficace	c' _k	γ _c .	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γeu	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γγ	1,0	1,0

Figura 47. Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

 $\textbf{Tab. 6.5.I-Coefficienti parziali } \gamma_{\tt R} \ per \ le \ verifiche \ agli \ stati \ limite \ ultimi \ di \ muri \ di \ sostegno$

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1.4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.1$
Ribaltamento	$\gamma_{R} = 1.15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1.4$

Figura 48. Coefficienti parziali per le resistenze, come modificato dalle NTC2014

La verifica prevede che:

$$E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$$

6.4. Azioni agenti sulla struttura

La verifica a ribaltamento prevista verrà svolta sul Cassone 1, posizionato sul molo di divisione delle due vasche di alaggio. Le forze interessate alla verifica, agenti sul cassone, si dividono fra stabilizzanti e instabilizzanti:

A = i o = i	Peso proprio del cassone (decurtato della spinta di galleggiamento)		
Azioni stabilizzanti	Sovraccarico del travel lift		
stabilizzanti	Sovraccarico della soletta di copertura		
	Moto ondoso (azione di cresta e cavo)		
Azioni	Sottospinta idraulica		
instabilizzanti	Tiro-bitta		
	Compressione dei parabordi		

Tabella 46. Suddivisione fra azioni stabilizzanti e instabilizzanti

Occorre aggiungere alcune notazioni:

- 1) Al momento della verifica si suppone che non sia presente il travel in sommità, dato il suo grande contributo stabilizzante nei confronti del ribaltamento. Stessa conclusione a cui si arriva con la normativa, che considera il peso del travel come azione variabile favorevole, e quindi con coefficiente parziale di sicurezza nullo,
- 2) Nelle due vasche di suppone la presenza di due imbarcazioni (delle massime dimensioni ospitabili in vasca), una che genera il tiro-bitta e l'altra che si appoggia ai parabordi (le configurazioni sollecitanti da verificare sono quindi due, considerando i ruoli invertiti),
- 3) Per quanto riguarda il moto ondoso si considera una configurazione sollecitante in cui da un lato agisce il mare in condizioni di massima cresta (azione instabilizzante) e dall'altro agisce il mare in condizioni di massimo cavo, la quale viene trascurata a favore di sicurezza. La direzione in cui agisce il mare in condizioni di massima cresta è sempre coincidente con la direzione del massimo tiro-bitta.

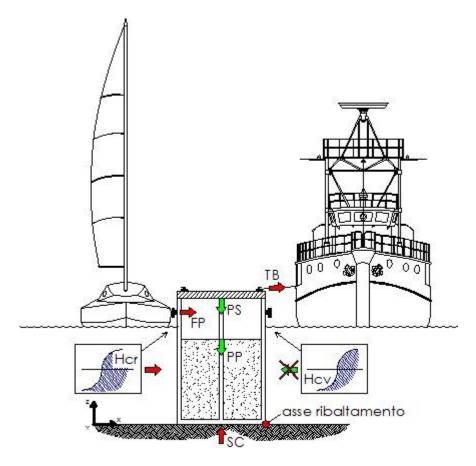


Figura 49. Configurazione sollecitante 1

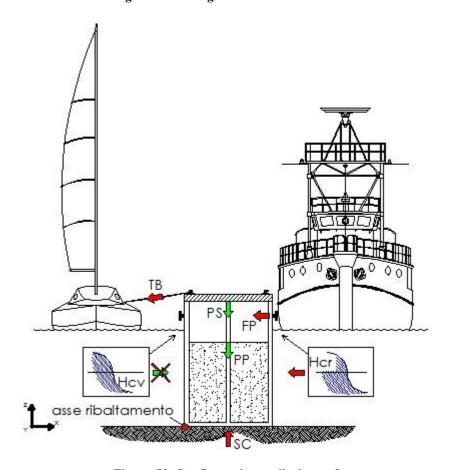


Figura 50. Configurazione sollecitante 2

Le due configurazioni sollecitanti tengono di conto di un potenziale ribaltamento rispetto al lato lungo del cassone, mentre non considerano il ribaltamento rispetto al alto corto. Questo aspetto è motivato dal fatto che i ribaltamenti lungo i lato corti sono meno pericolosi (in un caso non è presente l'azione del moto ondoso mentre nell'altro caso il ribaltamento è impedito dalla presenza del cassone adiacente. Inoltre il braccio che genera il momento stabilizzante del peso proprio del cassone è molto maggiore rispetto all'altro caso), perciò la verifica di ribaltamento rispetto ai lati lunghi soddisfa entrambe le verifiche.

6.4.1. Peso proprio del cassone

Il peso proprio del cassone (struttura in cemento armato + riempimento) è applicato centro di massa della sezione, diverso dal baricentro geometrico. Il centro di massa e il baricentro geometrico hanno la stessa ascissa orizzontale ma non la stessa ascissa verticale, in quanto al variare del riempimento il centro di massa tenderà ad variare la propria altezza.

Nonostante la struttura risulti essere quasi totalmente sommersa (in condizioni di esercizio la parete affiorante è pari a 0.80 m, che diventano 0.45 m in presenza di massima alta marea), viene considerata totalmente sommersa, quindi si deve decurtare dal peso di volume totale la sottospinta idraulica dell'acqua data dal principio di Archimede.

$$\begin{split} P_p &= \gamma_c' \cdot V_c + \gamma_r' \cdot V_r \\ \gamma_c' &= \gamma_c - \gamma_w = 14.5 \, KN/m^3 \qquad \gamma_r' = \gamma_r - \gamma_w = 9 \, KN/m^3 \end{split}$$

Essendo un'azione permanente favorevole (ovvero stabilizzante) il coefficiente parziale di sicurezza è $\gamma_{G1} = 0.9$.

6.4.2. Sovraccarico della soletta di copertura

Il sovraccarico della soletta di copertura è applicato nel suo baricentro geometrico, coincidente con il suo centro di massa poiché l'elemento è considerato omogeneo. La retta d'azione della forza è coincidente con quella del peso proprio del cassone.

$$P_{sc} = \gamma_{sc} \cdot V_{sc} = 25 \frac{KN}{m^3} \cdot 4 \, m \cdot 0.30 \, m \cdot 10 \, m = 300 \, KN$$

Essendo un'azione permanente strutturale favorevole (ovvero stabilizzante) il coefficiente parziale di sicurezza è $\gamma_{G1} = 0.9$.

6.4.3. Moto ondoso e sottospinta idraulica

Al fine di determinare il moto ondoso agente sulla struttura in questione il nostro studio dovrebbe partire dalla conoscenza storica dei parametri di moto ondoso a largo, che poi vengono elaborati e trasformati in parametri di moto ondoso a costa. Tale procedimento ci permette di ricavare l'altezza d'onda di progetto che insisterà sulla nostra struttura, normalmente calcolata in funzione dell'altezza d'onda frangente o dell'altezza significativa dell'onda a largo (varia a seconda del metodo utilizzato).

Studi marittimi già eseguiti sull'ipotesi dell'ampliamento ci permettono di evitare tale procedura.

Determinazione dell'altezza d'onda di progetto

AM3, spin-off partecipato dall'Università di Firenze, che si occupa di idraulica marittima, negli ultimi anni ha eseguito una modellazione numerica dei moti ondosi, delle correnti marine, del fenomeno di risonanza portuale e della movimentazione di trasporto solido nelle acque esterne ed interne dal porto, concentrando la propria attenzione sulle diverse onde, provenienti dai settori di traversia del porto di Punta Ala.

In particolare l'agitazione più marcata nei pressi delle vasche di sollevamento viene causata da un'onda con i seguenti parametri.

Altezza d'onda al largo H [m]	Periodo di picco T _p [m]	Direzione [°N]
4.1	9	300

Tabella 47. Parametri dell'onda al largo che genera la maggior agitazione nei pressi delle vasche



Figura 51. Agitazione ondosa bacino portuale, dovuta a onda proveniente da 300 °N (Fonte: AM3 2015)

La planimetria di progetto riportata nella precedente immagine non corrisponde a quella presentata nei capitoli precedenti, ma è quella che più vi si avvicina.

Gli studi di AM3 infatti consideravano quattro diverse ipotesi progettuali, da valutare sotto più punti di vista. L'ipotesi considerata più valida è stata poi leggermente modificata per poi ottenere quella presentata e discussa dal Capitolo 5 in poi.

L'altezza di progetto raggiunta nei pressi delle vasche è: $H_{prog} = 0.50$ m. Il periodo di progetto può considerarsi costante durante il processo di propagazione da largo a bacino portuale, ovvero pari a: T = 9 s. La lunghezza d'onda di progetto si determina con la seguente formula, denominata equazione di dispersione:

$$\omega^2 = k \cdot g \cdot tgh(kd)$$

Con:

- $\omega = 2\pi/T$,
- T, periodo di progetto dell'onda in s,
- g, accelerazione gravitazionale in m/s²,
- $k = 2\pi/L$, numero caratteristico d'onda,
- L, lunghezza d'onda di progetto in m,
- d, profondità dell'acqua davanti alla parete del cassone, pari a 4.60 m.

In definitiva abbiamo:

Altezza d'onda di progetto H [m]	Periodo di progetto T [s]	Lunghezza d'onda di progetto L [m]
0.5	9	34.89

Tabella 48. Parametri dell'onda di progetto insistente sulla parete del cassone

Determinazione delle spinte dell'acqua sul cassone

Quando un moto ondoso insiste su di una struttura a paramento verticale, il comportamento dell'onda può essere impulsivo o non impulsivo. Individuare il comportamento dell'onda sulla parete verticale è importante, poiché al variare di esso cambiano i modelli che permettono la valutazione delle pressioni agenti sulla struttura. Per onde sia impulsive che non impulsive possiamo utilizzare il metodo di Goda (1995), "Random Seas and Design of Maritime Structures" (testo molto noto ed utilizzato nell'Ingegneria marittima).

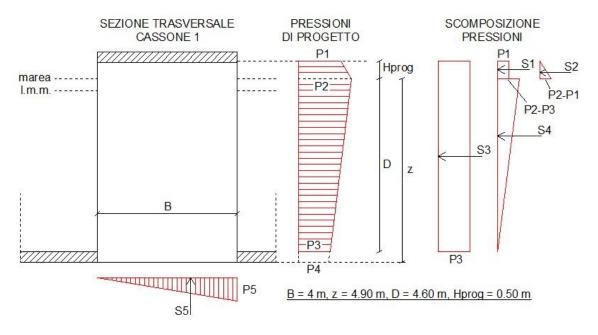


Figura 52. Schema di Goda per la determinazione delle pressioni agenti lungo la parete del cassone

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{P_2}{cosh(kz)} \\ P_2 &= \gamma_w \cdot H_{prog} \cdot (\alpha_1 + \alpha_2 \cdot cos^2 \beta) \\ P_3 &= \alpha_3 \cdot P_2 \\ P_5 &= \alpha_1 \cdot \alpha_3 \cdot \gamma_w \cdot H_{prog} \end{aligned}$$

Dove:

- $k = 2\pi/L$, con L lunghezza d'onda di progetto,
- z, livello del mare rispetto al piede del cassone (4.90 m) aumentato dell'altezza della massima marea (0.35 m), quindi pari a 5.25 m. Il piano viabile rimane quindi affiorante di 0.75 m,
- D, livello del mare, aumentato dell'altezza della massima marea, rispetto all'estremo superiore della soletta di fondo della vasca. Ottenuto come z meno lo spessore della soletta (0.30 m), quindi 4.95 m,
- β, angolo di incidenza dell'onda sulla parete del cassone, pari a 0° (onda perpendicolare alla parete),

$$\begin{split} \alpha_1 &= 0.6 + \frac{1}{2} \left(\frac{4z/L}{\sinh \frac{4\pi z}{L}} \right)^2 = 0.62 \\ \alpha_2 &= \min \left(\frac{2D}{H_{prog}}, \frac{z-D}{3z} \cdot \left(\frac{H_{prog}}{D} \right)^2 \right) \sim 0.00 \\ \alpha_3 &= 1 - \frac{D}{z} \left(1 - \frac{1}{\cosh \left(\frac{2\pi z}{L} \right)} \right) = 0.70 \end{split}$$

N.B.1: Per il calcolo di α_2 il valore di z dovrebbe essere sostituito con $z' = z + 5H_s \cdot tg\theta$, dove H_s è l'altezza d'onda significativa al largo e θ l'inclinazione del fondale davanti al cassone. Essendo però tale inclinazione pari a 0° , il valore di z' coincide con z.

N.B.2: non è riportata alcuna formula per la determinazione di P₄ poiché ininfluente per la determinazione delle spinte.

$P_1 [KN/m^2]$	$P_2 [KN/m^2]$	$P_3 [KN/m^2]$	$P_5 [KN/m^2]$
2.09	3.1	2.17	2.17

Tabella 49. Determinazione delle pressioni sulla parete del cassone

S ₁ [KN/m]	S ₂ [KN/m]	S ₃ [KN/m]	S ₄ [KN/m]	S ₅ [KN/m]
1.05	0.25	11.83	4.60	8.68

Tabella 50. Determinazione delle spinte per unità di lunghezza sulla parete del cassone

Le spinte per unità di lunghezza vengono trasformate in spinte concentrate moltiplicandole per la profondità del cassone, pari a 10 m.

S ₁ [KN]	S ₂ [KN]	S ₃ [KN]	S ₄ [KN]	S ₅ [KN]
10.5	2.5	118.3	46	86.8

Tabella 51. Determinazione delle spinte sulla parete del cassone

Essendo azioni variabili sfavorevoli (ovvero instabilizzante) il coefficiente parziale di sicurezza è $\gamma_{Q1} = 1.5$.

6.4.4. Tiro-bitta - BS6349 (British standard - Maritime structures)

Il tiro-bitta, così come la reazione scaricata sul cassone dal parabordo, deve essere determinata sulla base di due imbarcazioni tipo, ovvero le massime imbarcazioni ospitabili nelle vasche (larghezza massima = larghezza vasca – larghezza parabordi – 0.50 m per lato per migliorare le manovre di ingresso e uscita dalla vasca; lunghezza trascurabile dato che si possono avere anche imbarcazioni con lunghezze fuori tutto maggiori della lunghezza della vasca). I due modelli scelti sono i seguenti:

Modello	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Pescaggio [m]	Dislocamento [t]
A	37	7.9	2.5	158
В	20	5.4	1.5 (escluso bulbo)	40

Modello	Area imbarcazione sopra livello del mare, A _L [m²]
A	80
В	30 (escluso albero e vela considerata ammainata)

Tabella 52. Specifiche tecniche delle due imbarcazioni tipo

Il tiro-bitta si genera nel momento in cui la cima di ormeggio va in trazione (non può resistere a compressione) ad opera dell'azione del vento e delle correnti. Per valutarlo correttamente dovremmo ipotizzare uno specifico layout di ormeggio, rappresentato dal numero e dalla disposizione dei dispositivi di ormeggio e dal numero di cime utilizzate.

Nel nostro caso supponiamo di fare riferimento ad uno schema di ormeggio con cinque cime, utilizzato in condizioni di emergenza, come da schema seguente (il layout proposto è stato definito con l'aiuto delle maestranze cantieristiche del porto di Punta Ala).

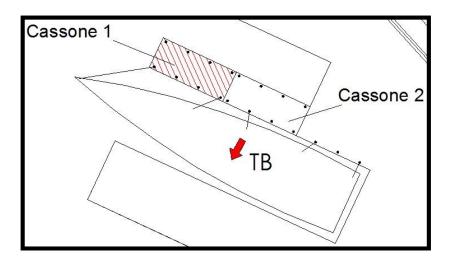


Figura 53. Disposizione delle bitte sui cassoni e layout di ormeggio in emergenza

L'azione calcolata sarà quindi divisa per il numero di dispositivi di ormeggio utilizzati. Ai fini della verifica verranno considerate solo le azioni sulle bitte del Cassone 1.

6.4.4.1. Azione del vento

Forza trasversale sul dispositivo di ormeggio dovuta all'azione del vento

$$F_{TW} = C_{TW} \cdot \rho_A \cdot A_{L,n} \cdot V_W^2 \cdot 10^{-4}$$

Forza longitudinale sul dispositivo di ormeggio dovuta all'azione del vento

$$F_{LW} = C_{LW} \cdot \rho_A \cdot A_{L,n} \cdot V_W^2 \cdot 10^{-4}$$

Dove:

- F_{TW} è la forza trasversale del vento in KN,
- C_{TW} è il coefficiente di forza trasversale del vento,
- F_{LW} è la forza longitudinale del vento in KN,
- C_{LW} è il coefficiente di forza longitudinale del vento,
- ρ_A è la densità dell'aria, che varia da 1.309 kg/m³ (a 0°C) a 1.170 kg/m³ (a 30°C). Noi assumiamo un valore medio di 1.24 kg/m³ (a 15°C),
- $A_{L,n}$ è l'area della sezione longitudinale dell'imbarcazione al di sopra del livello dell'acqua in m^2 , ottenuta come sottrazione dell'area A_L , di cui alla Tab.52, e

l'area longitudinale di imbarcazione protetta dal cassone tra il livello mare e l'estremo superiore dello stesso, A_p :

$$A_p = (H - h) \cdot L$$

Con H dislivello tra livello medio mare estremo superiore del cassone, pari a 1.10 m, h massima alta marea, pari a 0.35 m, e L lunghezza imbarcazione,

 V_W è la velocità di riferimento del vento in m/s, ad altezza 10 m dal livello dell'acqua.

Coefficienti di forza trasversale e longitudinale del vento

I coefficienti sono determinati in base al seguente grafico (che fa riferimento a piccole imbarcazioni da carico ma viene ritenuto valido anche per il nostro caso). Sia C_{TW} che C_{LW} variano con l'angolo di incidenza del vento con l'asse minore dell'imbarcazione e con la condizione di carico dell'imbarcazione, mentre solo C_{TW} varia anche con la direzione di arrivo del vento (poppa o prua). Per determinare C_{LW} ci è indifferente sapere quale sia la fiancata interessata per prima dall'azione del vento.

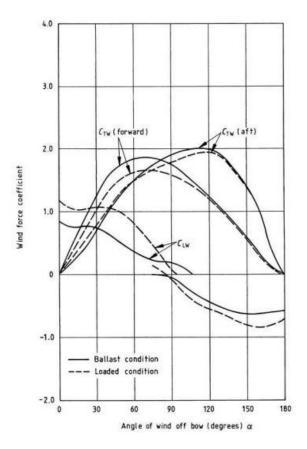


Figura 54. Valori di C_{TW} e C_{LW} al variare di angolo di incidenza e direzione del vento

Il tiro-bitta più gravoso che può generare un potenziale ribaltamento rispetto al lato lungo del cassone è quello generato da un vento che investe perpendicolarmente la fiancata dell'imbarcazione, determinando un angolo di incidenza con l'asse minore dell'imbarcazione $\alpha = 0^{\circ}$. Deduciamo che, in "Ballast condition" (non valutiamo in "Loaded condition" perché si riferisce a condizioni di carico di container e non di imbarcazioni da diporto):

$$C_{TW} = 0$$
 $C_{LW} = 0.8$

Velocità di progetto del vento

La velocità di riferimento del vento a 10 m dal livello dell'acqua, v_b (nel nostro caso V_W) ci è fornita dalle NTC2008, la quale stabilisce che tale valore sia variabile con il rapporto tra a_s (altezza sul livello del mare del l'imbarcazione su cui agisce il vento = 1.5 m) e a_0 (altezza di riferimento relativa al luogo dove si trova l'imbarcazione = per la Toscana vale 500 m).

$$v_b = v_{b0}$$
 se $a_s \le a_0$

Con $v_{b0} = 27$ m/s, di cui alla tabella 3.3.I (come a_0) della normativa.

In definitiva conosciamo tutti i parametri per determinare F_{TW} e $F_{TW,S}$, che indica l'azione sul singolo dispositivo ottenuta dividendo l'azione totale per il numero di bitte utilizzate per l'ormeggio, ovvero 4 (si considerano anche le bitte non situate sul Cassone 1).

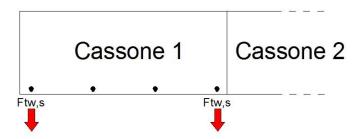


Figura 55. Individuazione delle bitte interessate dall'azione F_{TW} sul Cassone 1

Modello	C_{LW}	$\rho_{\rm A} [{ m kg/m}^3]$	$A_{L,n}$ [m ²]	V _W [m/s]	F _{TW} [KN]	F _{TW,S} [KN]
A	0.8	1.24	52	27	376	75
В	0.8	1.24	15	27	108	21

Tabella 53. Determinazione di F_{TW} e F_{TW,S}

 F_{TW} è nullo poiché $C_{TW} = 0$.

Essendo azioni variabili sfavorevoli (ovvero instabilizzante) il coefficiente parziale di sicurezza è $\gamma_{Q2} = 1.5$.

6.4.4.2. Azione delle correnti

Gli studi di AM3, già citati, hanno concentrato la loro attenzione sulle correnti agenti al di fuori del bacino portuale, senza valutarne l'entità all'interno. Questa scelta è stata fatta poiché le correnti interne al bacino portuale sono molto basse, a tal punto da poter essere considerate trascurabili, e quindi incapaci di generare un tiro-bitta degno di nota in una imbarcazione che si trova in uno spazio ristretto come quello della vasca di sollevamento.

Pertanto l'azione delle correnti che genera tiro-bitta è da considerarsi nulla.

6.4.5. Compressione dei parabordi - BS6349 (British standard - Maritime structures).

Quando una imbarcazione viene spinta, dall'azione del vento o dalla corrente, contro il cassone, entrano in azione i parabordi (anche detti fender), ovvero sistemi per l'assorbimento dell'energia di accosto impiegati per la protezione delle strutture di ormeggio (il cassone è una struttura rigida e ha poca capacità di assorbire l'energia) e la riduzione delle forze reattive sullo scafo delle navi. I fender si deformano elasticamente assorbendo l'energia di accosto (in questa fase si trascura il contributo di energia assorbito dal cassone, che seppur minimo sarebbe presente) e poi in parte la dissipano sotto forma di calore e in parte la trasformano in una forza reattiva che agisce su scafo dell'imbarcazione e cassone.

La massima forza reattiva che il parabordo trasferisce alla struttura viene determinata con il seguente iter:

- 1) Scelta dell'imbarcazione di progetto,
- 2) Scelta del layout di ormeggio,
- 3) Determinazione dell'energia assorbita di progetto,
- 4) Dimensionamento del parabordo (i parabordi si differenziano per tipologia, geometria, capacità dissipativa, forza di reazione e massima deformazione nominale o curva di capacità),
- 5) Determinazione della forza reattiva,
- 6) Verifica della struttura e dello scafo dell'imbarcazione (a noi interessa solo il primo caso).

6.4.5.1. Imbarcazioni di progetto

Le imbarcazioni di progetto che si suppongo all'accosto sul cassone sono le stesse due per le quali si è determinato il tiro-bitta al paragrafo precedente.

6.4.5.2. Layout di ormeggio

Esistono procedure (soprattutto con programmi di calcolo appositi) che permettono di studiare più configurazioni di ormeggio in base alle quali studiare l'accosto. Nel nostro caso supponiamo che il numero e la disposizione delle cime sia indifferente al fine di determinare la modalità di accosto dell'imbarcazione, la quale si suppone che si appoggi su tutti i parabordi presenti lungo la vasca (posizionati sul Cassone 1 e sul Cassone 2) nello stesso istante, causando la stessa compressione su ciascuno di essi (si trascura la presenza di parabordi montati su altri cassoni).

Questa ipotesi è accettabile in quanto stiamo parlando di imbarcazioni posizionate con cautela all'interno di vasche di sollevamento, in modo che ogni punto delle fiancate sia equidistante dalle due pareti laterali. Una qualsiasi azione esterna che porti l'imbarcazione verso una parete agisce su uno scostamento cassone/fiancata

imbarcazione troppo piccolo per poter modificare tale equidistanza e generare rotazioni del mezzo.

6.4.5.3. Determinazione dell'energia assorbita di progetto

Il seguente grafico mostra la relazione fra forza reattiva, energia assorbita dal parabordo e deformazione massima dello stesso, che cambia al variare del parabordo scelto.

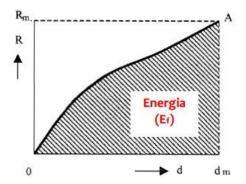


Figura 56. Rappresentazione sul grafico R – d dell'energia assorbita dal parabordo $E_{\rm f}$

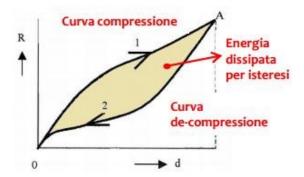


Figura 57. Rappresentazione sul grafico R – d dell'energia dissipata per isteresi nel ciclo compressione/decompressione del parabordo

Definiamo la seguente relazione:

$$E_f = f \cdot R_m \cdot d_m$$

Dove:

- E_f è l'energia cinetica dell'imbarcazione assorbita dal parabordo in KNm,
- f rappresenta l'efficienza del sistema di assorbimento, variabile da 0 a 1. Noi assumiamo un valore pari a 0.9, considerando un possibile lieve danneggiamento del parabordo,
- R_m è la massima forza reattiva trasferibile dal parabordo in KN,
- d_m è la massima deformazione del parabordo in m.

Per valutare l'energia cinetica E_f usiamo la seguente relazione:

$$E_f = \frac{1}{2} \cdot M \cdot V^2 \cdot C_e \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_c \cdot F_s$$

Dove:

- M è il dislocamento dell'imbarcazione di progetto in t, di cui alla Tab.52,
- V è la velocità di accosto dell'imbarcazione, perpendicolare al cassone, in m/s. Nel nostro caso l'imbarcazione è delle dimensioni massime ospitabili in vasca, perciò lo spazio ristretto fa si che la velocità di accosto massima raggiunta può essere di 0.15 m/s (la norma Spanish ROM Standard 0.2-90 definisce un massimo di 0.16 m/s per le velocità di grandi imbarcazioni in condizioni di accosto favorevoli, distinguendole dalle moderate e dalle sfavorevoli),
- C_e è il coefficiente di eccentricità,
- C_m è il coefficiente idrodinamico di massa,
- C_s è il coefficiente di elasticità,
- C_c è il coefficiente di configurazione dell'approdo (quindi relativo al cassone),
- F_s è un fattore di sicurezza proposto da PIANC che tiene di conto del possibile danneggiamento sull'operatività della struttura da parte di imbarcazioni all'ormeggio, della frequenza degli ormeggi, del fatto che la struttura possa essere dimensionata per ricevere imbarcazioni all'ormeggio con basse velocità di accosto, della vulnerabilità di struttura e parabordi (il PIANC propone che la massima forza reattiva prevista in fase di progetto sia amplificata di 2/3 volte per prevedere possibili danneggiamenti) e della variabilità di navi che impegneranno l'ormeggio rispetto alle condizioni di progetto. Il suo valore varia da 1.1 a 2. Noi assumiamo un valore medio di 1.5.

Coefficiente di eccentricità C_e

Il PIANC dispone che se la condizione di ormeggio è continua (tale da far si che l'imbarcazione urti tutti i parabordi nello stesso istante se si avvicina all'accosto, come abbiamo ipotizzato) il coefficiente C_e vale 0.5.

Coefficiente idrodinamico di massa C_m

Coefficiente che considera l'incremento della massa per effetto del movimento dell'acqua intorno alla nave. Per la sua determinazione esistono varie formule.

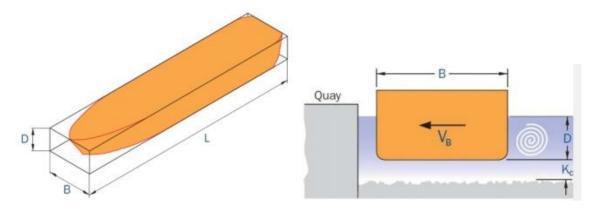


Figura 58. Lista dei parametri in base ai quali determinare C_m

Formula di Shigeru-Ueda (1981):
$$C_b = \frac{M}{L \cdot B \cdot D \cdot \rho}$$
, $C_m = 1 + \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot C_b \cdot B}$, $\rho = \text{densità acqua}$

Formula di Vasco Costa (1964): $C_m = 1 + \frac{2 \cdot D}{B}$

Formula di PIANC (2002); nel caso in cui K_c sia maggiore di 0.5D (valido per tutte e due le imbarcazioni tipo considerate): $C_m = 1.5$

Ovviamente si assume il valore di C_m più alto.

Coefficiente di elasticità Cs

Esprime l'energia cinetica trasmessa al fender considerando la porzione di energia assorbita dallo scafo della nave a seguito della deformazione elastica.



Figura 59. Schema di deformazione elastica dello scafo al momento dell'impatto sul fender

<u>Nota PIANC</u> (2002): nella maggior parte dei casi il contributo dello scafo è trascurabile e pertanto si mantiene un valore $C_s = 1.0$.

<u>Coefficiente di configurazione dell'approdo C_c</u>

Considera la dissipazione di energia dovuta all'effetto "cuscinetto" esercitato dall'acqua tra lo scafo e la struttura. Dipende da

- struttura di supporto punto di ormeggio
- franco sotto-chiglia
- velocità e angolo di approccio
- spessore e rigidezza fender
- rigidezza dello scafo

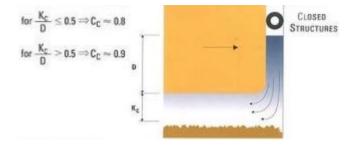


Figura 60. Variazione di C_c con il rapporto K_d/D

Per entrambe le imbarcazioni considerate si fa che $K_d/D \ge 0.5$, perciò $C_c = 0.9$.

In definitiva abbiamo:

Barca	M [t]	V [m/s]	Ce	C _m	Cs	Cc	F _s
A	157	0.15	0.5	2.36	1	0.9	1.5
В	40	0.15	0.5	2.74	1	0.9	1.5

Barca	E _f [KNm]
A	56.27
В	16.65

Tabella 54. Determinazione di $E_{\rm f}$ per i due modelli di barca ipotizzati

6.4.5.4. Dimensionamento del parabordo

Nel nostro caso ipotizziamo una serie di parabordi *V-shaped*, utilizzati molto spesso nelle vasche di sollevamento, dello spessore H = 150 mm, la cui specifica tecnica è riportata nella seguente immagine.

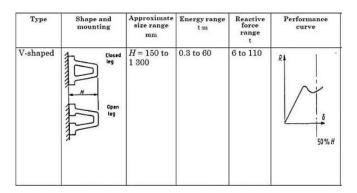


Figura 61. Specifica tecnica del parabordo V-shaped (PIANC BS6349)

Possiamo quindi determinare $d_m = 50\% \cdot H = 75 \text{ mm} = 0.075 \text{ m}$ (condizione di rottura).

6.4.5.5. Determinazione della forza reattiva

Avendo ipotizzato che tutti i parabordi si deformino in egual maniera, possiamo immaginare di sostituire la serie di parabordo con un unico parabordo equivalente, che assorbe tutta l'energia E_f , dopodichè la reazione R_m viene ripartita egualmente per tutti i parabordi (eguale deformazione a parità di forza significa eguale rigidezza assiale, e quindi eguale ripartizione dei carichi).

I parabordi lungo i cassoni sono così posizionati (con R_s è indicata la forza reattiva sul singolo parabordo, ottenuta dividendo R_m per il numero totale di parabordi sui due cassoni, pari ad 8).

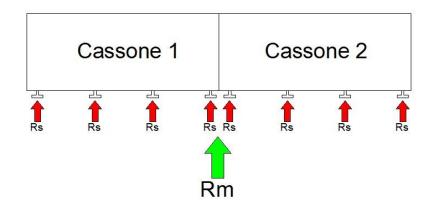


Figura 62. Posizionamento dei parabordi lungo i due cassoni interessati dall'accosto

Ai fini della verifica consideriamo solo le forze reattive gravanti sui parabordi del Cassone 1, ovvero 4.

$$R_m = \frac{E_f}{f \cdot d_m} \qquad R_s = \frac{R_M}{8}$$

Modello	f	d _m [m]	E _f [KNm]	R _m [KN]	R _s [KN]
A	0.9	0.075	56.27	833	104
В	0.9	0.075	16.65	246	31

Tabella 55. Determinazione di $R_{\rm m}$ ed $R_{\rm s}$

Essendo azioni variabili sfavorevoli (ovvero instabilizzante) il coefficiente parziale di sicurezza è $\gamma_{Q3} = 1.5$.

6.5. Verifica a ribaltamento

Avendo determinato tutte le azioni in gioco possiamo passare alle verifiche finali su entrambe le configurazioni sollecitanti.

La verifica è svolta sul cassoni in vista tridimensionale, perciò tutte le forze in gioco saranno concentrate ed espresse in KN.

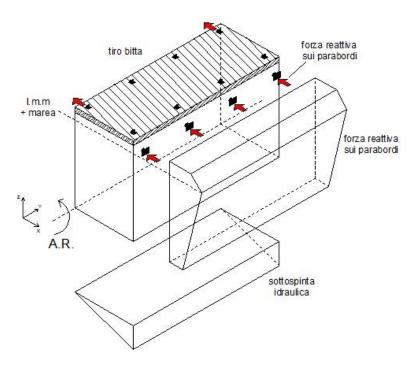


Figura 63. Modello tridimensionale del cassone con disposizione delle forza instabilizzanti della configurazione 2. Nella configurazione 1 la disposizione è opposta.

Azione	Forza [KN]	Braccio [m]	Coeff.te sicurezza	Momento instabilizzante [KNm]
Spinta S1	10.5	5.50	1.5	86.63
Spinta S2	2.5	5.50	1.5	20.63
Spinta S3	118.3	3.025	1.5	536.79
Spinta S4	46	3.6	1.5	248.40
Spinta S5	86.8	2.67	1.5	347.63
Tiro-bitta ($\Sigma F_{TW,S}$)	150	6	1.5	1350.00
Compressione parabordi (ΣR_s)	124	5.5 (*)	1.5	1023.00
	•		•	Totale = 3613.07
Azione	Forza [KN]	Braccio [m]	Coeff.te sicurezza	Momento instabilizzante [KNm]
Peso proprio cassone	1555 + 9V _r	2	0.9	$2800 + 16.2V_{r}$
Sovraccarico	200	2	0.0	540

Tabella 56. Verifica ribaltamento configurazione 1. (*) I parabordi sono posti a 0.50 m dall'estremo superiore della soletta di copertura.

2

0.9

540

Totale = $3340 + 16.2V_r$

300

soletta copertura

Azione	Forza [KN]	Braccio [m]	Coeff.te sicurezza	Momento instabilizzante [KNm]
Spinta S1	10.5	5.50	1.5	86.63
Spinta S2	2.5	5.50	1.5	20.63
Spinta S3	118.3	3.025	1.5	536.79
Spinta S4	46	3.6	1.5	248.40
Spinta S5	86.8	2.67	1.5	347.63
Tiro-bitta ($\Sigma F_{TW,S}$)	42	6	1.5	378.00
Compressione parabordi (ΣR _s)	416	5.5 (*)	1.5	3432.00
<u> </u>	•	•	•	T / 1 5050.07

Totale = 5050.07Braccio Coeff.te Momento Forza [KN] **Azione** [m]sicurezza instabilizzante [KNm] Peso proprio $1555 + 9V_r$ 2 0.9 $2800 + 16.2V_r$ cassone Sovraccarico 300 2 0.9 540 soletta copertura Totale = $3340 + 16.2V_r$

Tabella 57. Verifica ribaltamento configurazione 2. (*) I parabordi sono posti a 0.50 m dall'estremo superiore della soletta di copertura.

Ponendo uguali ente sollecitante ed ente stabilizzante possiamo ricavare V_r per le due configurazioni:

Configurazione 1: $V_r = 16.85 \text{ m}^3$

Configurazione 2: $V_r = 105.56 \text{ m}^3$

Avendo a disposizione 10 celle, il volume di riempimento della singola cella, V_{r,s}, vale:

Configurazione 1: $V_r = 1.69 \text{ m}^3$

Configurazione 2: $V_r = 10.56 \text{ m}^3$

L'area di base di una cella vale $A_{v,s} = A_v/10 = 3 \text{ m}^2$. Otteniamo che l'altezza di riempimento di ogni singola cella vale:

Configurazione 1: $H_r = V_{r,s}/A_{v,s} = 0.56 \text{ m} (10\% \text{ della totale})$

Configurazione 2: $H_r = V_{r,s}/A_{v,s} = 3.52 \text{ m}$ (65% della totale)

Si nota come la prima configurazione (in cui la barca a vela si appoggia ai parabordi e la barca a motore genera il tiro-bitta) costituisca una sollecitazione che richiede un riempimento inferiore a quello necessario per affondare il cassone sul fondale di progetto.

Discorso diverso per la seconda (in cui la barca a vela genera il tiro-bitta e la barca a motore si appoggia ai parabordi), la quale necessita di uno zavorramento in ogni cella sei volte superiore rispetto al caso precedente. Alle azioni già considerate va inoltre aggiunta l'azione sismica orizzontale, la quale incrementerà le azioni instabilizzanti e di conseguenza lo zavorramento aggiuntivo. L'azione sismica nel territorio grossetano non

è molto alta, essendo il territorio di origine paludoso, ma potrebbe essere comunque amplificata dalla tipologia di terreno presente in sito, ad oggi incognita. Pertanto, se volessimo fare una stima di massima, possiamo ipotizzare uno zavorramento aggiuntivo del 30%, portando rispettivamente le due altezze a 0.73 m (13% della totale) e 4.57 m (85% della totale).

Indipendentemente dagli studi di zavorramento eseguiti, l'eventuale completo riempimento delle celle, a favore di sicurezza, viene considerato solo nel caso in cui la portanza dei terreni di posa su cui poggia il cassone risulti essere sufficiente (per poter valutare questo aspetto occorre quindi conoscere il modello geotecnico del terreno di posa interessato). Il riempimento in questi casi può essere fatto anche con sabbia asciutta, il cui peso di volume può raggiungere valori di 21 KN/m³.

E' opportuno sottolineare l'importanza del layout di ormeggio per poter determinare (spesso lo si fa affidandosi ad appositi programmi di calcolo) la forza reattiva scaricata sui singoli parabordi. La seconda configurazione sollecitante dimostra come all'aumentare delle dimensioni e del dislocamento dell'imbarcazione aumenti anche il quantitativo di energia che il parabordo assorbirà per un eventuale urto fra esso e lo scafo del mezzo. Noi abbiamo ipotizzato, giustamente, che tutti i parabordi laterali fossero interessati dalla manovra di accosto, dato che l'imbarcazione viene sempre posizionata all'interno della vasca in modo che sia parallela alle pareti del cassone. Questo però non è sempre vero, per questo occorre considerare più modalità di urto parabordo/scafo, cercando quella che apporta la maggior criticità nella struttura di ormeggio (solitamente il caso di urto su di un solo parabordo).

7. CONCLUSIONI

"Quando vuoi trattar dell'acqua consulta prima l'esperienza e poi la ragione"

Leonardo da Vinci

Il porto di Punta Ala, come si evince dalla lettura del testo, è una infrastruttura vecchia, che è stata progettata per necessità ed opportunità datate metà anni Settanta, perciò in parte risulta non efficiente per soddisfare le necessità e le opportunità attuali. Nonostante questo il porto continua ad offrire servizi di alto livello e permane fra le struttura diportistiche più importanti d'Italia.

L'opportunità che si presenta, con gli interventi di ampliamento e riqualificazione previsti, costituisce un'occasione importantissima per il Marina e per l'indotto ad essa connesso, poiché vi è la possibilità di migliorare e/o potenziare sia le aree che i servizi che mette a disposizione dei propri azionisti e dei diportisti in generale.

7.1. Modifica dell'area cantiere

La presente tesi si è occupata di analizzare lo stato attuale dell'area cantieristica del Marina di Punta Ala, che ricordiamo essere gestito in sub-concessione da un'azienda diversa da quella che gestisce il porto, e di proporre varie ipotesi progettuali che la potessero ampliare e allineare sia agli standard progettuali previsti da PIANC (l'Associazione Internazionale dei Congressi di Navigazione) sia alle potenzialità dei cantieri diportistici presenti lungo la costa toscana, i quali costituiscono per essa la concorrenza sul mercato delle riparazioni di imbarcazioni da diporto.

Il risultato da tre principali spunti di riflessione:

- 1) Il cantiere attuale non risulta conforme ai criteri progettuali di aree cantieristiche da diporto previste da PIANC, ad eccezione della superficie delle aree coperte, che anzi risulta essere eccessiva.
- 2) L'interferenza fra la viabilità che porta alla torre di controllo e alla stazione carburanti, gestite dalla Marina di Punta Ala, e quella del cantiere risulta criticità di non poco conto, che genera ad oggi molte problematiche per quanto riguarda l'organizzazione dei lavori di cantiere e soprattutto i rifornimenti alle cisterne della stazione,
- 3) Complessivamente possiamo dire che il rapporto potenzialità/criticità presenti nel cantiere di Punta Ala sono mediamente distribuite su tutti i cantieri diportistici lungo la costa toscana, che tuttavia hanno il vantaggio si essere infrastrutture meno datate e soprattutto meglio mantenute (sia esteticamente che operativamente).

Le tre ipotesi progettuali presentate permettono di far fronte a tutte e tre le problematiche, permettendo il recupero delle strutture obsolete, eliminando le interferenze di viabilità e allineandosi alle linee guida progettuali consigliate da PIANC. Nel complesso l'area cantiere di Punta Ala verrebbe a trovarsi alle prime posizioni per potenzialità fra le realtà cantieristiche della costa toscana, analizzate al Cap.3, permettendogli in parte di concorrere anche con Cala Galera.

In merito a queste ultime particolare attenzione abbiamo dato al confronto dei parametri di accoglienza, a terra e a mare, tra lo stato attuale e lo stato di progetto del cantiere in due periodi dell'anno: medie e grandi lavorazioni (Ottobre – Aprile) e Rotazioni (Aprile-Luglio). Le valutazioni che ne seguono scaturiscono dall'osservazione della seguente tabella, già proposta e commentata al paragrafo 5.8: *Tabella riassuntiva delle ipotesi progettuali*.

Ipot	esi progettuale	Attuale	A	В	C
	Accoglienza a terra	OK	OK	OK	OK
Medie e grandi	Accoglienza a mare	KO	Condizione limite	Condizione limite	Condizione limite
lavorazioni	Accoglienza totale	Condizione Limite	OK	OK	OK
	Accoglienza a terra	KO	OK	OK	OK
Rotazioni	Accoglienza a mare	КО	Condizione limite	Condizione limite	Condizione limite
	Accoglienza totale	КО	OK	Condizione limite	OK
Aree dedicate		NO	NO	NO	1245 m ²
Valutazione complessiva relativa al criterio [h] del PIANC		KO	OK	Condizione limite	OK

Tabella 58. Confronto tra stato attuale e di progetto (soluzioni A, B e C) del cantiere

Se dovessimo optare per una soluzione fra le tre, premesso che scegliere una o l'altra dipende da molteplici fattori, non solo ingegneristici ma anche economici, che esulano da questa trattazione, la soluzione migliore sarebbe probabilmente la B. Essa infatti:

- rispetta al limite i criteri del PIANC, evitando sovradimensionamenti,
- diversamente dalla soluzione A permette di ospitare due diversi tipi di nautica,
- ottempera agli obiettivi proposti con una superficie inferiore a quella della soluzione C, la quale risulta sovradimensionata, permettendo di avere un canale navigabile di ingresso più ampio che faciliti le manovra delle imbarcazioni più grandi all'ormeggio in diga foranea.

7.2. Utilizzo dei cassoni cellulari in cemento armato

Al capitolo 6 è stato invece trattato l'aspetto più ingegneristico della tesi, ovvero l'utilizzo ed il dimensionamento dei cassoni in c.a. relativamente alla verifica di ribaltamento.

A parte la loro utilità sulle alte profondità, la solidità delle pareti e la facilità delle messa in opera, lo studio ingegneristico ha evidenziato come, anche senza sfruttare il completo zavorramento delle celle interne e in condizioni sollecitanti relative a condizioni estreme, la struttura sia estremamente solida. Ovviamente il responso finale può essere dato solamente dopo lo svolgimento di tutte le verifiche previste, ovvero comprese anche le geotecniche e quelle in condizioni sismiche.

La modalità di zavorramento che è stata proposta al paragrafo 6.5 prevede l'utilizzo di sabbia satura sciolta, tuttavia, dato che le celle non risultano essere del tutto colmate, si può pensare di utilizzare anche solo acqua o una miscela terreno/acqua che prevede un quantitativo di liquido superiore a quello del terreno, con il quale raggiungere livello di colmata superiore 8 che non superino i 5.40 m. L'utilizzo della risorsa liquida infatti costituisce un fattore di risparmio nei casi in cui non si ha materiale solido a disposizione oppure dove il procedimento di prelievo dello stesso risulti troppo costoso.

Bibliografia

Per la parte di trattamento delle acque:

- D.Lgs 03/04/2006, n.152, T.U. in materia di ambiente,
- L.R. n.20 del 31/05/2006, Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento,
- Decreto del presidente della giunta regionale n.46/R del 08/09/2008, Regolamento di attuazione della legge regionale 31 maggio 2006, n. 20 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento".

Per la parte di trattamento dei rifiuti:

• D.Lgs 4/2008, Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale,

Per la parte di progettazione delle aree cantiere:

- Decreto Interministeriale del 14.04.1998, Approvazione dei requisiti per la redazione dei progetti da allegare ad istanze di concessione demaniale marittima per la realizzazione di strutture dedicate alla nautica da diporto,
- Regolamento recante disciplina del procedimento di concessione di beni del demanio marittimo per la realizzazione di strutture dedicate alla nautica da diporto, a norma dell'articolo 20, comma 8, della L. 15 marzo 1997, n. 59,
- Punta Ala progetto di gestione anno: Business Plan di Mauro Merlini, 2005,
- A. Noli e S. Stura (1995) Opere per l'accosto e la riparazione delle imbarcazioni nei porti turistici, (In atti della II^a edizione delle Giornate Italiane di Ingegneria Costiera AIPCN PIANC Ravenna),
- Roger Vian Ports de plaisance, conception general et dimensionement des ouvrages portuaires, , PIANC, annexe au bulletin n.25 (Vol III/1976)

Per la parte di dimensionamento e verifica delle opere strutturali:

- Consiglio Superiore Ministero Infrastrutture 14 Gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni e circolare esplicativa 2 Febbraio 2009 n°617/
- AM3, Spin-off srl.(2015) Studio meteomarino e studio numerico dell'interazione tra le nuove opere previste per l'ampliamento del marina di punta ala e le dinamiche marine, AM3, Firenze, Gennaio 2015,
- Pasquale Buongiorno (2016) *La progettazione dei cassoni cellulari*, Ing., Intervento durante seminario tecnico PIANC a Roma del 26/01/2016,
- Yoshimi Goda, (1995) *Random Seas and Design of Maritime Structures*, , Cap.2 per i parametri delle onde e Cap.4 per le pressioni agenti su struttura a parete verticale,
- Autori vari, (2007) EurOtop Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures Assessment Manual, Agosto 2007,
- BS 6349 (British Standard Maritime structures)
- *EAU 2004* (Recommendations of the Committee for Waterfront Structures, Harbours and Waterways)

- *CEM* (US Army corps of Engineers Coastal Engineering Manual)
- SHORE PROTECTION MANUAL (US Army corps of Engineers)
- *NAVFAC* (US Navy Naval Facilities Engineering Command)
- ROM (Recomendaciones para Obras Maritima)
- UNI EN 206:2006, manuale operativo per l'uso delle linee guida per la prescrizione delle opere in c.a.,
- UNI 11104:2004, Specificazione, prestazione, produzione e conformità Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.

Ringraziamenti

Giunti a questo ennesimo traguardo, che mi avvicina sempre più al diventare un vero e completo Ingegnere, non posso che dedicarmi con gioia e dedizione anche alla pagina dei ringraziamenti, l'ultima e agognata pagina che sancisce il termine della mia seconda tesi.

Ricordo che alla triennale espressi i miei ringraziamenti per tantissime persone, essendo ancora in un periodo della mia vita in cui avevo molto tempo libero e molte frequentazioni. Ad oggi invece gli impegni di lavoro e della stessa magistrale mi hanno portato a "setacciare" le mie conoscenze e le mie rapporti, portando alla luce sempre di più quelle che sono stati, sono e spero saranno, i miei punti di riferimento.

Tra gli artefici principali del mio successo universitario ci sono ovviamente babbo e mamma. Al termine della triennale mi sono chiesto come facessero a sopportarmi. Adesso che sono alla fine della magistrale e mi rendo conto che la soddisfazione che sto per dargli può lenire in parte (e mi auguro del tutto) le sacrosante rotture che ogni fine pomeriggio mi riportavo a casa...ritardi del treno, professori assenti, file per fare i documenti, pioggia...chi più ne ha più ne metta. Con la discussione della presente tesi posso comunicarvi che la missione è compiuta e adesso si parte per una nuova avventura...

Un ringraziamento speciale va a mia zia Cinzia, sempre pronta a darmi una spinta o farmi ragionare su quello che mi succede intorno. Adesso che passo dall'università al lavoro credo che avrò ancora più bisogno di prima, quindi preparati.

Non posso dimenticare mia sorella Alessia e i miei cugini Blu e Leo. Il sostegno che la famiglia ha dato a me per compiere questo viaggio un giorno spero di poterlo dare io a voi, quindi trattatemi bene e consideratemi sempre disponibile se volete un consiglio. Ma soprattutto trattatemi bene!

Durante tutti questi anni è innegabile il contributo che gli amici mi hanno dato, soprattutto in quei rari e bei momenti di tempo libero in cui vuoi solo liberarti la testa da formule e procedimenti. Sarebbe bello citare e ringraziare tutti quanti, ma visto che servirebbero molte pagine mi limito alcune persone che ritengo fondamentali. Ringrazio Sara Frosini, amica da quando siamo nati, con la quale continuo a condividere idee, speranze, dubbi, amori e tanto altro...il lavoro sembra volerci tener lontano ma noi resistiamo uniti come al solito! Ringrazio Andrea "Walsh" Fanti, una persona che chiunque definirebbe una grande conquista come amico: corretto, sempre presente ed acculturato. Nonostante questo ti sei meritato tutte le mazzate fisiche e morali che ti ho dato e che sempre ti darò con piacere. Non posso che ringraziare Jacopo Meoni, che conosco da poco ma ho apprezzato fin da subito, per l'aiuto che mi ha sempre dato nelle mie problematiche ingegneristiche e non solo...tanto quello che pensiamo veramente a vicenda l'uno dell'altro ce lo diciamo ogni volta per telefono. In ultimo mi inchino davanti a Carlotta Sanesi, che con indomito coraggio ha affrontato le mie mille domande su esami, progetti e quant'altro...

Mi fa piacere ringraziare anche Sara Nesti, con la quale ho vissuto gran parte del mio percorso universitario e grazie alla quale ho superato molti ostacoli. Tutte le discussioni che abbiamo avuto su come si studia e sul valore dell'Università ci hanno sicuramente fatto crescere (bene) entrambi.

Esauriti i ringraziamenti parentali e di amicizia non posso non menzionare tutte le persone che mi hanno avvicinato all'Ingegneria marittima, la quale nell'ultimo anno mi ha dato più di una soddisfazione. Ringrazio il prof. Aminti e il professor Cappietti, professori di cui non si può negare la professionalità e la costante attenzione a quelle che sono le esigenze degli studenti, Ilaria Crema e Andrea Esposito, che mi hanno accompagnato in virtù di capi nella mia breve esperienza in laboratorio di marittime (siliconare tutti quei modelli mi ha sicuramente temprato nell'animo...).

Per l'opportunità che mi è stata data di svolgere la presente tesi mi sento invece di ringraziare l'Amministratore delegato del Marina di Punta Ala, Ing. Francesco Paolo Muzzi, che merita un ringraziamento per la disponibilità e la pacatezza con la quale mi insegna il cuore della nostra professione, e il Direttore Marco Corti, perché piano piano mi sta mostrando cos'è il mondo del lavoro da una postazione privilegiata, anche se per poterlo capire mi è necessario sia un corso di metafore che uno di latino. Entrambi hanno creduto nelle mie capacità, e nel Dicembre 2015 mi hanno proposto di entrare in pianta stabile nell'azienda che gestisce il porto di Punta Ala, con la previsione di essere uno dei protagonisti nell'ambito dell'ampliamento di uno dei più importanti approdi turistici della Toscana. In risposta io non posso che rimboccarmi le maniche, chinare la testa e lavorare....anche perché fino ad oggi ho fatto 25 anni di ferie e adesso c'è solo da pedalare.

Insieme ad essi voglio ringraziare anche Michele Fiorenza, che è convinto di dovermi fare da babbo (ma ti voglio bene uguale), Filomena e Maurizio, Manuela, Francesca, Alessandro, Francesco e tutti gli altri, che mi hanno accolto al Marina nonostante sia un "terraiolo" e non un uomo di mare.

In ultimo vorrei ringraziare anche Viviana Vincenti, entrata in questo percorso solo negli ultimi tempi, ma che ha dato una spinta fondamentale affinchè questa tesi potesse trovare compimento.

Alla fine, come successo per la triennale, mi propongo di fare mezza pagina e ne faccio due. Ma queste occasioni si sa, capitano una sola volta nella vita, e dato che io a parole spesso esprimo pochi sentimenti, sfrutto questo momento per mettere tutto nero su bianco!

Grazie,

Dario Salvini