

Figura 11. Andamento della velocità minima V_{min} e della velocità effettiva V_{eff} della nave per $U=0,5$ kn (V_{min} imposto = 4 kn).

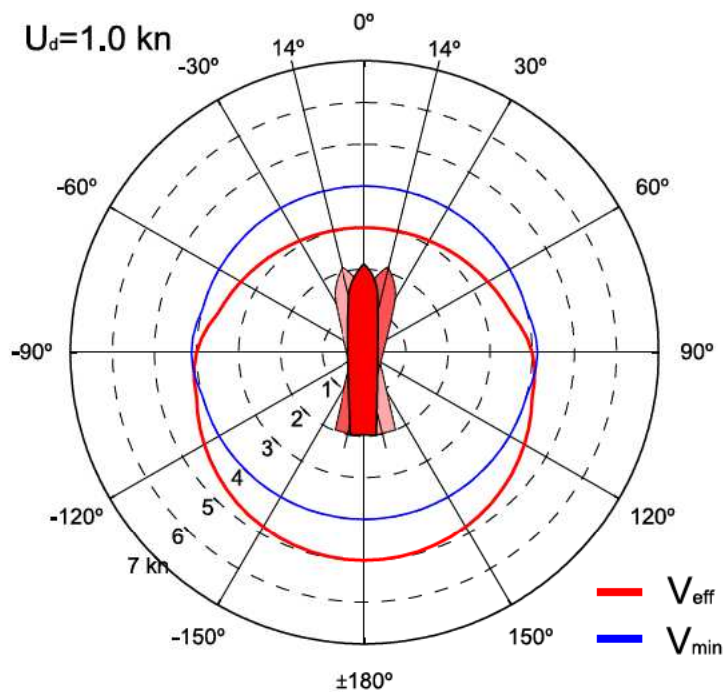


Figura 12. Andamento della velocità minima V_{min} e della velocità effettiva V_{eff} della nave per $U=1,0$ kn (V_{min} imposto = 4 kn).

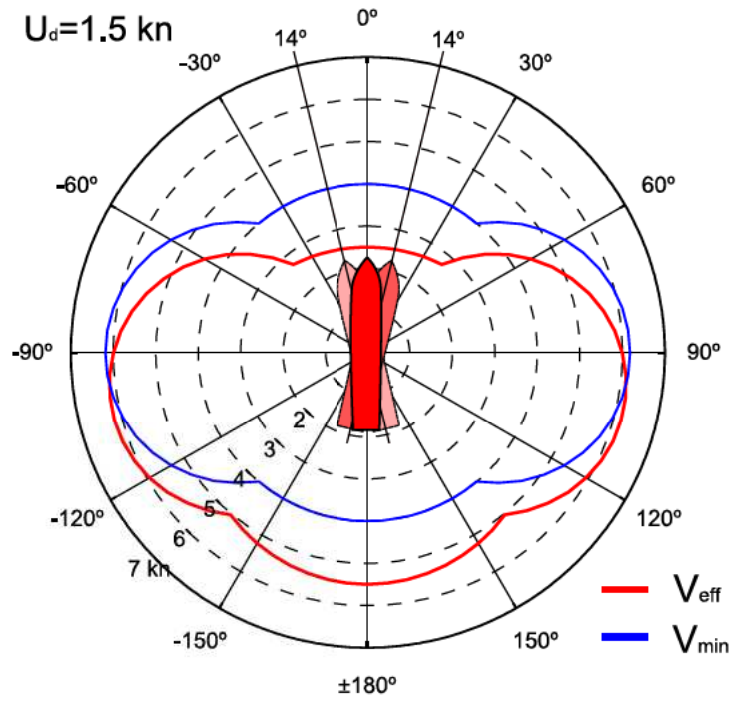


Figura 13. Andamento della velocità minima V_{min} e della velocità effettiva V_{eff} della nave per $U=1,5$ kn (V_{min} imposto = 4 kn).

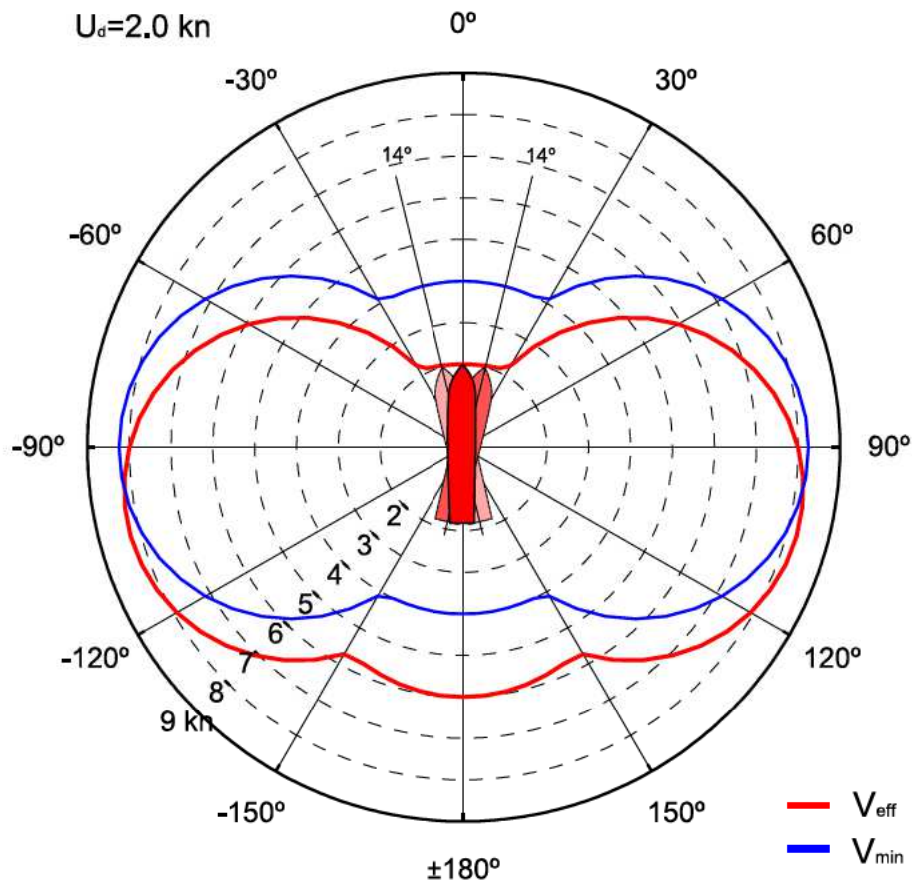


Figura 14. Andamento della velocità minima V_{min} e della velocità effettiva V_{eff} della nave per $U=2,0$ kn (V_{min} imposto = 4 kn).

4.3 Verifica della larghezza del canale di accesso principale

Nel caso di Ortona il canale di accesso principale è stato dimensionato a senso unico di navigazione, ovvero per il passaggio di una sola nave alla volta delle maggiori dimensioni.

In prima approssimazione la verifica della larghezza minima del canale di accesso può essere effettuata prendendo in esame il rapporto tra la larghezza del canale e la larghezza B delle navi che frequenteranno il porto. Tale rapporto deve risultare non inferiore a 5 nel caso di canali di modesto sviluppo planimetrico come quello di Ortona.

Con riferimento alla flotta di progetto, la larghezza B delle navi risulta essere compresa tra 25 e 32 m. La larghezza minima del canale di accesso (L_{min}) è localizzata in corrispondenza della sezione di imboccatura dove vale 160 m. Di conseguenza il rapporto L_{min}/B risulta essere compreso nella sezione di imboccatura tra i valori 6,4 e 5,0, soddisfacendo di conseguenza alla condizione richiesta.

Un ulteriore metodo, di tipo empirico, basato sull'analisi statistica effettuata su numerosi canali esistenti e sulle condizioni meteo marine locali è riportato dalle linee guida "Approach Channels. A Guide for Design" redatte ed aggiornate dall'AIPCN- PIANC (1997).

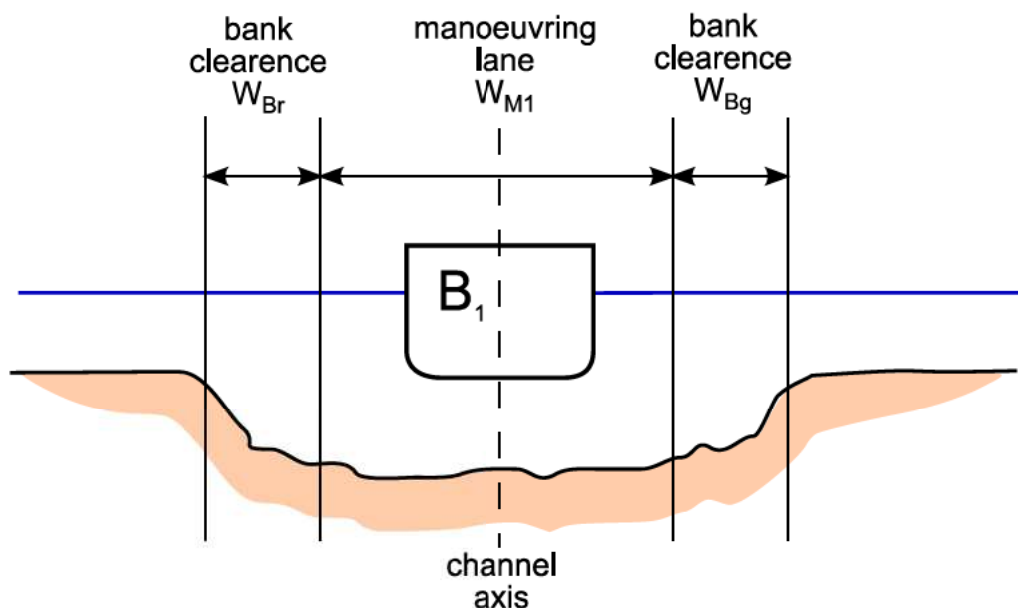


Figura 15. Definizione delle larghezze della canale principale.

Secondo tale approccio, per un canale di accesso a senso unico di navigazione, la larghezza totale W è calcolata in funzione di tre parametri che dipendono principalmente dalla larghezza B delle navi di progetto:

$$W = W_{BM} + \sum_{i=1}^n w_i + W_{Br} + W_{Bg}$$

dove:

- W_{BM} (basic manoeuvring lane), è la larghezza minima della corsia di manovra, che dipende dalla larghezza effettiva della nave, varia da $1.3B$ nel caso di nave con buona manovrabilità a $1.8B$ nel caso di bassa capacità di manovra della nave;
- W_{Br} e W_{Bg} (bank clearance), sono le larghezze del franco di sponda sinistra o “rossa” e destra o “verde”. Questi franchi tengono in conto “l’effetto sponda” (bank effect) dovuto al flusso asimmetrico di acqua attorno alle navi che tende a deviarne la rotta rispetto all’asse del canale. Tali larghezze dipendono dalla velocità di navigazione e dalle caratteristiche geometriche delle sponde del canale;
- il termine w_i indica gli incrementi necessari dovuti alle inevitabili “scostamenti” della rotta reale rispetto a quella ideale che in generale dipendono dai seguenti fattori: velocità della nave, vento trasversale, correnti, moto ondoso, presenza e qualità degli aiuti alla navigazione, caratteristiche della superficie del fondale, profondità del canale, livello di rischio.

Il metodo empirico proposto dal PIANC assegna, in funzione delle differenti condizioni che si possono realizzare durante la manovra di accesso al porto di una nave, dei parametri che consentono di determinare la larghezza del canale necessaria alla nave per effettuare l’accesso in sicurezza.

Tutti gli scenari analizzati contemplano la manovra dei mezzi senza assistenza dei rimorchiatori, con velocità comprese tra 4 e 6 nodi. La manovrabilità delle diverse navi costituenti la flotta di progetto è stata determinata sulla base del rapporto d/D tra la profondità del canale di accesso, pari a -14.0 m sul l.m.m., ed il pescaggio della nave oggetto della verifica.

Al variare delle condizioni ambientali la risposta della nave muta sostanzialmente, pertanto sono state studiate diverse condizioni operative, differenti per velocità del vento e della corrente e per la presenza del moto ondoso. Nelle tabelle seguenti sono riportate le condizioni considerate nei diversi scenari.

I risultati ottenuti sono riportati nello schema di figura 16 dove, per ogni condizione considerata, viene indicata la larghezza del canale W necessaria per il passaggio della nave oggetto della verifica. Ad ogni cella, rappresentativa di una condizione, è

stato assegnato un colore in funzione del rapporto W/P tra la larghezza ottenuta nel calcolo e la larghezza minima di progetto del canale ($L_{min}=160$ m).

I risultati ottenuti mostrano che in tutti gli scenari analizzati la larghezza del canale di accesso risulta sufficiente anche se per le condizioni meteo marine più estreme ipotizzate, rappresentate dallo scenario L4 (vedi tab. 10), la larghezza del canale viene giudicata al limite di quella necessaria. Tuttavia occorre tenere conto che le condizioni L4 risultano sicuramente superiori rispetto a quelle limiti previste in progetto per il calcolo dell'operatività dell'imboccatura portuale dove si è imposta una altezza d'onda significativa non maggiore di $H_s= 2,0$ m e che, superata l'imboccatura portuale, sia la velocità della corrente sia l'altezza d'onda significativa si riducono drasticamente rientrando nelle condizioni meteo marine L3 per le quali la larghezza del canale risulta "buona" per tutti gli scenari analizzati. Di fatto quindi lo scenario L4 risulta valido solo per la sezione di imboccatura dove L_{min} risulta pari a 160 m poiché oltre tale sezione lato mare la larghezza del canale è maggiore mentre all'interno del porto, dove $L=160,0$ m, lo scenario limite da analizzare è quello L3.

Tabella 9. Caratteristiche di manovrabilità delle navi.

<i>Nave</i>	<i>D</i>	<i>Loa</i>	<i>B</i>	<i>Manovrabilità</i>
	[m]	[m]	[m]	
ro-ro	8.7	270	32	moderata
cruise	8.7	270	32	moderata
container	11.8	300	32	scarsa
bulk	11.8	200	32	scarsa
bulk2	9.6	150	25	buona
tanker	9.6	150	25	buona

Tabella 10. Condizioni meteomarine considerate

<i>Condizione</i>	<i>Vento [kn]</i>	<i>Corrente trasversale [kn]</i>	<i>Altezza d'onda H_s [m]</i>
L1	0 - 15	0 - 0.2	0 - 1
L2	0 - 15	0.2 - 0.5	0 - 1
L3	15 - 33	0.2 - 0.5	0 - 1
L4	15 - 33	0.5 - 1.5	1 - 3

Tabella 11. Condizioni del canale di accesso considerate

<i>Condizione</i>	<i>Aiuti alla navigazione</i>
C1	ottimi
C2	buoni
C3	medi, con buona visuale
C4	medi, con scarsa visuale

Tabella 12. Condizioni di rischio dovute alla pericolosità del carico trasportato.

<i>Condizione</i>	<i>Rischio</i>	<i>Tipologia di merci</i>
H1	assente	Rinfuse solide, containers, passeggeri
H3	elevata	Combustibili, prodotti chimici

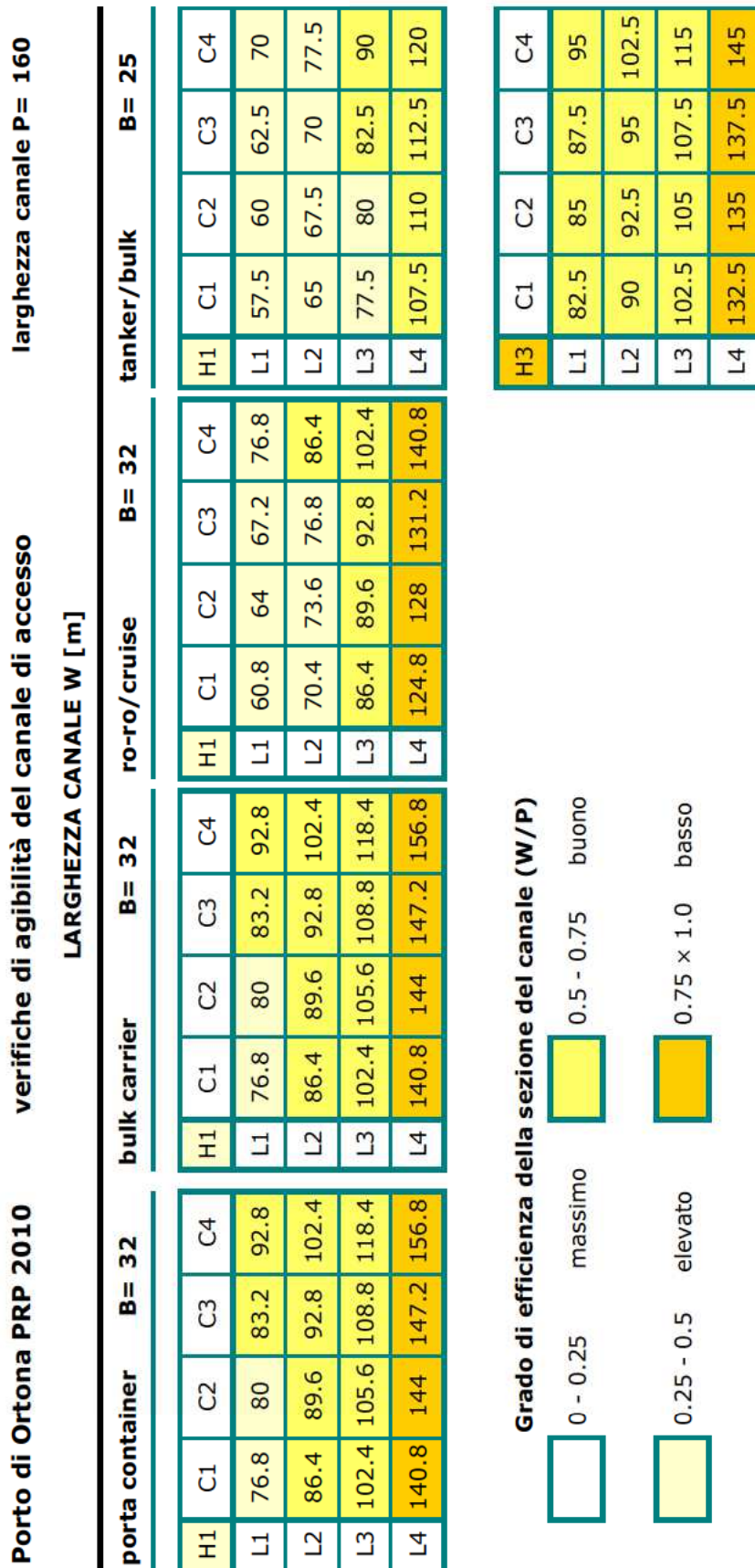


Figura 16. Calcolo della larghezza del canale di accesso, per le diverse navi costituenti la flotta di progetto, effettuata secondo la metodologia indicata dal PIANC (1997) utilizzando i fattori w_i corrispondenti alle diverse condizioni illustrate in tab. 9-10-11-12.

4.4 Verifica della profondità del canale di accesso e dei bacini interni

Il tirante idrico rispetto al l.m.m. necessario alla nave per manovrare in sicurezza si ottiene prendendo in esame le seguenti quantità:

1. variazioni quasi statiche del l.m.m.;
2. pescaggio della nave;
3. accucciamento della nave (“squat”);
4. spostamenti verticali della chiglia della nave;
5. natura ed irregolarità dei fondali;
6. rateo medio di sedimentazione annuale del canale di accesso o del bacino.

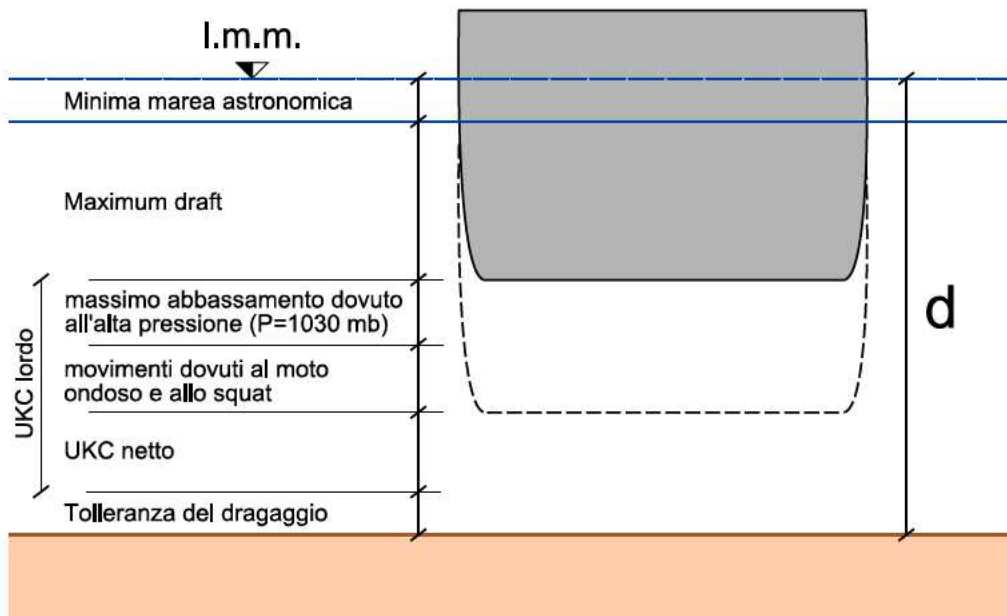


Figura 16. Definizione dei diversi componenti per la determinazione della profondità di progetto.

Sottraendo al valore di progetto della profondità del canale o del bacino i contributi 1-4, si ottiene il “franco sotto chiglia” (UKC: underkeel clearance) che rappresenta il coefficiente di sicurezza. Tale coefficiente dipende oltre che dal rateo medio di sedimentazione, dalla natura dei fondali perché in relazione alla loro maggiore o minore deformabilità dipendono le conseguenze di un eventuale urto della nave con il fondo marino. Nel caso di Ortona i fondali sono costituiti da sabbie fini non addensate e di conseguenza poco pericolose in caso di urti. Pertanto si può ritenere sufficiente un franco sottochiglia netto di 0.5 m.

Le variazioni del livello medio marino possono essere sia negative (abbassamento del livello) sia positive (sovrizzo del livello). I minimi livelli si verificano in condizioni di alta pressione atmosferica e di basse maree astronomiche (sizigie). I

livelli massimi si verificano durante il passaggio delle perturbazioni, ovvero in condizioni di bassa pressione atmosferica e persistenza di venti che soffiano verso la costa che complessivamente danno luogo al sovrizzo di tempesta (storm surge). Complessivamente si può affermare che per la definizione delle profondità dei canali risulta cautelativo far riferimento alla condizione di minimi livelli. Per Ortona si possono assumere i seguenti valori:

- $P_{max} = 1030$ mb corrispondente ad un abbassamento di livello pari a circa 0,17 m;
- livello medio delle basse maree sizigiali $Z_0 = -0,25$ m.

Complessivamente quindi i minimi livelli attesi per Ortona sono dell'ordine dei - 0,4 m sul l.m.m. .

Per quanto riguarda i pescaggi delle navi, con riferimento alla flotta di progetto si hanno valori pari a 11,8 m (contenitori e rinfuse solide), 9,6 m (petroliere) e 8,7 m (crociere).

4.4.1 Canale di accesso

Per la verifica delle profondità nel canale di accesso è necessario prendere in esame l' "accucciamento" ("squat") della nave che dipende dalla sua velocità di transito nel canale di navigazione e dalle caratteristiche dello stesso canale. I massimi valori dello squat (Q) attesi sull'imboccatura portuale per le diverse classi di imbarcazione e velocità risultano:

Tabella 13. Valori di squat determinati per le differenti tipologie di navi della flotta di progetto al variare della velocità.

<i>Velocità [kn]</i>	<i>Squat [m]</i>			
	Container	Tanker	Bulk	Cruise/ro-ro
4	0.12	0.11	0.15	0.09
6	0.27	0.26	0.35	0.22

Il calcolo è stato effettuato in accordo alla metodologia indicata dal PIANC utilizzando la formulazione di "Barras" per canale ristretto, considerando un abbassamento del livello marino di 0.4 m, operando in tal modo a favore della sicurezza in quanto al ridursi del tirante idrico aumenta l'effetto di squat.

Quando la nave si trova all'ormeggio l'accucciamento risulta nullo.

Gli spostamenti verticali della chiglia della nave dipendono dalle condizioni di moto ondoso (altezza d'onda significativa e periodo medio delle onde) e dal dislocamento delle navi. A parità di condizioni di moto ondoso gli spostamenti tendono a diminuire all'aumentare del dislocamento delle navi. Per lunghezza delle

onde notevolmente inferiori alla lunghezza della nave, gli spostamenti verticali tendono ad annullarsi. Assumendo che l'ingresso delle navi avvenga con condizioni di H_s non superiori a 2,0 m, e quindi con periodi delle onde non superiori a circa 6,0 s, si ottengono lunghezze delle onde dell'ordine di 60,0 m che risultano di gran lunga inferiori alla lunghezza delle navi di progetto. Pertanto in via cautelativa si può assumere che gli spostamenti verticali risultano non superiori al 10% dell'altezza d'onda significativa ottenendo il valore significativo dello spostamento verticale di 0,2 m. Facendo riferimento agli spostamenti massimi attesi al di sotto del l.m.m. è cautelativo assumere per il massimo abbassamento della chiglia della nave il valore di 0,2 m.

In conclusione si ottengono per le differenti navi di progetto un franco sottochiglia UKC relativo a $V=6$ kn pari a:

- Container UKC= 14,0 - 0,4 - 11,8 - 0,27 - 0,2 = 1,33 m
- Bulk UKC= 14,0 - 0,4 - 11,8 - 0,35 - 0,2 = 1,25 m
- Tanker UKC= 14,0 - 0,4 - 9,6 - 0,26 - 0,2 = 3,54 m
- Cruise/ro-ro UKC= 14,0 - 0,4 - 8,7 - 0,22 - 0,2 = 4,48 m

valori del tutto cautelativi in relazione alla natura dei fondali ed a una manutenzione anche occasionale del canale di accesso.

All'interno del canale di accesso, a circa 400 m dalla sezione di imboccatura, la profondità del canale si riduce a -13,0 m sul l.m.m.. Corrispondentemente si riducono, tendendo progressivamente ad annullarsi, la velocità delle navi e quindi l'accucciamento e gli spostamenti verticali della chiglia della nave indotti dal moto ondoso che compensano la riduzione del fondale, ottenendo in via cautelativa i seguenti risultati:

- Container UKC= 13,0 - 0,4 - 11,8 - 0,12 - 0,1 = 0,58 m
- Bulk UKC= 13,0 - 0,4 - 11,8 - 0,15 - 0,1 = 0,55 m
- Tanker UKC= 13,0 - 0,4 - 9,6 - 0,11 - 0,1 = 2,79 m
- Cruise/ro-ro UKC= 13,0 - 0,4 - 8,7 - 0,09 - 0,1 = 3,71 m

che risultano anche in questo caso del tutto accettabili.

4.4.2 Bacini interni

Darsena petroli d= - 11,0 m sul l.m.m.

Il franco sottochiglia diviene:

$$UKC= 11,0 - 0,4 - 9,6 = 1,0 \text{ m}$$

valore pienamente accettabile anche in caso di oscillazioni di sessa del bacino portuale.

Bacino per le merci varie e contenitori d= - 13,0 m sul l.m.m.

Il franco sottochiglia diviene:

$$UKC= 13,0 - 0,4 - 11,80 = 0,8 \text{ m}$$

valore pienamente accettabile anche in caso di oscillazioni di sessa del bacino portuale.

Bacino per crociere e ro-ro d= - 10,0 m sul l.m.m.

Il franco sottochiglia diviene:

$$UKC= 10,0 - 0,4 - 8,7 = 0,9 \text{ m}$$

valore pienamente accettabile anche in caso di oscillazioni di sessa del bacino portuale.

4.5 Verifica delle aree di evoluzione

All'interno del porto sono previste due aree di evoluzione.

La prima è presente di fronte alla darsena petroli ed è destinata alla manovra delle petroliere che sono caratterizzate da una lunghezza massima LOA = 160 m. Poiché il diametro del cerchio di evoluzione è di 280 m, questo risulta pari a 1,75xLOA e quindi maggiore del valore 1,5xLOA consigliato dalle raccomandazioni internazionali. Nello stesso bacino possono ormeggiare anche rinfusiere solide di lunghezza pari a 170 m per le quali risulta comunque verificata la precedente condizione.

La seconda area di evoluzione è localizzata nel porto interno al termine del canale di accesso. Il suo diametro è di 460 m. Le navi che si serviranno di questa area di evoluzione presentano lunghezze LOA comprese tra 200 m e 280 m che quindi risulta essere pari compreso tra 1,64xLOA e 2,3xLOA rispettando la condizione sopra richiamata.

5 Analisi dell'operatività media annua del canale di accesso

Il calcolo dell'operatività media annuale del canale di accesso è stato effettuato per le navi per le quali è obbligatorio il servizio di pilotaggio con pilota a bordo, nell'ipotesi che il pilota salga sulla nave mediante una pilotina.

Con riferimento alla manovra di accesso al porto delle navi descritta in precedenza, sussistono le seguenti limitazioni rispetto all'altezza d'onda significativa H_s :

1. $H_s < 1,5 \div 2,0$ m al di fuori del porto per consentire la salita del pilota sulla nave e, qualora necessario, il collegamento tra i rimorchiatori e la nave;
2. $H_s < 1,0$ m nel canale di accesso interno al porto, dove avviene la manovra di arresto della nave.

Si può fare riferimento a tali limitazioni per il calcolo del tempo di operatività o non operatività ("down time") medio annuale dell'imboccatura portuale.

Limitazione 1

Il numero di giorni medio annuo in cui la limitazione 1 non è rispettata può essere desunto dal pannello di destra della tabella 3 dove è riportata, per il punto P1 (vedi fig. 1) posto lungo il canale di accesso al di fuori del porto, la frequenza media cumulata, espressa in giorni medi annui, di superamento di varie soglie di H_s . Dalla tabella si evince che la soglia $H_s=1,5$ m viene mediamente superata per 22 gg/anno mentre la soglia $H_s=2,0$ m viene mediamente superata per 9 gg/anno. Mediamente quindi la limitazione 1 fornisce un tempo di non operatività (down time) di circa 16 gg/anno.

Limitazione 2

Per determinare la limitazione 2, valida nel canale di accesso interno al porto dove avviene l'arresto della nave (vedi Area 1 di fig. 17), sono stati utilizzati i risultati dello studio di agitazione interna portuale ottenuti applicando il modello numerico VEGA. Il modello è in grado di propagare il moto ondoso all'interno del porto simulando gli effetti combinati di diffrazione e riflessione indotti dalle opere portuali ed assumendo una profondità costante. Si rimanda allo specifico studio di agitazione interna portuale per una descrizione esaustiva del modello numerico e delle condizioni di calcolo adottate.

Per gli obiettivi del presente calcolo, si è individuata l'Area 1 che coincide con il canale di accesso interno al porto come indicato in Fig. 17. Le simulazioni effettuate hanno consentito di calcolare per l'Area 1 i valori medi di H_s che mediamente si

verificano ogni anno, suddivisi in classi di altezza d'onda significativa H_s e di direzioni di provenienza delle onde al largo.

I risultati ottenuti sono riportati nella Tabella 14.

Nel pannello in basso a destra della tabella 14, sono riportate le frequenze medie cumulate di superamento, espresse in giorni medi annui, delle soglie di altezza d'onda significativa $H_s=0.5$ m, $H_s=1.0$ m, $H_s=1.5$ m $H_s=2.0$ m e $H_s=3.0$ m.

Dalla tabella si deduce che la limitazione 2 non viene rispettata per circa 4 gg/anno.

In conclusione si sono ottenuti i seguenti risultati:

- per la non operatività (down time) delle navi in ingresso al porto, prevale la limitazione 1 su quella 2, ovvero il rispetto della condizione $H_s < 1,5 \div 2,0$ m durante la manovra di avvicinamento al porto. Pertanto in base a tale limitazione le navi non potranno entrare nel porto mediamente per 16 gg/anno.

Si osserva che assumendo questo risultato (down time = 16 gg/anno) ottenuto imponendo una condizione sull' H_s , per determinare a quale soglia di velocità del vento lo stesso "down time" corrisponde, utilizzando la tabella 5 si ottiene una velocità del vento inferiore a 10 m/s, valore sicuramente cautelativo rispetto all'altezza d'onda H_s limite assunta compresa tra 1,5 e 2,0 m.

Lo stesso ragionamento si potrebbe applicare in relazione alla velocità della corrente U al di fuori del porto per la quale si è determinato che fino ad una velocità di circa 1,5 m/s (alla quale corrisponde una velocità di ingresso effettiva della nave di 6 kn) la manovra di ingresso può essere effettuata in sicurezza in quanto gli spazi di arresto necessari all'interno del porto risultano pienamente compatibili con quelli disponibili. Tuttavia in questo caso non disponendo di una serie storica di misure di corrente simile a quelle disponibili per le onde e per il vento, questo calcolo non è eseguibile in modo diretto. Comunque si osserva che sicuramente per velocità del vento dell'ordine dei 10 m/s la velocità della corrente complessiva attesa risulta inferiore ad 1,5 kn.

In conclusione si ritiene che la valutazione del tempo di non operatività del porto effettuata sulla base dell'altezza d'onda significativa risulta pienamente attendibile e sicuramente cautelativa rispetto a quella che si sarebbe potuta effettuare assumendo come limitazioni sia la velocità del vento sia la velocità della corrente.

Per quanto riguarda il calcolo dell'operatività media annuale dell'attuale imboccatura portuale, questo non è stato effettuato poiché gli attuali fondali di imboccatura, dell'ordine di 6÷8 m, non consentono l'ingresso della flotta di progetto presa come riferimento per le presenti analisi. Volendo comunque fare un paragone

tra la situazione attuale e quella di progetto, la situazione attuale delle opere foranee del porto fornirebbe per l'operatività della flotta di progetto un tempo di operatività praticamente nullo.

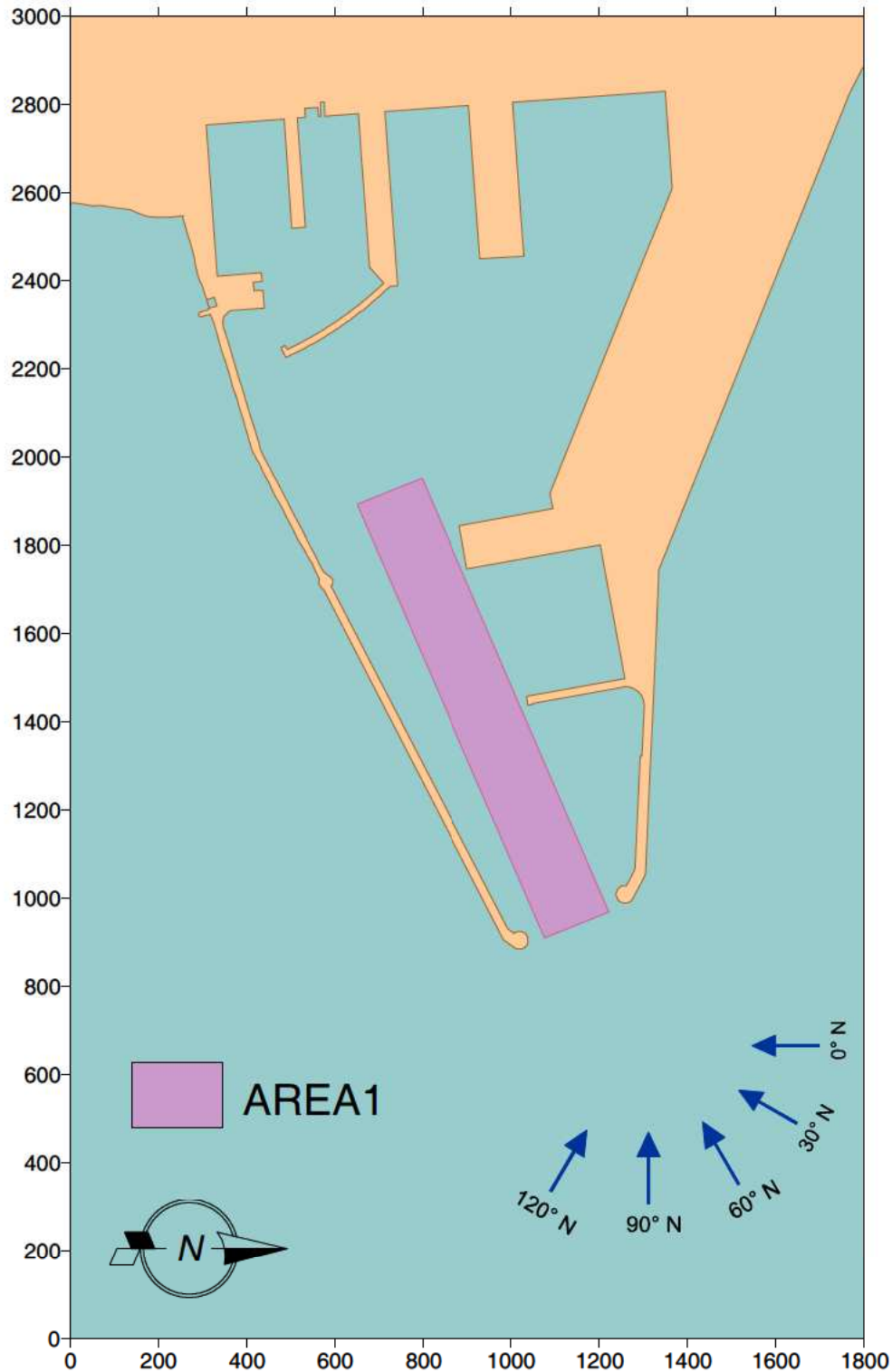


Fig. 17 – Suddivisione dell'avamposto e del canale di accesso in aree ai fini del calcolo dell'operatività dell'imboccatura portuale. Nella figura sono riportate anche le direzioni del moto ondoso incidenti sull'imboccatura portuale prese in esame per i calcoli.

Tabella 14 – Area 1 (serie storica: luglio 1989 – Dicembre 2007)

Distribuzione degli eventi di moto ondoso per classi di Hs e direzione di provenienza. ANNUALE

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)												Totale
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	
0	11559	198	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11757
30	5219	826	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6171
60	1575	1593	1674	328	71	28	12	5	1	0	0	0	5287
90	7930	1464	156	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9551
120	2650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2650
calme	5034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5034
TOT.	33967	4081	1956	329	71	28	12	5	1	0	0	0	40450
		38048	40004	40333	40404	40432	40444	40449	40450	40450	40450	40450	

Numero di eventi validi : 40450 Numero di eventi registrabili: 48139 Rendimento:

Frequenza di accadimento degli eventi di moto ondoso per soglie di Hs e direzione di provenienza. ANNUALE

DIR (°N)	frequenza di accadimento percentuale					
	Totale	H _s >0.5	H _s >1.0	H _s >1.5	H _s >2.0	H _s >3.0
0	29.07					
30	15.26	0.31				
60	13.07	5.24	1.10	0.29	0.11	0.01
90	23.61	0.39	0.00			
120	6.55					
calme	12.44					
TOT.	100.00	5.94	1.10	0.29	0.11	0.01

DIR (°N)	numero di giorni medio annui					
	Totale	H _s >0.5	H _s >1.0	H _s >1.5	H _s >2.0	H _s >3.0
0	106					
30	56	1				
60	48	19	4	1	0	0
90	86	1	0			
120	24					
calme	45					
TOT.	365	22	4	1	0	0

6 Analisi dell'operatività media annua delle banchine portuali

Le condizioni di operatività di una banchina portuale dipendono dai movimenti subiti dalla nave all'ormeggio che a loro volta possono essere posti in relazione ad una altezza d'onda significativa massima accettabile (ed al relativo periodo) che a sua volta dipende:

- dalle modalità di carico/scarico delle merci;
- dal dislocamento della nave.

A titolo di esempio si cita che gli spostamenti massimi ammissibili per il carico/scarico di una nave contenitori o di una ro-ro (che possono diventare eccessivi per $H_s > 0,5$ m), risultano generalmente molto inferiori rispetto a quelli ammissibili per il carico/scarico di una nave che trasporta prodotti liquidi (che possono diventare eccessivi per $H_s > 1,5$ m).

Pertanto il calcolo dell'operatività media annuale delle banchine portuali può essere ricondotto al calcolo dell'agitazione ondosa presente mediamente lungo le banchine.

A tal fine sono stati utilizzati i risultati dello studio di agitazione interna portuale ottenuti con il modello numerico VEGA, per la descrizione del quale si rimanda allo specifico studio di agitazione interna portuale.

Per gli obiettivi del presente calcolo, le banchine portuali sono state suddivise nelle 5 aree indicate in Fig. 19. Il modello numerico VEGA è stato applicato assumendo per la direzioni di provenienza delle onde al largo le cinque direzioni riportate in fig. 19 comprese tra 0° N e 120° N ed intervallate di 30° l'una dall'altra. Per ogni direzione sono stati esaminati tre periodi per il moto ondoso incidente pari a 6, 9 e 12 s. In totale quindi sono state eseguite 15 simulazioni. Essendo il modello lineare, per l'altezza d'onda si è assunto il valore unitario. I risultati delle simulazioni sono riportate nell'Allegato 1 sottoforma di coefficiente di diffrazione.

Utilizzando tali risultati, per ogni banchina di fig. 19 sono state costruite in relazione al clima ondometrico ottenuto presso l'imboccatura portuale, le tabelle di frequenza cumulata di superamento di prefissate H_s poste uguali a 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 e 3,0 m.

I risultati ottenuti mostrano che per tutte le banchine le altezze d'onda risultano mediamente durante l'anno sempre inferiori a 0,5 m. A titolo di esempio si riportano nella tabella 15 per la banchina 1 (darsena petroli) i risultati ottenuti. Si osserva che tale banchina è la più esposta alla penetrazione del moto ondoso in quanto risulta la più vicina all'imboccatura portuale. Per quanto riguarda il bacino

turistico/peschierecci (banchina 5) i risultati ottenuti mostrano che l'altezza d'onda H_s risulta sempre inferiore a 0,3 m valore pienamente compatibile con l'ormeggio in sicurezza delle imbarcazioni.

In conclusione quindi si può affermare che mediamente il tempo di operatività delle banchine portuali nella configurazione delle opere eterne di progetto prevista dal PRP 2010 risulta unitario ovvero il tempo di "down time" risulta nullo.

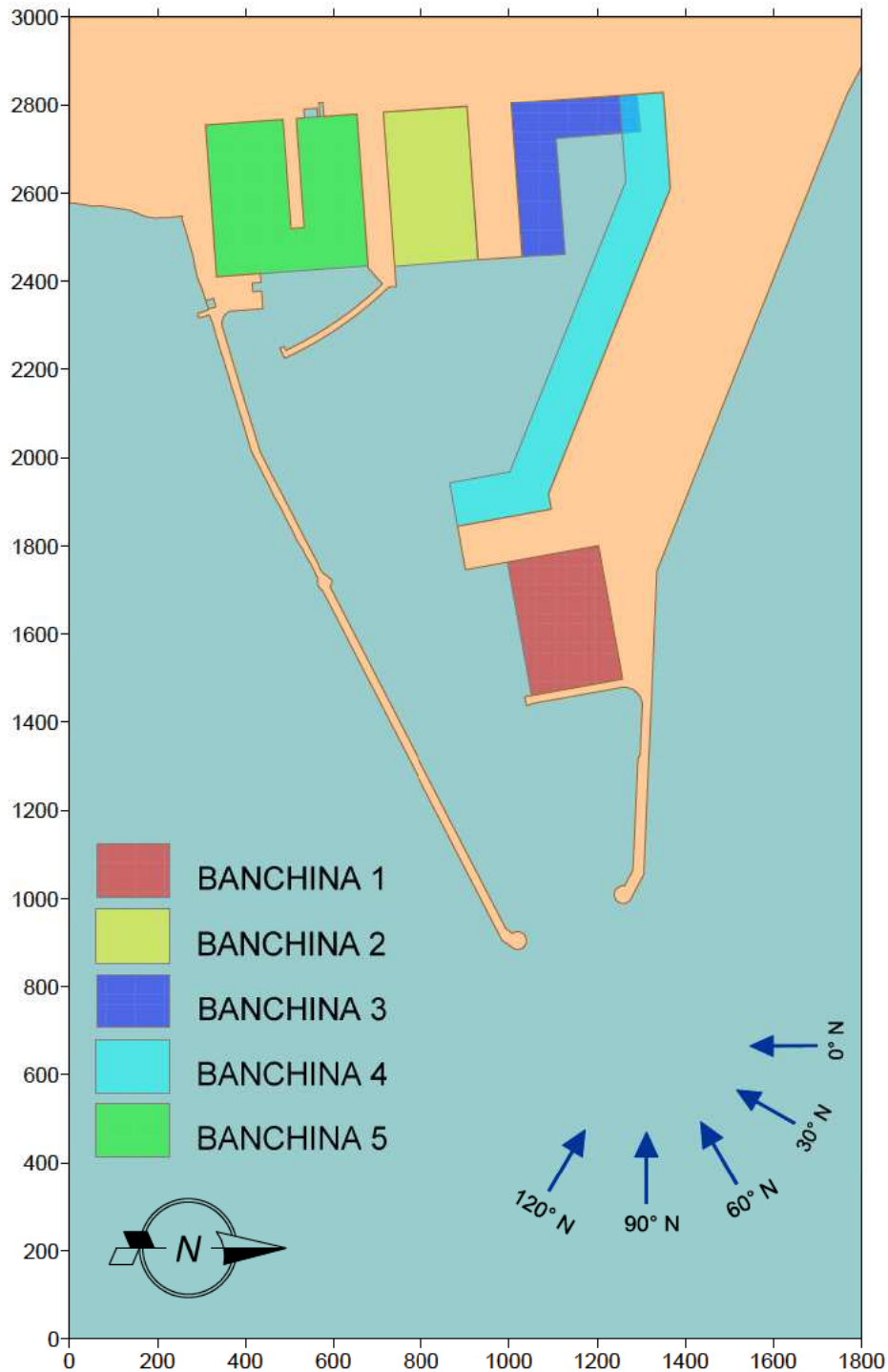


Figura 19. Suddivisione del bacino interno e della darsena petroli in aree ai fini del calcolo dell'operatività delle banchine. Nella figura sono riportate anche le direzioni del moto ondoso incidenti sull'imboccatura portuale prese in esame per i calcoli.

Tabella 15

banchina 1 (luglio 1989 - Dicembre 2007)

Distribuzione degli eventi di moto ondoso per classi di H_s e direzione corrispondente al largo

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA H_s (m)												Totale	
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5		
0	11757	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11757
30	6103	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6171
60	5208	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5287
90	9305	228	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9551
120	2650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2650
calme	5034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5034
TOT.	40057	375	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40450
		40432	40450	40450	40450	40450	40450	40450	40450	40450	40450	40450	40450	

Frequenza di accadimento degli eventi di moto ondoso per soglie di H_s e direzione corrispondente al largo

DIR (°N)	frequenza di accadimento percentuale					
	Totale	$H_s > 0.5$	$H_s > 1.0$	$H_s > 1.5$	$H_s > 2.0$	$H_s > 3.0$
0	29.07					
30	15.26					
60	13.07					
90	23.61	0.04				
120	6.55					
calme	12.44					
TOT.	100.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00

DIR (°N)	numero di giorni medio annui					
	Totale	$H_s > 0.5$	$H_s > 1.0$	$H_s > 1.5$	$H_s > 2.0$	$H_s > 3.0$
0	106					
30	56					
60	48					
90	86	0				
120	24					
calme	45					
TOT.	365	0	0	0	0	0

7 Confronto tra le configurazioni P.R.P. 2010 e P.R.P. 1969

Il PRP 2010 prevede, rispetto al piano regolatore portuale vigente (PRP 1969), la modifica dell'imboccatura portuale rivolta a garantire un canale di accesso perfettamente rettilineo della larghezza minima di 160 m. Si evidenzia che tale requisito non è garantito dal PRP 1969 in quanto all'epoca (circa 40 anni fa !) le dimensioni delle navi erano sostanzialmente inferiori rispetto a quelle attuali. Se si osserva la tavola che rappresenta la planimetria del PRP 1969 si constata che vi sono raffigurate le cosiddette navi "Liberty", costruite in ben 2710 esemplari ai fini bellici e molto diffuse come mezzi da trasporto dopo l'ultimo conflitto mondiale e caratterizzate dai seguenti parametri: LOA= 135,0 m, B=17,34 m e D= 8,46 m, stazza lorda 14245 t, dislocamento 7146 t, potenza installata 2500 Hp. Con riferimento alla tavola di progetto specifica, le modifiche introdotte nel PRP 2010 rispetto al PRP 1969 riguardano:

- l'accorciamento di circa 180 m del tratto terminale del molo nord;
- l'allungamento di circa 110 m del tratto terminale del molo sud;
- una modesta rotazione planimetrica verso nord del molo sud, eseguita con centro posto in corrispondenza della testata attuale del molo sud.

Di fatto tali variazioni portano ad un considerevole miglioramento delle condizioni di navigabilità delle navi in ingresso ed uscita dal porto (rotta rettilinea) ma ad un aumento della penetrazione del moto ondoso nel porto. Per quest'ultimo aspetto è stato dimostrato nel presente studio che tale aumento non ha alcuna conseguenza per i bacini interni a ragione della configurazione scelta per le opere interne portuali. A tal riguardo si riporta il detto: "per far entrare bene le navi in un porto si devono far entrare bene anche le onde", che riassume lo sforzo che deve fare il progettista nel mediare tra "esigenze contrapposte".

Allo scopo di effettuare un confronto oggettivo tra la configurazione di progetto e quella del PRP vigente, si è modificata l'imboccatura portuale prevista dal PRP 2010 al fine di renderla simile a quella prevista dal PRP 1969. Le due configurazioni di imboccatura sono riportate rispettivamente nelle figure 20 (PRP 2010) e 21 (PRP 1969). La rotta disegnata nella fig. 21 ricalca quella ideale, ovvero rettilinea, che ha ispirato la configurazione del PRP 2010. Ovviamente il disallineamento tra le testate previsto dalla configurazione 1969, finalizzato a ridurre la penetrazione delle onde, riduce la larghezza del canale di accesso da 160 m a circa 86 m. La riduzione della larghezza del canale di accesso porta di conseguenza alla riduzione delle dimensioni delle massime navi che possono frequentare il porto, in particolare della loro larghezza che deve necessariamente contenersi a circa 17,0 m cioè a circa la metà della larghezza delle massime navi previste dal PRP 2010 pari a 32,0 m.

Per la configurazione PRP 1969 si è esaminata anche una rotta di accesso curvilinea in alternativa a quella rettilinea. Nella fig. 22 è stata disegnata una rotta di accesso che consente di mantenere la larghezza del canale di 160 m all'esterno del porto. Tuttavia questa rotta per raccordarsi con quella interna al porto deve prevedere, proprio in corrispondenza dell'avamposto, una variazione di direzione della rotta della nave di circa 40°. Come ricordato in precedenza, oggi le raccomandazioni internazionali sconsigliano fortemente che, in corrispondenza delle imboccature portuali, vengano introdotte variazioni di direzione dei canali (curve). Tuttavia volendo proseguire nel confronto, si può analizzare l'operatività media annua delle due configurazioni portuali (fig. 20 e 22). Per il calcolo dell'operatività media annua della configurazione di fig. 22 occorre introdurre la limitazione che deve risultare $H_s < 1,0$ m durante la manovra di arresto o di rallentamento della nave, dovendo questa arrivare nel cerchio di evoluzione disegnato nell'avamposto con una bassa velocità. Tale condizione porta ad un tempo di non operatività media annua del porto pari a circa 60 gg/anno (due mesi all'anno contro i 16 gg/anno previsti per la configurazione PRP 2010 !). Inoltre si osserva quanto segue:

- la necessità di rallentare la nave durante il transito per l'imboccatura portuale, rende la stessa nave più vulnerabile alla corrente;
- il diametro del cerchio di evoluzione nell'avamposto pari a circa 280 m risulta non sufficiente per le lunghezze delle navi di progetto;
- il disallineamento tra le testate previsto dalla configurazione del PRP 1969 favorisce, a differenza di quella di progetto, l'insabbiamento dell'imboccatura portuale.

In conclusione quindi si ritiene che la configurazione proposta costituisca il miglior compromesso tra le varie esigenze, tra le quali occorre evidenziare la necessità di adeguare l'infrastruttura portuale di Ortona all'aumento delle dimensioni medie delle navi al quale si è assistito negli ultimi 40 anni.