

ISTANZA DI CONVOCAZIONE DI CONFERENZA DEI SERVIZI
PRELIMINARE A SENSI DELL'ART. 14 E SEGUENTI, L. 241/1990 PER
MODIFICA DEI TITOLI CONVENZIONALI ED ABILITATIVI, IVI
COMPRESA LA CONCESSIONE DEMANIALE MARITTIMA, PER LA
REALIZZAZIONE, IL COMPLETAMENTO E LA GESTIONE DEL PORTO
TURISTICO DI FIUMICINO, LOCALITÀ ISOLA SACRA

STUDIO DI FATTIBILITA'

Proponente

Royal Caribbean cruises ltd.

1050 Cribbean Way, 33132 Miami, Florida (USA)
rclcruisesltd@winpec.it



Team di Consulenti

© Alfonso Femia 2018 © AF517 2018 all rights reserved

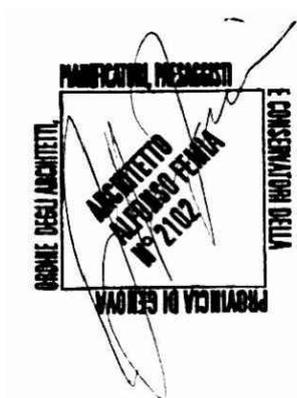
ATELIER(S) ALFONSO FEMIA

via interiano 3/11, 16124 Genova tel. 010.540095 fax 010.5702094
via cadolini 32/38, 20137 Milano tel. 02.54019701 fax 010.54115512
55 rue des petites écuries, 75010 Paris tel +331.42462894
genova@atelierfemia.com www.atelierfemia.com

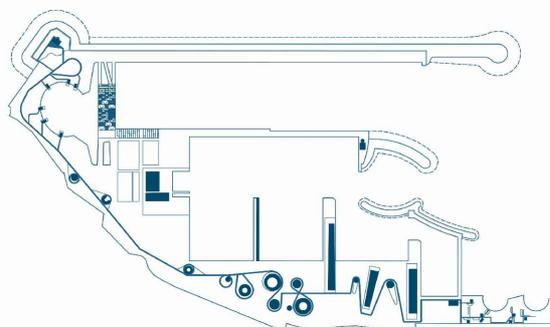


RINA CONSULTING SPA

Via San Nazaro 19, 16145 Genova, Italia
tel +39 010 3628148, fax +390103621078
info@rina.org
http://www.rinagroup.org



STUDIO DI FATTIBILITA'



n.tavola **022**

cod. tavola **TpTrel007**

scala -

oggetto **Studio morfodinamico**

tipo elaborato **Progetto opere marittime**

data di consegna **28/09/2018**

nome file **TpTrel007.pdf**

commessa **FFR_0007221-2**

rev.	data	redatto	verificato	approvato	oggetto revisione
a	18/09/28	edi	ems/ete	RINA/ao	studio di fattibilità

**Studio di Fattibilità per l'Inserimento della Funzione
Crocieristica nel Porto di Isola Sacra**

Studio Morfodinamico

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
0	Prima Emissione	E. Duchini	E. Terrile	O. Zanolì	28/09/2018

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di Royal Caribbean Cruises Ltd.

INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
1 SCOPO DEL LAVORO	3
2 AREA DI STUDIO	4
3 DATI DISPONIBILI	5
3.1 LAYOUT PROGETTUALE E BATIMETRIA	5
3.2 SEDIMENTI	5
3.3 DATI METEOMARINI	5
4 METODOLOGIA	6
4.1 TRALIT	6
4.2 DELFT3D	6
4.3 INTRENCH	7
5 TRASPORTO SEDIMENTARIO	8
5.1 FENOMENOLOGIA GENERALE	8
5.2 IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO E RISULTATI	8
6 TASSI DI SEDIMENTAZIONE	12
6.1 DATI DI INPUT	12
6.1.1 Clima ondoso e correnti	12
6.2 RISULTATI	14
7 CONCLUSIONI	16
RIFERIMENTI	17

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 5.1:	Risultati del Trasporto Sedimentario	10
Tabella 5.2:	Modalità di Frangimento delle Onde	10
Tabella 5.3:	Valori di Set-up e Run-up	11
Tabella 5.4:	Profondità di Chiusura e di Frangimento	11
Tabella 6.1:	Risultati relativi ai Tassi di Sedimentazione nelle Aree Dragate	14

LISTA DELLE FIGURE

Figura 2.1:	Area di Studio (da Google Earth)	4
Figura 3.1:	Layout Progettuale [1]	5
Figura 6.1:	Migrazione di uno Scavo (sopra) e Processi di Sedimentazione (sotto)	12
Figura 6.2:	Rosa delle Onde	12
Figura 6.3:	Esempio di Campo di Corrente Indotto da Onde Provenienti da Sud Ovest (alto) e da Nord Ovest (basso)	13

1 SCOPO DEL LAVORO

Scopo del presente lavoro è lo studio, a livello di fattibilità, della dinamica sedimentaria nell'area di studio, con particolare riferimento all'analisi dei fenomeni di sedimentazione che possono interessare le aree di dragaggio previste per l'avvicinamento delle navi al Porto della Concordia a Isola Sacra (Fiumicino).

Le analisi sono basate sulla stima del trasporto sedimentario potenziale lungo costa considerando il clima del moto ondoso tipico dell'area di studio, le caratteristiche morfologiche dei fondali e le caratteristiche sedimentologiche.

Lo studio, effettuato per mezzo di modelli numerici, fornisce un primo inquadramento delle caratteristiche morfodinamiche dei fondali antistanti il litorale di Fiumicino, nella configurazione attuale e in quella di progetto caratterizzata dalla presenza dei dragaggi in corrispondenza del canale di accesso e del bacino di evoluzione delle navi da crociera.

2 AREA DI STUDIO

Il Porto della Concordia (Figura 2.1), situato nei pressi del Faro di Isola Sacra (Fiumicino), attualmente è costituito da un bacino protetto da un molo di sopraflutto lungo circa 750 m. Il settore di traversia del paraggio di Isola Sacra presenta un angolo di apertura di circa 150° , limitato ad Sud dalla tangente a Capo Anzio (160°N) e a Nord dalla tangente a Capo Linarso (310°N).

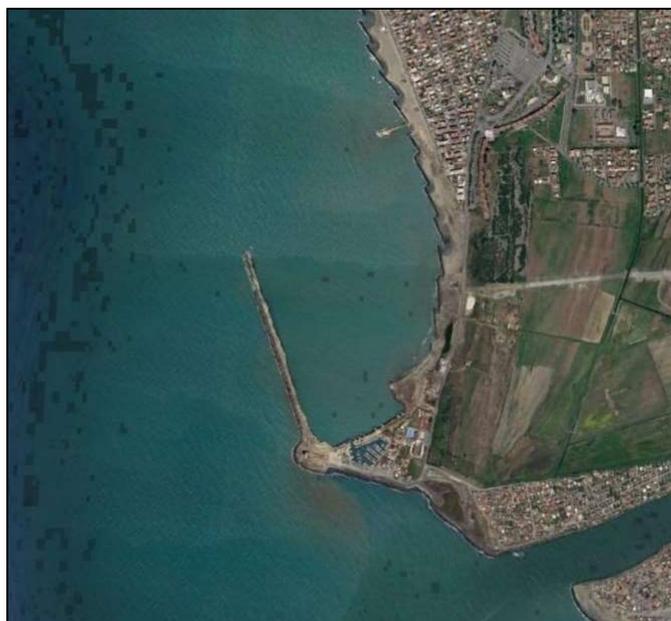


Figura 2.1: Area di Studio (da Google Earth)

3 DATI DISPONIBILI

In questo capitolo viene fornita una breve descrizione dei dati disponibili.

3.1 LAYOUT PROGETTUALE E BATIMETRIA

In Figura 3.1 è mostrato il layout di progetto [1] sovrapposto alla batimetria.

I dati batimetrici utilizzati nel presente studio derivano da misure sottocosta effettuate per il Progetto Definitivo [2] integrate con informazioni da carta nautica per i fondali più profondi.

Il layout progettuale prevede il dragaggio dei fondali a partire dalla batimetria dei 12.5 m di profondità verso costa. Il dragaggio si configura come un canale di avvicinamento al porto, di larghezza pari a circa 180 m, collegato ad un cerchio di evoluzione di raggio 250 m posizionato nelle vicinanze dell'imboccatura del nuovo porto a progetto, su fondali attuali variabili tra 5 e 10 m di profondità. Lo scavo prosegue poi fino ad interessare l'area di avanporto. La profondità prevista per il dragaggio è pari a 12.5 m.



Figura 3.1: Layout Progettuale [1]

3.2 SEDIMENTI

I dati granulometrici utilizzati nel presente studio derivano dalle informazioni contenute nel documento "Relazione Geologica, Geotecnica, Sedimentologica, Idrologica, Idraulica, Sismica" [3], relativo alla conferenza dei servizi svolta nel 2003 per il progetto definitivo del porto turistico di Fiumicino-Isola Sacra.

Le analisi dei campioni evidenziano che i fondali antistanti il litorale di Fiumicino sono prevalentemente caratterizzati da sabbie fini, con valori di D_{50} di circa 0.18 mm sotto costa e di circa 0.11 mm più al largo.

3.3 DATI METEOMARINI

Nell'ambito del presente studio si è fatto uso dei dati di moto ondoso contenuti nello studio effettuato nell'ambito della conferenza dei servizi svolta nel 2008. Lo studio "Relazione Idraulico-Marittima: Studio del Moto Ondoso al Largo e Sottocosta" [4], di seguito richiamato come MM08, fornisce un inquadramento generale dell'area, ed in particolare, riporta il clima del moto ondoso rappresentativo dell'area di studio basato sulla serie temporale di onde misurate a Ponza e successivamente trasposte al largo di Fiumicino.

4 METODOLOGIA

Lo studio è stato eseguito secondo la metodologia descritta nel seguito.

- ✓ Reperimento dei dati di input necessari a caratterizzare l'area di studio dal punto di vista meteomarinario;
- ✓ Individuazione dei parametri meteomarini significativi per l'analisi della dinamica sedimentaria costiera locale;
- ✓ Stima qualitativa e quantitativa del trasporto potenziale dei sedimenti indotto dal clima del moto ondoso tipico dell'area di studio, per mezzo del modello numerico TRALIT;
- ✓ Stima della corrente indotta dalle onde sui fondali prospicienti il litorale di Fiumicino interessati dalla realizzazione del progetto, per mezzo di simulazioni idrodinamiche con modello Delft3D;
- ✓ Schematizzazione della batimetria sulla base delle caratteristiche geometriche del dragaggio previsto per l'accesso delle navi al porto in progetto;
- ✓ Calcolo dei tassi di sedimentazione attesi nel canale di accesso al porto e nel bacino di evoluzione delle navi per mezzo del modello numerico INTRENCH;
- ✓ Analisi e interpretazione dei risultati.

Lo studio è basato sui dati di input descritti nel capitolo 3. Una breve descrizione dei modelli numerici utilizzati è riportata nel seguito.

4.1 TRALIT

Il trasporto sedimentario lungo costa è stato calcolato per mezzo del modello TRALIT. TRALIT è un modello basato sulle relazioni proposte da Komar (1976) e adottate dallo "Shore Protection Manual" [5] al fine di valutare il trasporto costiero dei sedimenti lungo una sezione batimetrica trasversale alla costa.

Il modello necessita dei seguenti dati di input:

- ✓ Caratteristiche del profilo trasversale di spiaggia (orientazione, granulometria dei sedimenti, pendenze del fondale);
- ✓ Clima del moto ondoso.

I calcoli sono basati sul clima del moto ondoso al largo, rappresentativo delle condizioni medie annuali, sui fenomeni di rifrazione, shoaling e attrito a cui vanno incontro le onde durante la propagazione verso costa. Il risultato finale consiste in una stima quantitativa del trasporto annuale potenziale dei sedimenti lungo costa. Inoltre, il modello fornisce la distribuzione statistica di molteplici parametri di spiaggia:

- ✓ Limiti della spiaggia sommersa;
- ✓ Limiti della zona dei frangenti;
- ✓ set-up e run-up dell'onda;
- ✓ profondità di rottura delle onde;
- ✓ parametri di rottura delle onde (modalità di frangimento).

4.2 DELFT3D

Il modello matematico Delft3D è un sistema integrato di modelli matematici per la modellazione idrodinamica, dei processi di trasporto, morfologici, biologici e di qualità delle acque in un generico ambiente acquatico di tipo fluviale, lacustre o costiero.

Il modello è costituito da una serie di moduli interconnessi ognuno dei quali preposto a trattare ed a risolvere un particolare aspetto dei processi in esame.

Il cuore del software è costituito dal modulo idrodinamico 3D-FLOW, elemento di base per tutti gli altri moduli, in grado di risolvere le equazioni del moto dei fluidi e di simulare il comportamento idrodinamico in termini di flussi e livelli di un ambiente acquatico sottoposto a diversi tipi di forzanti esterne. Il modello idrodinamico, inoltre, può simulare la dinamica del trasporto dei sedimenti in sospensione e sul fondo, includendo anche l'evoluzione morfologica dei fondali.

Il modulo idrodinamico 3D-FLOW simula flussi e fenomeni di trasporto indotti dal regime mareale o da particolari situazioni meteorologiche in regime di moto vario sia con schematizzazioni bidimensionali che tridimensionali compresi gli effetti delle differenze di densità dovute a temperature non uniformi o alla distribuzione di salinità.

Il modello 3D-FLOW include funzioni matematiche che tengono conto dei seguenti fenomeni fisici:

- ✓ Gradienti della superficie libera (effetti barotropici);
- ✓ Effetti della rotazione terrestre (forza di Coriolis);
- ✓ Acqua con densità variabile (equazioni di stato);
- ✓ Gradienti orizzontali di densità (effetti baroclinici);
- ✓ Turbolenza indotta dai flussi (turbolenza di massa e di quantità di moto – modello di chiusura della turbolenza);
- ✓ Forzante dovuta all'oscillazione mareale al contorno libero;
- ✓ Sforzo tangenziale sulla superficie liquida dovuto al vento, variabile nello spazio e nel tempo
- ✓ Sforzo tangenziale sul fondo variabile nello spazio
- ✓ Pressione atmosferica sulla superficie liquida, variabile nello spazio e nel tempo
- ✓ Processo di allagamento ed emersione dei bassifondi soggetti a marea
- ✓ Scambio di calore attraverso la superficie libera
- ✓ Processi di pioggia ed evaporazione
- ✓ Forze generate dalla marea
- ✓ Effetti di flussi secondari nelle equazioni della quantità di moto nel caso bidimensionale e scabrezza laterale lungo i muri verticali
- ✓ Influenza delle onde sulla scabrezza di fondo (2D e 3D), sforzi indotti dalle onde e flussi di massa (solo nel caso bidimensionale) attraverso strutture idrauliche.

4.3 INTRENCH

I tassi di sedimentazione all'interno delle aree di dragaggio previste dal progetto sono stati calcolati per mezzo del modello INTRENCH.

In letteratura esistono differenti modelli per il calcolo dei tassi di sedimentazione all'interno di trincee su fondali marini ([6], [7]). I casi maggiormente analizzati riguardano il riempimento indotto da correnti trasversali allo sviluppo dei canali.

L'espressione generale descrittiva dei tassi di trasporto sedimentario locale in sospensione in un canale scavato ($q_{s,x}$) è la seguente:

$$\frac{b_0 q_{s,0} - b_1 q_{s,x}}{b_0 q_{s,0} - b_1 q_{s,1}} = \left(-1 - e^{-Ax} \right)$$

in cui:

- ✓ $q_{s,0}$ = trasporto in entrata di sedimenti in sospensione per unità di ampiezza nel canale dragato;
- ✓ $q_{s,1}$ = trasporto di equilibrio di sedimenti in sospensione per unità di ampiezza nel canale dragato;
- ✓ b_0 = ampiezza del tubo di flusso in entrata;
- ✓ b_1 = ampiezza del tubo di flusso nel canale dragato;
- ✓ x = coordinate longitudinale;
- ✓ A = coefficient empirico.

Il modello INTRENCH permette di definire i parametri sopra descritti per mezzo delle formulazioni maggiormente in uso a livello scientifico.

5 TRASPORTO SEDIMENTARIO

Nel presente capitolo vengono descritte le caratteristiche del trasporto sedimentario nell'area di studio, dopo una breve introduzione sulla fenomenologia della dinamica sedimentaria costiera.

5.1 FENOMENOLOGIA GENERALE

Le onde che si propagano verso costa determinano, in prossimità del fondo, una corrente orizzontale, oscillante, nella direzione di propagazione. Tale corrente costituisce la causa principale del sollevamento del sedimento, che ha luogo non appena la tensione sul fondo supera la resistenza d'attrito tra i granuli di sabbia di cui è costituito il fondale, resistenza che dipende, oltre che dalla natura e dalla dimensione dei granuli, anche dalla ripidità del fondale.

La dissimmetria della forma d'onda, tipica delle acque basse, si rispecchia nelle caratteristiche della velocità orbitale sul fondo, che risulta più intensa e di più breve durata in corrispondenza delle creste, quando la velocità è diretta nel verso della propagazione del moto ondoso, e meno intensa, ma di maggior durata, in corrispondenza del cavo d'onda dove la velocità orbitale è diretta in verso opposto.

Le particelle di sedimento in sospensione risultano sottoposte all'azione di tale corrente oscillante e alla forza di gravità. A causa della dissimmetria della velocità orbitale, esse subiscono spostamenti differenti nella direzione di propagazione delle onde e nella direzione opposta e, a seconda del rapporto tra la velocità di caduta delle particelle e la velocità orbitale massima, si ha un trasporto netto verso costa o verso il largo (trasporto trasversale alla costa).

Il trasporto sedimentario dipende dal fondale, dal sedimento e dalle caratteristiche di incidenza delle onde. Se le onde incidono obliquamente sulla costa il flusso di quantità di moto verso riva determina correnti parallele alla costa (le correnti longshore), che risultano confinate prevalentemente nella zona di frangimento. A causa di tali correnti il sedimento viene trasportato parallelamente alla costa (trasporto longitudinale).

5.2 IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO E RISULTATI

Allo scopo di valutare il regime sedimentario annuale che caratterizza l'area interessata dal progetto, il modello TRALIT è stato applicato ad una sezione trasversale alla costa, tipicamente rappresentativa del piano batimetrico di questo tratto di litorale (250°N).

Le simulazioni sono state effettuate nella configurazione attuale del litorale, assumendo in input il clima del moto ondoso basato sui dati del rapporto MM08 e le caratteristiche del profilo batimetrico schematizzato (pendenza del fondale, granulometria dei sedimenti) desunti dai dati di base disponibili.

Il modello TRALIT permette di ottenere i seguenti parametri che descrivono la dinamica costiera dell'area indagata:

- ✓ Caratteristiche del trasporto potenziale lungo costa (Tabella 5.1):
 - Flusso medio annuale di energia ondosa;
 - Direzione media annuale del flusso di energia ondosa a costa;
 - Direzione media del flusso di energia ondosa al largo;
 - Frequenza % degli eventi ondosi che inducono trasporto;
 - Frequenza % degli eventi ondosi che inducono trasporto verso Sud;
 - Frequenza % degli eventi ondosi che inducono trasporto verso Nord;
 - Trasporto longitudinale netto dei sedimenti $m^3/anno$;
 - Trasporto longitudinale dei sedimenti verso Sud $m^3/anno$;
 - Trasporto longitudinale dei sedimenti verso Nord $m^3/anno$;
 - Frequenza % degli eventi con trasporto trasversale verso costa;
 - Frequenza % degli eventi con trasporto trasversale in equilibrio;
 - Frequenza degli eventi con trasporto trasversale verso il largo;
- ✓ Caratteristiche di frangimento dell'onda (Tabella 5.2):
 - Percentuale di onde che frangono per "Spilling";

- Percentuale di onde che frangono per "Plunging";
- Percentuale di onde che frangono per "Surging";
- ✓ Caratteristiche della spiaggia emersa (Tabella 5.3):
 - set-up medio annuale;
 - set-up al 95% degli eventi ondosi;
 - set-up massimo;
 - run-up medio annuale;
 - run-up al 95% degli eventi ondosi;
 - run-up massimo;
- ✓ Caratteristiche della spiaggia sommersa (Tabella 5.4):
 - profondità di chiusura media;
 - Profondità di chiusura al 95% degli eventi ondosi;
 - Profondità di chiusura massima dovuta a tutti gli eventi ondosi considerati;
 - Profondità media di frangimento;
 - Profondità alla quale il 95% delle onde inizia a frangere;
 - Profondità massima di frangimento.

Dalle tabelle si osserva che:

- ✓ il flusso medio di energia ondosa incidente è significativo e con direzione trasversale alla costa;
- ✓ il trasporto solido longitudinale è in equilibrio lungo l'asse Nord-Sud e il trasporto netto risulta quindi di bassa entità;
- ✓ il trasporto solido trasversale è prevalentemente diretto verso il largo;
- ✓ le onde frangono principalmente con modalità "spilling", la tipologia di frangimento caratterizzata dalla minore dissipazione di energia;
- ✓ i valori di set-up e run-up indotti dalle onde tipiche (95% degli eventi) sono rispettivamente pari a circa 0.5 e 0.2 m;
- ✓ la profondità di chiusura per la maggior parte delle onde (95% degli eventi) è pari a circa 3.8 m, mentre alle onde più energetiche è associata la profondità di chiusura massima di circa 9.5 m;
- ✓ il 95% degli eventi ondosi frange su bassi fondali (da 1.9 m di profondità verso costa) e la maggior parte del trasporto solido avviene in una fascia di circa 100 m di ampiezza compresa tra la linea di riva e i 3.8 m di profondità.

Si osservi che il trasporto stimato con il modello monodimensionale TRALIT è da considerarsi potenziale, cioè legato alla effettiva disponibilità dei sedimenti sui fondali indagati. Inoltre essendo un modello semplificato il fondale è schematizzato con due sole pendenze per cui le profondità di frangimento e di chiusura sono da considerare indicative.

Tabella 5.1: Risultati del Trasporto Sedimentario

Parametri	Sezione Trasversale Analizzata (250°N)
Flusso Medio Annuale di Energia Ondosa (kw/m)	2.253
Direzione media annuale del flusso di energia ondosa a costa (°N)	250.2
Direzione media del flusso di energia ondosa al largo (°N)	250.2
Frequenza degli eventi ondosi che inducono trasporto (%)	96.70
Frequenza degli eventi ondosi che inducono trasporto verso Sud (%)	48.45
Frequenza degli eventi ondosi che inducono trasporto verso Nord (%)	47.47
Trasporto Longitudinale Netto dei Sedimenti (m ³ / anno)	8.000
Trasporto Longitudinale dei Sedimenti verso Sud (m ³ / anno)	+146.000
Trasporto Longitudinale dei Sedimenti verso Nord (m ³ /anno)	-138.000
Frequenza degli eventi con trasporto trasversale verso costa (%)	0.5
Frequenza degli eventi con trasporto trasversale in equilibrio (%)	23.2
Frequenza degli eventi con trasporto trasversale verso il largo (%)	76.3

Tabella 5.2: Modalità di Frangimento delle Onde

Caratteristiche di Frangimento	Sezione Trasversale Analizzata (250°N)
Spilling	99.98 %
Plunging	0.02 %
Surging	-

Tabella 5.3: Valori di Set-up e Run-up

	Sezione Trasversale Analizzata (250°N)
Set-up Medio (m)	0.2
Set-up al 95% degli eventi ondosi (m)	0.5
Set-up Massimo (m)	1.2
Run-up Medio (m)	0.1
Run-up al 95% degli eventi ondosi (m)	0.2
Run-up Massimo (m)	0.5

Tabella 5.4: Profondità di Chiusura e di Frangimento

	Sezione Trasversale Analizzata (250°N)
Profondità di chiusura media (m)	1.8
Profondità di chiusura al 95% degli eventi ondosi (m)	3.8
Profondità di chiusura massima (m)	9.5
Profondità di frangimento media (m)	0.8
Profondità di frangimento del 95% degli eventi ondosi (m)	1.9
Profondità di frangimento massima (m)	4.6

6 TASSI DI SEDIMENTAZIONE

Quando una corrente fluisce sopra uno scavo, la capacità di trasporto dei sedimenti diminuisce: il risultato è che le particelle trasportate al fondo e una certa parte dei sedimenti in sospensione si depositano all'interno dello scavo stesso.

Questo processo è mostrato in Figura 6.1. I processi più rilevanti nelle zone di erosione e deposizione sono: convezione delle particelle di sedimento dovuto alle velocità orizzontale e verticale del fluido, mescolamento dei sedimenti dovuto alla turbolenza e ai moti orbitali, deposizione delle particelle dovuta alla gravità e sollevamento delle stesse dovuto alla corrente e all'azione delle onde sul fondale.

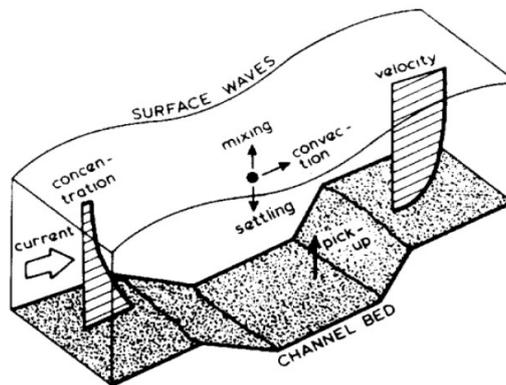


Figura 6.1: Migrazione di uno Scavo (sopra) e Processi di Sedimentazione (sotto)

6.1 DATI DI INPUT

Al fine di stimare i tassi di sedimentazione attesi nelle aree dragate, sono state effettuate simulazioni con il modello INTRENCH, considerando le caratteristiche geometriche del dragaggio, le caratteristiche granulometriche dei sedimenti e infine i parametri meteo marini maggiormente significativi per la morfodinamica costiera nell'area di studio.

6.1.1 Clima ondosso e correnti

Il clima ondosso è quello descritto nel rapporto MM08. Come evidente da Figura 6.2 le onde nell'area di studio provengono prevalentemente da settori perpendicolari a costa, per cui ci si aspetta che nell'area di studio si inneschi una cella di circolazione con corrente verso il largo.

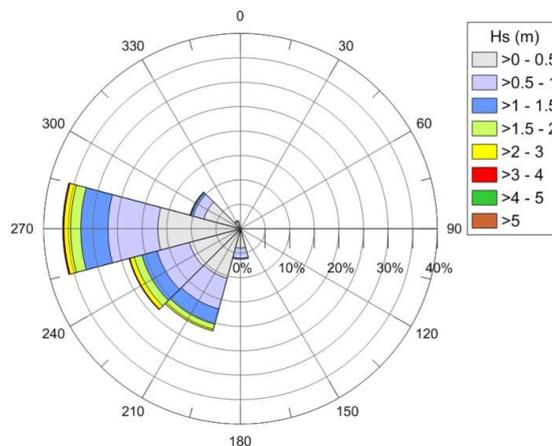


Figura 6.2: Rosa delle Onde

Al fine di valutare il tasso di sedimentazione in prossimità del canale di accesso al nuovo bacino portuale sono state simulate le correnti indotte dagli eventi ondosi più energetici mediante il modello idrodinamico Delft3D.

Il modello Delft3D è stato applicato sulla batimetria descritta nel capitolo 3.1, su un'area sufficientemente estesa per evitare che gli effetti di bordo potessero influenzare i risultati nell'area di studio.

Il clima del moto ondoso estratto dallo studio MM08 è stato quindi processato al fine di simulare la corrente indotta dalle onde nella configurazione di progetto ed ottenere così i parametri meteo marini di input per l'applicazione del modello di sedimentazione. In Figura 6.3 sono mostrati due esempi del campo di corrente indotto dalle onde provenienti rispettivamente da Sud Ovest e da Nord Ovest.

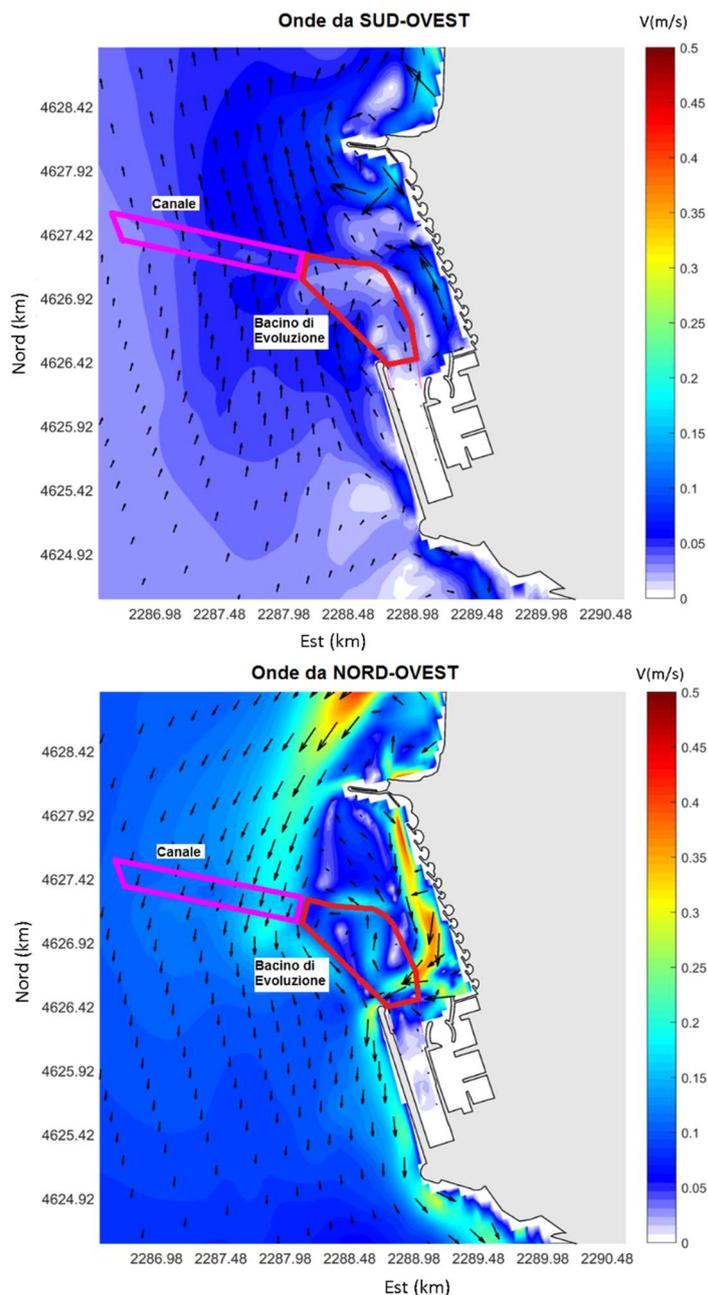


Figura 6.3: Esempio di Campo di Corrente Indotto da Onde Provenienti da Sud Ovest (alto) e da Nord Ovest (basso)

6.2 RISULTATI

Le simulazioni con INTRENCH sono state effettuate considerando due aree di analisi, omogenee dal punto di vista delle caratteristiche batimetriche e dei parametri meteo marini considerati. La prima area è quella rappresentativa del canale di accesso delle navi, zona compresa attualmente tra circa 12.5 m e 10 m di profondità, e la seconda area è rappresentativa del bacino di evoluzione delle navi, zona compresa attualmente tra circa 10 m e 6 m di profondità (vedi Figura 6.3).

Il modello INTRENCH è stato quindi implementato con onde e corrente, rappresentative delle condizioni medie annue in corrispondenza del canale di accesso e del bacino di evoluzione delle navi, considerando le caratteristiche granulometriche dei sedimenti precedentemente descritte nel capitolo 3.2.

Per quanto riguarda il Bacino di Evoluzione, le simulazioni effettuate tengono in considerazione la variabilità granulometrica dei sedimenti presenti nell'area interessata dal dragaggio (variabile nel range 0.11-0.18mm) e le dimensioni variabili dell'area da dragare, caratterizzata da sezioni di diversa misura nella sua estensione da largo a costa e viceversa.

All'interno del bacino di evoluzione, considerata la sua notevole estensione, ci si aspetta una sedimentazione variabile, caratterizzata da tempi di sedimentazione:

- ✓ più veloci nelle aree maggiormente confinate quali l'imboccatura portuale e l'imbocco del canale;
- ✓ più lenti nelle aree più estese, quali l'interno del bacino di evoluzione.

Tale aspetto è legato non solo direttamente alle caratteristiche geometriche del Bacino di Evoluzione ma anche alle caratteristiche del campo idrodinamico altamente variabile che si instaura in prossimità del bacino stesso (vedi Figura 6.3).

L'area del Canale risulta invece caratterizzata da un campo idrodinamico più regolare, con corrente che propaga parallelamente al piano batimetrico, verso nord o verso sud a seconda delle mareggiate considerate. Per questa area, non essendo disponibili dati sulla granulometria dei sedimenti, è stato ipotizzato un diametro medio pari a 0.11 mm, lo stesso usato per l'analisi della parte più al largo del Bacino di Evoluzione.

I risultati delle simulazioni sono mostrati in Tabella 6.1 per le due aree indagate (Bacino di Evoluzione e Canale di accesso), in termini di tasso di sedimentazione ($m^3/h/m$) e tempo in cui si verifica un riempimento medio di circa 1 m.

Tabella 6.1: Risultati relativi ai Tassi di Sedimentazione nelle Aree Dragate

Area di Dragaggio	Profondità del fondale (da-a) (m)	Profondità media del Dragaggio (m)	Tasso di Sedimentazione ($m^3/h/m$)	Tempo per 1 m di Sedimentazione Media (mesi)
Bacino di Evoluzione	6-10	4.5	0.1037	27
Canale	10-12.5	1.5	0.0150	22

La tabella mostra dei tassi di sedimentazione significativi, più alti per lo scavo relativo al bacino di evoluzione, caratterizzato da una notevole estensione e da una maggiore profondità relativa dell'area da dragare rispetto ai bassi fondali circostanti. L'ultima colonna della stessa tabella fornisce una indicazione sul tempo necessario affinché si verifichi, mediamente nell'area indagata, una sedimentazione di circa 1 m all'interno degli scavi: si stima quindi che mediamente ogni due anni (27 e 22 mesi rispettivamente per il Bacino di Evoluzione e per il Canale) sia necessario dragare i canali al fine di mantenere all'interno del canale di accesso e del bacino di evoluzione una profondità minima di almeno 12.5 m.

Si osserva comunque che all'interno del bacino di evoluzione il risultato in Tabella 6.1 rappresenta un valore medio. In quest'area infatti, considerando la variabile estensione del bacino di evoluzione, i tempi di sedimentazione per avere 1 m di spessore variano da 19 a 35 mesi in virtù della fenomenologia precedentemente descritta.

Infine si sottolinea che i risultati ottenuti nel presente studio, benchè adatti ad una valutazione di fattibilità del progetto, possono essere ulteriormente affinati nelle successive fasi progettuali mediante:

- ✓ misure finalizzate alla caratterizzazione specifica dei sedimenti all'interno dell'intera area progettuale (da costa fino ai 12-13 m di profondità);
- ✓ misura delle portate solide in sospensione relative al Fiume Tevere;
- ✓ misura delle correnti litornae al fine di una corretta calibrazione del modello numerico idrodinamico;
- ✓ definizione delle condizioni meteomarine mediante studio meteomarino di dettaglio da realizzarsi nell'area di studio.

7 CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto di fattibilità di ampliamento/modifica del Porto della Concordia a Isola Sacra (Fiumicino) è stato effettuato lo studio della dinamica sedimentaria nell'area di studio, con particolare riferimento all'analisi dei fenomeni di sedimentazione che possono interessare le aree di dragaggio previste per l'avvicinamento delle navi al porto.

Lo studio, basato sui dati meteo marini, batimetrici e sedimentologici relativi al Progetto Definitivo ([2], [3],[4]) e sull'utilizzo di modelli numerici, fornisce un primo inquadramento delle caratteristiche morfodinamiche dei fondali antistanti il litorale di Fiumicino, nella configurazione attuale e in quella di progetto caratterizzata dalla presenza dei dragaggi in corrispondenza del canale di accesso e del bacino di evoluzione delle navi da crociera.

L'area di studio risulta caratterizzata da un rilevante flusso medio di energia ondosa incidente, con direzione trasversale alla costa, che si esplica quindi principalmente in un trasporto potenziale dei sedimenti verso il largo per trasporto trasversale. La componente longitudinale netta del trasporto risulta invece essere di debole intensità. La maggior parte delle onde frange per "spilling", cioè con modalità a bassa dispersione di energia, il 95% delle onde frange su bassi fondali (da 1.9 m di profondità verso costa) e la maggior parte del trasporto solido avviene in una fascia di circa 100 m di ampiezza compresa tra la linea di riva e i 3.8 m di profondità. La profondità massima di chiusura, associata alle onde più energetiche, è pari a circa 9.5 m.

Al fine di stimare i tassi di sedimentazione attesi nelle aree dragate, sono state effettuate simulazioni con il modello INTRENCH, considerando le caratteristiche geometriche del dragaggio, le caratteristiche granulometriche dei sedimenti e infine i parametri meteo marini maggiormente significativi per la morfodinamica costiera nell'area di studio: onde e correnti. Le correnti indotte dagli eventi ondosi più energetici sono state simulate mediante il modello idrodinamico Delft3D, applicato sulla batimetria descritta nel capitolo 3.

Le simulazioni con INTRENCH sono state effettuate considerando due aree di analisi, omogenee dal punto di vista delle caratteristiche batimetriche e dei parametri meteo marini considerati. La prima area è quella rappresentativa del canale di accesso delle navi, zona compresa attualmente tra circa 12.5 m e 10 m di profondità, e la seconda area rappresentativa del bacino di evoluzione delle navi, zona compresa attualmente tra circa 10 m e 6 m di profondità. Il modello INTRENCH è stato quindi implementato con onde e corrente, rappresentative delle condizioni medie annue in corrispondenza del canale di accesso e del bacino di evoluzione delle navi.

I risultati delle simulazioni per le due aree indagate (bacino di evoluzione e canale di accesso) sono stati forniti in termini di tasso di sedimentazione ($m^3/h/m$) e tempo in cui si verifica un riempimento medio di circa 1 m: i tassi di sedimentazione nelle due aree risultano significativi, più alti per lo scavo relativo al bacino di evoluzione, caratterizzato da una notevole ampiezza e da una maggiore profondità dovuta alla presenza di bassi fondali nelle aree circostanti. In particolare si stima che mediamente ogni due anni (27 e 22 mesi rispettivamente per il Bacino di Evoluzione e per il Canale) potrebbe essere necessario dragare i canali al fine di mantenere una profondità di almeno 12.5 m. E' necessario sottolineare che senza misure relative ai tassi di sedimentazione necessarie per la calibrazione del modello, la metodologia adottata utilizza necessariamente alcune assunzioni conservative.

In generale, i risultati forniti da questo studio sono da considerarsi cautelativi anche perché basati su dati di moto ondoso ottenuti con metodi semplificati, che non tengono conto di tutti i fenomeni di dissipazione dell'energia a cui vanno incontro le onde nella propagazione verso costa. E' quindi verosimile aspettarsi una generale minore energia dovuta al moto ondoso nell'area di studio rispetto a quella qui stimata.

A questo proposito, i risultati ottenuti col presente studio sono da ritenere validi esclusivamente per la fase di fattibilità del progetto. Per le fasi successive del progetto si sottolinea la necessità di revisionare il presente studio, che dovrà essere basato su dati meteo marini aggiornati, maggiormente rappresentativi delle condizioni meteo marine locali, ottenuti per mezzo di modellistica numerica allo stato dell'arte.

Nelle successive fasi di sviluppo del progetto si consiglia, infine, di effettuare misure batimetriche e sedimentologiche, rappresentative di tutta l'area oggetto dello studio, da largo a costa, al fine di ottenere dati aggiornati e preziosi per la calibrazione dei modelli numerici.

EDI/EET/OZ:tds

RIFERIMENTI

- [1] Tav. S_p_T_plm_001_Layout Opere Marittime.
- [2] Tav. D_OM_03 Opere a Mare - Planimetria di rilievo dello stato attuale con batimetria.
- [3] Ipdf-1-GEO-000-RT-01-000-00, 2003, "Relazione Geologica, Geotecnica, Sedimentologica, Idrologica, Idraulica, Sismica" - Porto Turistico di Fiumicino in Località Isola Sacra - Progetto Definitivo.
- [4] INT-1-OM-INF-REL-00-00-01, 2008, "Relazione Idraulica-Marittima: Studio del Moto Ondoso al Largo e Sottocosta" - Porto Turistico di Fiumicino in Località Isola Sacra - Progetto Definitivo.
- [5] Shore Protection Manual, 1977 - U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Department of the Army Corps of Engineers.
- [6] Mayor-Mora, R, P. Mortensen and J. Fredsoe, 1976, "Sedimentation Studies on the Niger River Delta", Proceeding. 15 th Conference on Coastal Eng., ASCE, Honolulu, Hawai, pp. 2151-2170.
- [7] Bijker, E., 1980, "Sedimentation in Channels and Trenches", Proceeding 17th Conference on Coastal Eng., ASCE, Sydney, Australia, pp. 299-300.