



PROGETTO PER LA RIQUALIFICAZIONE, LA VALORIZZAZIONE E LA GESTIONE DEL PORTO TURISTICO DI VILLANOVA DI OSTUNI (BR)

ISTANZA DI CONCESSIONE DEMANIALE MARITTIMA AI SENSI DELL'ARTICOLO 36 DEL CODICE DELLA NAVIGAZIONE



COMMITTENTE

A.T.I.: C.R. COSTRUZIONI S.r.l. - FRAVER S.r.l.

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

dott. ing. Roberto MELPIGNANO - Dirigente U.T.C.

PROGETTISTI

COORDINAMENTO

prof. dott. ing. Vitantonio VITONE (resp.) - dott. ing. Luigi MAGGI

PROGETTAZIONE GENERALE, OPERE EDILI, OPERE STRUTTURALI - RESTAURO EDIFICI STORICI

dott. ing. Francesco NOTARO (resp.) - dott. arch. Annunziata DEL MONACO (resp.) - dott. Grazia CAVALLO

OPERE PORTUALI DI DIFESA - OPERE A MARE - INTERVENTI DI DRAGAGGIO - STUDIO METEO MARINO

dott. ing. Gianluca LOLIVA

IMPIANTI IDRICO-SANITARIO, TRATTAMENTO ACQUE METEORICHE, DISTRIBUZIONE CARBURANTE

dott. ing. Vitantonio MASTRO

IMPIANTI ANTINCENDIO

dott. ing. Francesco NOTARO

IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI, ILLUMINAZIONE, FOTOVOLTAICO, CLIMATIZZAZIONE

dott. ing. Angelo Raffaele Vito RIZZO

SISTEMAZIONI ESTERNE E ARREDO URBANO

dott. arch. Valentina SANTORO

ARCHEOLOGIA

dott. Gianpaolo COLUCCI - dott. arch. Valentina SANTORO - dott. Giuseppina GALIANDRO

IMPATTO AMBIENTALE

dott. arch. Vittoria BIEGO (ACQUATECNO S.R.L.) (resp.) - dott. Mario IMPERATRICE - dott. ing. Ania TROVISO

GEOLOGIA

dott. Antonio Mattia FUSCO

COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

dott. ing. Giuseppe DI GREGORIO

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo

**OPERE MARITTIME
RELAZIONE SPECIALISTICA**

Elaborato

OPM_R2

Data

**Aggiornamento
Giugno 2019**

Scala

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIQUALIFICAZIONE, LA VALORIZZAZIONE E
LA GESTIONE DEL PORTO TURISTICO DI VILLANOVA DI OSTUNI (BR)**

OPM_R2 – OPERE MARITTIME RELAZIONE SPECIALISTICA

RISCONTRO ALLE OSSERVAZIONI NELLA NOTA
PROT. 7909 DEL 9.4.2019 DELLA REGIONE PUGLIA
SEZIONE DEMANIO E PATRIMONIO

INDICE

1. PREMESSA

2. INTEGRAZIONE N. 1

Altezza d'onda di progetto in corrispondenza non solo delle opere foranee, come già riportato, ma anche in corrispondenza dell'imboccatura portuale.

3. INTEGRAZIONE N. 2

Studio del regime della dinamica litoranea locale, trasversale e longitudinale, per la predizione dell'evoluzione temporale della costa.

4. INTEGRAZIONE N. 3

Studio sugli eventuali fenomeni di insabbiamento dell'imboccatura portuale, con identificazione e dimensionamento degli eventuali provvedimenti mitigatori (nel progetto si fa riferimento a due successivi dragaggi, che dovrebbero risultare da questa indagine).

5. INTEGRAZIONE N. 4 e INTEGRAZIONE N. 5

Studio dell'agitazione interna portuale e verifica della sicurezza degli ormeggi (mancano gli allegati 1, 2 e 3 citati a pag. 29 dell'elaborato OPM_R1).

Studio sull'agibilità dell'imboccatura portuale e degli specchi acquei interno ai fini della navigazione.

6. INTEGRAZIONE N. 6

Studio sulla qualità delle acque interne portuali, con individuazione e dimensionamento degli eventuali provvedimenti mitigatori (nel progetto si fa riferimento agli ossigenatori che dovrebbe risultare da questa indagine).

ALLEGATO: ESTRATTO DALLE LINEE GUIDA ROM 5.1

1. PREMESSA

La presente relazione integra la relazione tecnica delle opere marittime facente parte delle relazioni specialistiche del “Progetto Definitivo per la riqualificazione, la valorizzazione e la gestione del porto turistico di Villanova di Ostuni (Brindisi)”.

Le integrazioni richieste dalla Regione Puglia – Servizio Demanio e Patrimonio – con nota del 09.04.2019 prot. 7909 – in merito alle opere marittime, sono le seguenti:

1. *“Altezza d’onda di progetto in corrispondenza non solo delle opere foranee, come già riportato, ma anche in corrispondenza dell’imboccatura portuale;*
2. *Studio del regime della dinamica litoranea locale, trasversale e longitudinale, per la predizione dell’evoluzione temporale della costa;*
3. *Studio sugli eventuali fenomeni di insabbiamento dell’imboccatura portuale, con identificazione e dimensionamento degli eventuali provvedimenti mitigatori (nel progetto si fa riferimento a due successivi dragaggi, che dovrebbero risultare da questa indagine);*
4. *Studio dell’agitazione interna portuale e verifica della sicurezza degli ormeggi (mancano gli allegati 1, 2 e 3 citati a pag. 29 dell’elaborato OPM_R1);*
5. *Studio sull’agibilità dell’imboccatura portuale e degli specchi acquei interno ai fini della navigazione;*
6. *Studio sulla qualità delle acque interne portuali, con individuazione e dimensionamento degli eventuali provvedimenti mitigatori (nel progetto si fa riferimento agli ossigenatori che dovrebbe risultare da questa indagine).”*

Nel seguito, si presentano, punto per punto, le integrazioni richieste.

2. INTEGRAZIONE N. 1

Altezza d'onda di progetto in corrispondenza non solo delle opere foranee, come già riportato, ma anche in corrispondenza dell'imboccatura portuale.

La relazione tecnica di progetto definitivo (OPM_R1) riporta i risultati dello studio del clima ondoso estremo al largo e determina le caratteristiche dell'onda di progetto per periodo di ritorno¹ T = 100 anni. Dalla legge di distribuzione di Gumbel si sono determinate le seguenti caratteristiche dell'onda al largo:

Altezza	H _s =6,80 m	(H _s = altezza d'onda significativa)
Periodo	T _p =11,80 s	(T _p = periodo di picco)

La stessa relazione tecnica OPM_R1 riporta i risultati dello studio di propagazione dell'onda di progetto da largo verso riva. Tale studio è condotto per le seguenti direzioni di provenienza dell'onda di progetto: 0°, 10°, 20° e 30° nord.

Dagli elaborati già prodotti emerge che i valori più alti dell'altezza d'onda nella zona di interesse sono quelli relativi alla ondatazione proveniente da 30° per la quale si verifica un incremento del 50% rispetto al valore dell'altezza d'onda al largo, e pertanto:

$$H = 1,5 \cdot H_0 = 10,2 \text{ m.}$$

Tale valore di altezza d'onda significativa di progetto si verificherebbe in corrispondenza delle opere foranee se non intervenisse il fenomeno di frangimento dovuto al fondale ridotto.

Come detto, la Regione Puglia ha richiesto la determinazione dell'altezza d'onda di progetto in corrispondenza non solo delle opere foranee, ma anche in corrispondenza dell'imboccatura portuale.

Si osserva che in corrispondenza dell'imboccatura portuale la profondità è pari a 6.0 m circa e che, per tale condizione, l'altezza d'onda di progetto (T = 100 anni) è limitata dal frangimento. Pertanto, l'altezza d'onda significativa di progetto è determinata mediante la seguente formula di calcolo (Goda 1985) per frangimento determinato da fondale ridotto riportata sul manuale CIRIA/CUR del 2007:

Formula di Goda (1985)

$$H_{sb} = 0.18 \left[1 - \exp \left(-1.5\pi \frac{h_b}{L_o} \left(1 + 15(m)^{4/3} \right) \right) \right] L_o$$

¹ il **periodo di ritorno** di un evento, definito anche come **tempo di ritorno**, è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

ove:

profondità, $h_b = 6,0$ m

periodo d'onda significativa, $T_s = T_p/1.2 = 9.8$ s

lunghezza d'onda al largo, $L_o = 150$ m

$m =$ pendenza del fondale = 0,014

Dal calcolo si ottiene che l'altezza d'onda significativa massima che si verifica alla batimetrica 6 m, in corrispondenza dell'imboccatura, ha valore pari a 3,4 m.

3. INTEGRAZIONE N. 2

Studio del regime della dinamica litoranea locale, trasversale e longitudinale, per la predizione dell'evoluzione temporale della costa

Caratteristiche del litorale – Sub Unità Fisiografica

Il porto di Villanova di Ostuni ricade nel tratto di costa tra Torre San Leonardo (Ostuni) e Torre Guaceto (Carovigno) nella S.U.F. 3.2 MONOPOLI - BRINDISI / PUNTA PENNE.

Il tratto di costa è prevalentemente roccioso, con alcune calette con spiaggia sabbiosa e/o ciottolosa.

Non mancano insenature sabbiose di maggiore estensione con sistemi dunali, quali quelle di Rosa Marina nel Comune di Ostuni e di Specchiolla, Taverna Nuova e di Bufaloria nel Comune di Carovigno. In questi tratti di litorale si nota un modesto arretramento della linea di riva, mentre i sistemi dunali sono abbastanza antropizzati.

In altre parole, ciascuna caletta (o baia o insenatura) può rappresentare una Sub S.U.F. rispetto al fenomeno di trasporto longitudinale.

Nel caso specifico della zona di studio, i risultati dello studio del moto ondoso hanno mostrato che si hanno le correnti di maggiore intensità per condizioni meteo marine con direzione di provenienza da ENE e E. Le opere previste, peraltro sostanzialmente già presenti oggi, non determinano una sensibile modifica dell'intensità di tale corrente.

In sintesi, per il tratto, le Linee Guida per la difesa delle coste basse della Regione Puglia (2010) indicano che occorre mettere in atto misure di tutela e risistemazione delle dune. Mentre, per quanto riguarda le piccole spiagge presenti lungo la costa rocciosa, che sono molto frequentate nella stagione balneare, occorrerebbe programmarne una gestione più adeguata.

Tanto viene premesso alla determinazione della dinamica litoranea al fine di evidenziare che nella S.U.F. in questione il trasporto dei sedimenti è limitato dal fatto della scarsità del sedimento.

Il trasporto litoraneo potenziale

Le informazioni sul trasporto potenziale² dei sedimenti lungo riva possono essere ottenute partendo dalla valutazione delle caratteristiche dell'onda e della componente lungo riva del flusso medio di energia dell'onda, P , che infine viene rapportata alla quantità trasportata Q tramite una relazione di origine sperimentale.

² *Trasporto potenziale lungo un tratto di litorale*: il valore massimo del trasporto di sedimenti, espresso in metri cubi per anno, che le onde sarebbero in grado di trasportare nella situazione ipotetica di un costante arrivo da sopraflutto della identica quantità di sedimenti, a rimpiazzare quella asportata e nell'ipotesi di fondale interamente sabbioso.

Le formule proposte per il calcolo sono diverse, fra queste si adotta la formula SPM o CERC (USACE, 1984) in quanto essa gode di maggiore credito. La formula CERC, valida nel caso di spiagge interamente in sabbia senza soluzioni di continuità, assume una correlazione tra il flusso medio di energia dell'onda ed il trasporto litoraneo; per la stima del trasporto longitudinale potenziale (Q) si ha la seguente relazione:

$$Q = \frac{I}{(\rho_s - \rho)(1-p)g} \quad \text{con} \quad I = K(ECg)_b \cos(\alpha'_b) \sin(\alpha'_b)$$

dove p è la porosità del sedimento, g la accelerazione di gravità, K una costante di calibratura, ρ_s la densità del sedimento, ρ la densità dell'acqua e:

$$(ECg)_b = \frac{\rho \cdot g}{16} Hs_b^2 \sqrt{gh_b}$$

$$h_b \cong \frac{Hs_b}{\gamma}; \quad \gamma = 0.8; \quad \alpha'_b = \alpha_b - \alpha_r$$

dove l'indice b indica che il valore delle variabili si riferisce alla zona dei frangenti e l'angolo α_r è l'angolo dell'ortogonale alla costa.

Le informazioni sul clima ondoso medio locale sono state determinate nell'ambito dello Studio di Propagazione largo-riva. Nell'ambito del detto studio sono stati individuati gli stati di mare rappresentativi dell'anno climatico, quelli cioè a cui si attribuisce l'energia totale che compete al clima di moto ondoso che interessa il sito in esame. Utilizzando la totalità delle misure classificate in funzione della direzione di provenienza, si è calcolata un'onda avente un'altezza ed un periodo, con un contenuto energetico rappresentativo dell'energia di tutte le onde provenienti dallo stesso settore (mareggiata equivalente). Questo evento di moto ondoso, chiamato onda di modellazione, ha caratteristiche tali da indurre effetti sul litorale, equivalenti a quelli provocati da tutte le onde provenienti da quella direzione in un anno statistico medio. È stata inoltre calcolata l'onda caratterizzante l'intero paraggio, inserendo tutte le mareggiate calcolate nell'intero settore di traversia procedendo al calcolo dell'altezza e del periodo con la stessa metodologia (Tabella 1). In questo caso però si è reso necessario anche il calcolo della direzione di provenienza della mareggiata equivalente.

EVENTI MEDI PER LE VARIE DIREZIONI		
DIR	H[m]	T[s]
0	1.89	6.33
45	1.54	5.19
90	1.00	4.16
135	1.34	4.69
315	1.97	6.89

TABELLA 1

Dallo studio del clima meteomarinario medio del paraggio risulta che alla direzione 315°N corrisponde l'altezza d'onda energeticamente equivalente più elevata (1.97 m). L'onda caratteristica dell'intero paraggio ha un'altezza di 1,87 m, periodo pari a 6,3 s e direzione di provenienza 338°N.

Se si considera il clima medio stagionale (*Tabella 2*) si osserva che:

- in inverno la mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 2.09 m e direzione di provenienza 344°;
- in primavera la mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 1.8 m e direzione di provenienza 330°;
- in estate la mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 1.75 m e direzione di provenienza 332°;
- in autunno la mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 1,84 m e direzione di provenienza 346°.

EVENTI MEDI PER I VARI PERIODI			
PERIODO	DIR	H[m]	T[s]
INTERO	338	1.87	6.3
INVERNO	344	2.09	6.56
PRIMAVERA	330	1.8	6.15
ESTATE	332	1.75	6.24
AUTUNNO	346	1.84	6.29

TABELLA 2

Per la lettura dei risultati che si ottengono dalla applicazione della formula CERC è necessario sapere che:

- esiste una differenza tra trasporto litoraneo potenziale e trasporto litoraneo reale, che è associata alla disponibilità dei sedimenti³;
- lungo i profili di spiaggia, vi è una profondità oltre la quale non si verifica trasporto di sedimenti (profondità di chiusura);
- che le linee batimetriche non sono rettilinee e parallele;
- vengono calcolati i valori del trasporto litoraneo potenziale nelle due direzioni (nel caso specifico verso Est e verso Ovest) che si verificano in un anno medio, valori del trasporto

³ Ad esempio, nel caso in questione, il trasporto reale dei sedimenti è inferiore a quello potenziale poiché il fondale non è interamente sabbioso, ma piuttosto si ha un fondale roccioso con la sabbia in conche di piccola o grande ampiezza.

che indichiamo come “trasporti lordi”. La differenza fra i due è il “trasporto netto” e corrisponde al bilancio sedimentario potenziale risultante in un anno climatico medio.

La Figura 1 rappresenta l’andamento del trasporto potenziale (lordo e netto) al variare dell’orientamento della linea di riva, calcolato per l’area di mare in corrispondenza del porto:

- la *curva in rosso* indica l’andamento del trasporto potenziale lordo dei sedimenti verso SE al variare dell’orientamento della linea di riva espresso dall’angolo fra la perpendicolare alla costa ed il Nord, in gradi sessagesimali.
- la *curva in blu* indica il trasporto potenziale lordo verso NO.
- la *curva in verde*, infine, indica il valore della differenza fra i due valori lordi, ossia il cosiddetto trasporto litoraneo potenziale netto.

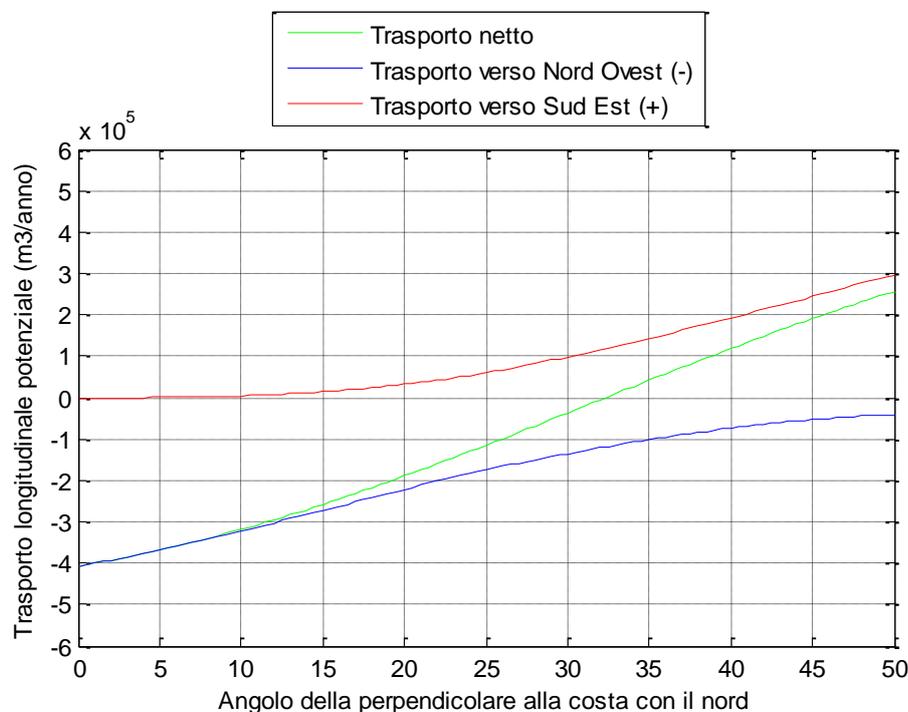


FIGURA 1 - Valori del trasporto potenziale litoraneo in prossimità del porto ottenuti dall’applicazione della formula CERC

Per Il tratto di litorale in questione immediatamente a ponente del porto, a causa dell’orientamento della linea di riva media (35° N), si ottiene un valore del trasporto netto pari a circa 47.000 mc/anno verso Sud Est.

Il tratto di costa a levante del porto, tra il molo di levante e il lido la Playa, presenta un orientamento della linea di riva media pari a 28° N. Per tale tratto di costa il trasporto netto potenziale è pari a circa 50.000 mc/anno circa) in direzione Nord Ovest.

Assunte queste valutazioni, si può concludere che sia per quanto sostenuto dalla Linee Guida per la difesa delle coste basse della Regione Puglia, sia per il limitato trasporto litoraneo potenziale netto, il porto di Villanova ha una modesta influenza sulla morfodinamica delle spiagge.

4. INTEGRAZIONE N. 3

Studio sugli eventuali fenomeni di insabbiamento dell'imboccatura portuale, con identificazione e dimensionamento degli eventuali provvedimenti mitigatori (nel progetto si fa riferimento a due successivi dragaggi, che dovrebbero risultare da questa indagine);

Il fenomeno di interrimento del porto di Villanova è determinato dai sedimenti che sedimentano una volta attraversata l'imboccatura portuale sotto l'azione della corrente litoranea e del moto ondoso proveniente da Sud Est.

Al fine di valutare la quantità di sedimenti annua che viene potenzialmente intrappolata dalle opere portuali, si è determinato mediante la già detta formula CERC il valore della capacità di trasporto potenziale litoraneo per il tratto di costa immediatamente a ponente del porto e a levante del porto, tra il molo di levante e il lido la Playa. Il tratto a ponente presenta un orientamento della linea di riva media pari a 35°N (Figura 1) ed è interessato da un trasporto litoraneo potenziale netto di circa 47.000 mc/anno verso Sud-Est. Il tratto a ponente del porto presenta un orientamento della linea di riva media pari a 28° N ed è interessato da un trasporto netto potenziale pari a circa 50.000 mc/anno circa) in direzione Nord Ovest.

Pertanto, il volume netto potenziale di sedimenti che annualmente può transitare dinanzi al porto è pari a circa 3.000 mc.

Come detto, occorre cautela nella lettura dei risultati della applicazione della formula CERC. Infatti, è necessario sapere che:

- esiste una differenza tra trasporto litoraneo potenziale e trasporto litoraneo reale, che è associata alla disponibilità dei sedimenti;
- lungo i profili di spiaggia, vi è una profondità oltre la quale non si verifica trasporto di sedimenti (profondità di chiusura);

Si osserva che il fondo marino in prossimità del porto di Villanova non è uniformemente costituito da sabbia, ma piuttosto questa si ritrova localizzata in conche, più o meno ampie, sul fondo marino roccioso.

Il valore appena ottenuto (3.000 mc/anno) è modesto e va ridotto tenendo conto della scarsità di sedimento sul fondale marino (vedi le Linee Guida per la difesa delle coste basse della Regione Puglia⁴).

Concludendo, anche sulla scorta del rilievo batimetrico disponibile, il quantitativo di sedimento che realmente ogni anno potrebbe fare ingresso nel porto è valutabile tra circa 1000 - 2000 mc.

⁴ “Il tratto di costa è prevalentemente roccioso, con alcune calette con spiaggia sabbiosa e/o ciottolosa.”

5. INTEGRAZIONE N. 4 E INTEGRAZIONE N. 5

Studio dell'agitazione interna portuale e verifica della sicurezza degli ormeggi (mancano gli allegati 1, 2 e 3 citati a pag. 29 dell'elaborato OPM_R1);

Studio sull'agibilità dell'imboccatura portuale e degli specchi acquei interno ai fini della navigazione

Il presente studio integrativo ha il fine di valutare l'efficacia delle opere marittime di protezione del porto ai fini di garantire buone prestazioni in termini di:

- sicurezza di navigabilità all'entrata;
- sicurezza dei natanti all'ormeggio e il confort dell'equipaggio.

Lo studio consente la verifica, mediante la conduzione di simulazioni con un modello numerico, del moto ondoso entrante nel bacino.

Nell'ambito dello Studio di propagazione largo/riva del moto ondoso si è già analizzata la trasformazione che subisce il moto ondoso durante la sua propagazione da acque profonde fino in prossimità del porto di Villanova di Ostuni.

Lo scopo del presente studio è individuare i livelli di agitazione che si verificano in diverse zone del porto, al fine, si ripete, di valutare il livello di comfort e sicurezza alle imbarcazioni.

In particolare, nel presente rapporto di studio viene trattato il tema della determinazione dei coefficienti di agitazione in diverse zone del porto, per un insieme di condizioni del moto ondoso (di altezza d'onda per diversi valori del periodo di ritorno) mediante l'uso di un modello matematico di propagazione del moto ondoso (MAP).

Lo studio di agitazione ha preso in considerazione i valori di altezza d'onda significativa massimi alla batimetrica 5,5 m, dinanzi alla imboccatura portuale, per periodo di ritorno 10 anni.

CONSIDERAZIONI GENERALI

I due moli delimitanti il bacino portuale costituiscono essenzialmente un sistema di protezione dalle onde ed un canale navigabile per l'ingresso nel bacino portuale. Il loro scopo è quello di permettere, alle barche in entrata, una sicura navigazione e, a quelle ormeggiate nel bacino portuale, di non essere disturbate dall'azione delle onde agenti esternamente.

Molti dei fattori influenzanti la progettazione di un porto turistico e/o peschereccio, come il disegno dell'imboccatura per la protezione dalle onde, sono comuni ai progetti degli altri tipi di porto. Pur

tuttavia, operativamente, le necessità di protezione dalle onde di un porto minore sono maggiori, poiché le altezze d'onda di progetto in un bacino d'ormeggio per barche di piccola e media dimensione debbono essere molto più limitate che non nel caso dei porti commerciali destinati a ricevere navi più grandi. Le onde hanno infatti la capacità di:

- a) compromettere la sicurezza della navigazione all'ingresso dei porti;
- b) danneggiare i pontili e le barche;
- c) creare un ambiente di ormeggio "scomodo";
- d) introdurre sedimenti nel canale d'entrata.

La pericolosità delle onde è notoriamente funzione della loro altezza, direzione, ripidità ($\delta = H/L$) e frequenza $f = 1/T$.⁵ Il frangimento dell'onda, che si ha al raggiungimento del suo limite di ripidità, non deve agire sulla barca in navigazione o all'ormeggio.

Esistono alcune raccomandazioni circa la limitazione delle onde nei porti turistici:

- a) secondo lo Speciale Rapporto #2 dell'U.S. Army Corps of Engineers, l'altezza d'onda all'interno del bacino deve essere limitata a 30 - 45 cm.
- b) secondo Mercer et alii (Canada) la limitazione dell'altezza delle onde è funzione: dell'angolo di allineamento delle barche rispetto alla cresta dell'onda, del periodo dell'onda (o della lunghezza), del periodo di ritorno⁶ e del desiderato livello di benessere/comfort.

Questo metodo, dato in forma matriciale, è stato introdotto sia nelle norme Australiane che in quelle US-ASCE e, sin dal 1996, pressoché inalterate, nelle raccomandazioni tecniche emanate dall'allora III Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP.⁽⁷⁾ Le dimensioni del canale di ingresso vanno determinate in base alle dimensioni della nave, alla sua velocità, alla direzione e intensità dei venti e delle onde, al tipo di traffico ecc.; la larghezza dei canali va riferita alla porzione di canale con profondità pienamente navigabile. In altre parole, la distanza dei moli deve essere maggiore.

⁵ Dove L lunghezza d'onda, T periodo dell'onda

⁶ il **periodo di ritorno** di un evento, definito anche come **tempo di ritorno**, è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

⁷ "Raccomandazioni tecniche per la progettazione dei porti turistici", in PIANC - Sezione italiana - febbraio 2002.

GEOMETRIA DELL'IMBOCCATURA

Laddove l'imboccatura del porto è costituita dal varco fra le dighe frangiflutti, le larghezze sono usualmente minori (nei più piccoli porti del Mediterraneo, di norma non si scende sotto i 45 m).

Una semplice regola (USN DM 26-1) suggerisce, per i porti minori ad una sola via di transito, che ogni apertura sia almeno larga quanto la più lunga nave che usa quella via di navigazione.

La profondità operativa dell'imboccatura deve essere maggiore, come minimo, del pescaggio delle barche. Questa profondità minima, infatti, deve essere aumentata se si considerano la misura del cavo dell'onda così come quella del potenziale affondamento della nave e si mette in conto un ragionevole franco al di sotto della chiglia.

Se l'imboccatura portuale è situata su una costa particolarmente esposta, la presenza di onde frangenti nel canale d'entrata crea condizioni pericolosissime all'ingresso nel porto. Si ricordi che le onde tendono a frangere allorché, entrando, incontrano profondità che sono dell'ordine da 1 a 1,3 volte la loro altezza. Ad esempio un'onda alta 2,1 m frangerà su profondità tra i 2,1 m ed i 3 m.

Mentre nei porti commerciali con maggiori profondità all'entrata i frangimenti d'onda sono rari, questa possibilità va presa in seria considerazione per i porti per piccole imbarcazioni, dove le profondità all'imboccatura sono spesso minori. L'approccio al problema consiste nell'uso di lunghe registrazioni o ricostruzioni delle onde come informazione statistica del clima ondoso al largo e nel trasferimento di tali dati al sito costiero dove è prevista la localizzazione del porto.

Periodo dell'onda ed orientamento dello scafo	Altezza d'onda significativa, H_s	
	Onda massima con periodo di ritorno di 50 anni	Onda massima con periodo di ritorno annuale
meno di 2 s con onda di prua	*	altezza d'onda minore di 0.3 m
più di 2 s con onda di prua	altezza d'onda minore di 0.6 m	altezza d'onda minore di 0.3 m
meno di 2 s con onda al traverso		altezza d'onda minore di 0.3 m
più di 2 s con onda al traverso	altezza d'onda minore di 0.25 m	altezza d'onda minore di 0.15 m

nota: Se si desiderano condizioni "ottimali" del clima ondoso, moltiplicare le altezze per 0.75; per condizioni "moderate" moltiplicare le altezze per 1.25

TABELLA 3 - Criteri per "buone" condizioni ondose nei porti per piccole imbarcazioni

La disposizione dell'imboccatura e le dimensioni dell'avamposto vengono di regola definite mediante modello idraulico, numerico o fisico in scala ridotta.

Evidentemente, il tirante d'acqua nei passi navigabili deve essere pari al pescaggio della più grande barca con l'aggiunta del franco di sicurezza.

Nella Tabella 4 vengono date alcune indicazioni per il minimo tirante d'acqua da assegnare ad un porto turistico in relazione al tipo di barca da ospitare.

Lunghezza barca (m)	Tirante d'acqua minimo (m)	
	a motore (m)	a vela (m)
-	1,2	1,2
9,0	2,1	2,7
10,6	2,4	3,0
12,0	2,4	3,3
13,7	2,4	3,6
15,0	2,6	4,0
16,7	2,6	4,3
18,2	2,6	4,4
20,0	2,7	4,7

TABELLA 4 - Minimo tirante d'acqua da assegnare ad un porto turistico in relazione al tipo di barca da ospitare

Il progetto di dragaggio e la flotta di progetto assunta risultano in accordo con quanto riportato nella Tabella 4.

DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO

Tutti i fronti d'onda adottati per la conduzione delle simulazioni con il modello di agitazione corrispondono a fronti d'onda propagati secondo quanto riportato nella Tabella 2 della presente relazione integrativa.

A seguito della simulazione numerica, si ottengono i valori dei coefficienti adimensionali d'agitazione ondosa in ciascun nodo del dominio di calcolo.

Il modello numerico utilizzato per lo studio di agitazione è il modello MAP (Moreno, 1996; Moreno e Rivero, 1998). Questo modello si basa sull'equazione mild-slope (Berkhoff, 1972) che simula la propagazione delle onde lineari di gravità su fondo variabile, modificata da Chandrasekera and Cheung (1997) per ridurre la limitazione relativa all'utilizzo per sole pendenze dolci (mild-slope). Il modello MAP è stato ampiamente convalidato a partire da soluzioni analitiche (per casi ideali) e da dati sperimentali di laboratorio (Moreno, 1996).

Dato il carattere lineare di questa equazione, il modello consente di simulare la propagazione di un moto ondoso irregolare (in frequenza e direzione) mediante la sovrapposizione lineare delle soluzioni ottenute per un insieme finito di componenti in cui si divide lo spettro di energia del moto ondoso.

Il modello è in grado di assumere la forma spettrale generata in base allo spettro Jonswap in frequenza (con un coefficiente di picco pari a 3.3) e di Mitsuyasu in direzione. Le direzioni medie di incidenza di tali spettri corrispondono alle direzioni di incidenza ottenute con la propagazione del moto ondoso.

Il modello permette di riprodurre in forma combinata i fenomeni di accrescimento (shoaling), rifrazione, diffrazione, riflessione, dissipazione del moto ondoso per fondo e per frangimento, la riflessione parziale (complessa) su scogliere o su pareti e la radiazione dei fronti d'onda all'imboccatura. Allo stesso tempo, esso permette di realizzare un'analisi di risonanza in darsene e baie sotto l'effetto di onde lunghe.

La soluzione numerica del problema si ottiene mediante l'uso del metodo agli elementi finiti su una maglia con elementi triangolari lineari. Il modello presenta una formulazione di condizioni al contorno per contorni parzialmente o totalmente assorbenti.

Il dominio di calcolo è stato discretizzato in elementi finiti triangolari di 3 m di lato. La profondità in ciascun nodo della maglia agli elementi finiti è stata ottenuta mediante l'interpolazione (metodo kriging) dei dati ottenuti durante la campagna batimetrica realizzata all'interno del porto e nelle sue vicinanze. La batimetria adottata è quella ottenuta mediante il rilievo in campo eseguito a maggio 2019.

Per tutte le simulazioni è stato assunto un livello di marea di 0.0 m ed una profondità minima nel porto pari a 2.0 m.

Prima di condurre le simulazioni, è stata valutata la opportunità di simulare il moto ondoso irregolare relativamente alla dispersione direzionale ed alla frequenza, in quattro modi distinti:

- Moto ondoso regolare (monocromatico ed unidirezionale)
- Moto ondoso regolare direzionale
- Moto ondoso irregolare unidirezionale
- Moto ondoso irregolare e direzionale

La

. Questa figura proviene da uno studio eseguito per il porto di Barcellona e in essa vi si confronta la distribuzione del coefficiente di agitazione, definito come rapporto tra l'altezza d'onda in un punto e l'altezza d'onda incidente all'imboccatura, $K_p = H/H_{\text{imboccatura}}$, per le quattro suddette condizioni di moto ondoso, con valori uguali del periodo di picco e di angolo medio.

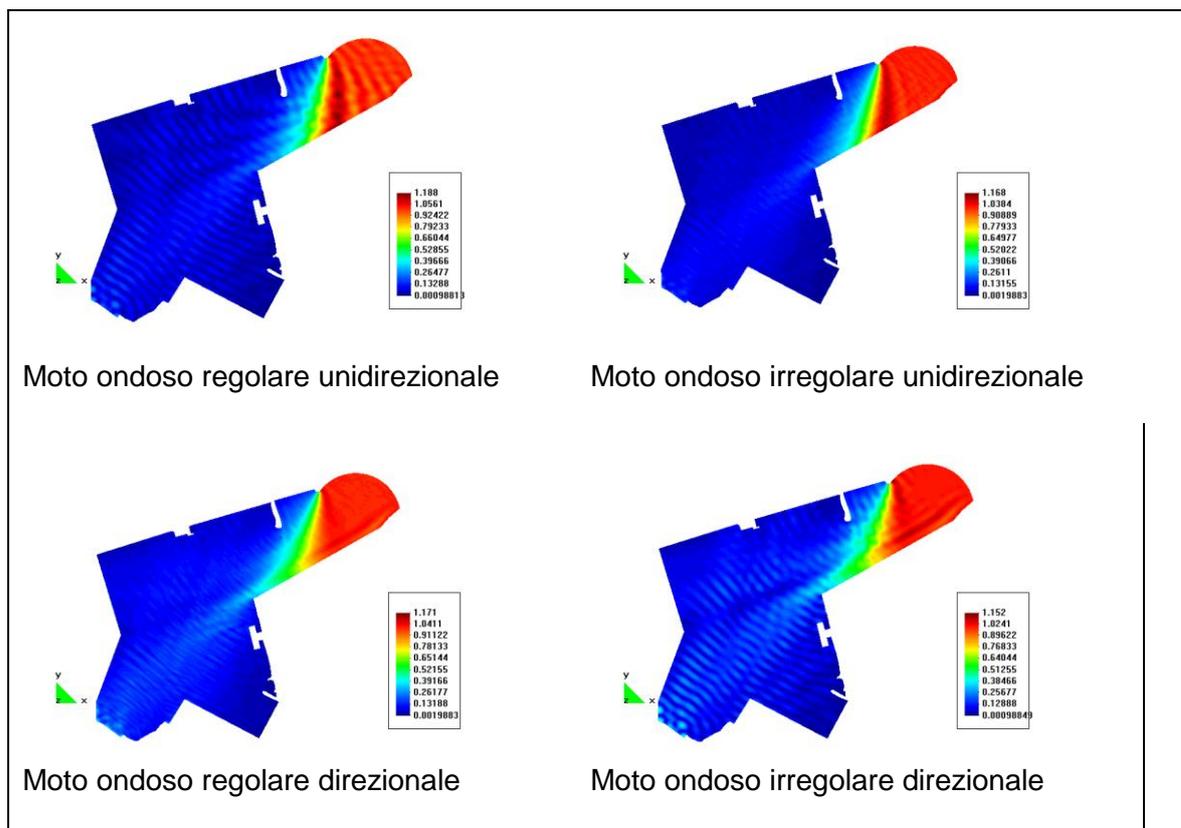


FIGURA 2 - Distribuzione del coefficiente di agitazione K_p per quattro condizioni di moto ondoso nel porto di Barcellona. Settore ESE. $T_p = 10$ s

I risultati ottenuti mostrano la minore influenza della irregolarità del moto ondoso. Pertanto, al fine di ridurre i tempi di calcolo, certi di non perdere in qualità del risultato, le simulazioni sono state **condotte per moto ondoso regolare unidirezionale**.

CONDIZIONI AL CONTORNO E BATIMETRIA ADOTTATA

Le condizioni al contorno adottate sono le seguenti:

- moto ondoso incidente lungo la corona di entrata (informazione ottenuta a seguito dello studio di trasformazione del moto ondoso largo/riva). Questa condizione al contorno consente anche la radiazione del moto ondoso riflesso all'interno del dominio computazionale.
- riflessione parziale in corrispondenza di moli, dighe, banchine etc. del porto in base ad un coefficiente di riflessione che dipende dalle caratteristiche e dalla tipologia delle opere: scogliere ($K_r = 0.40$), pareti verticali ($K_r = 0.85$).
- assorbimento praticamente totale in corrispondenza di spiagge o scali di alaggio ($K_r = 0.2$).

La Figura 3 mostra i valori dei coefficienti di riflessione adottati per le simulazioni.

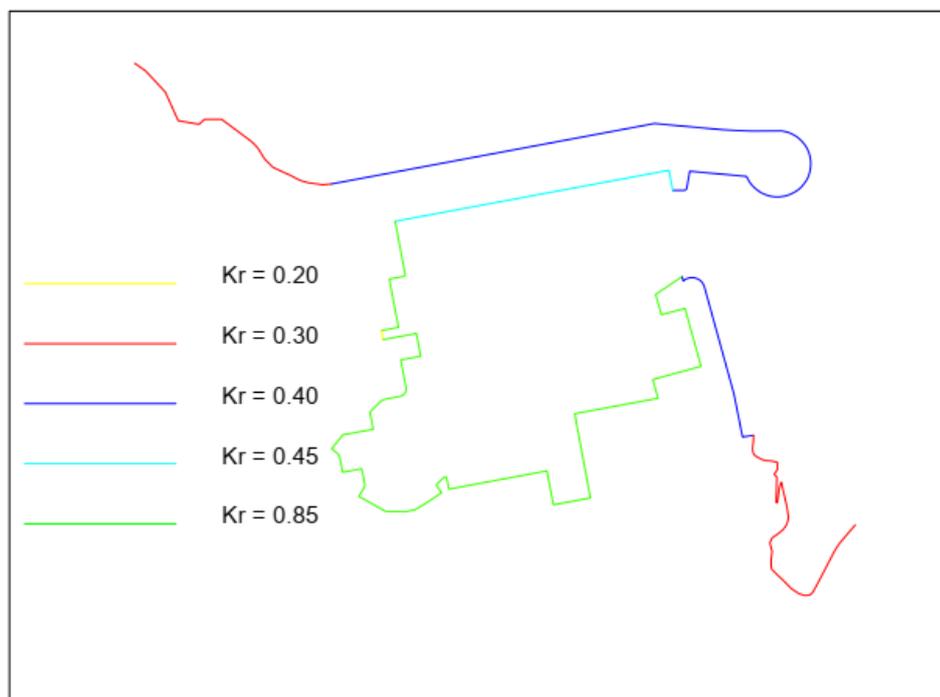


FIGURA 3 - Valori del coefficiente di riflessione adottati per le simulazioni con modello numerico

La batimetria è riportata in Figura 4 che perviene dagli elaborati di progetto.

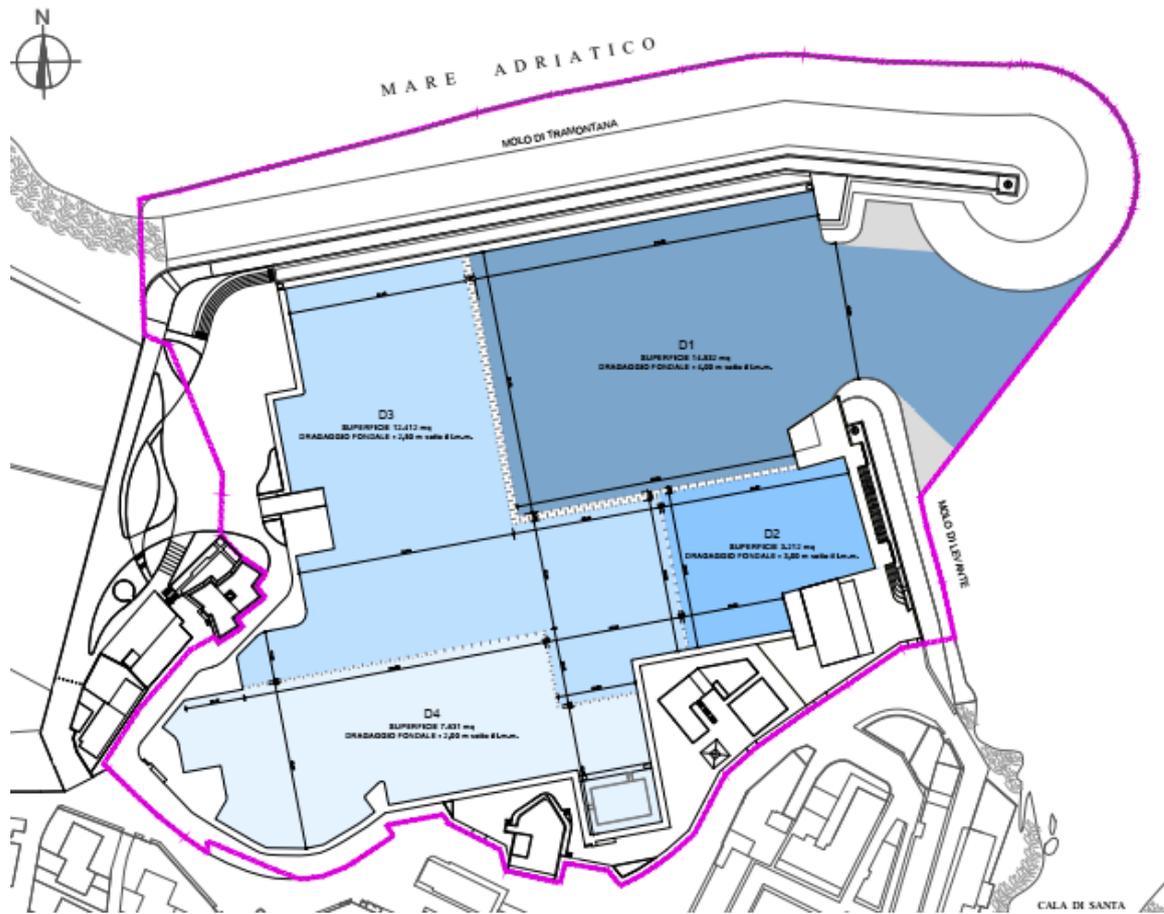


FIGURA 4 - Planimetria del progetto di dragaggio

Le caratteristiche delle onde assunte come input sono quelle relative ad un periodo di ritorno pari a 10 anni sono riportate in Tabella 5 (tratta da relazione OPM_R1 Opere marittime, pag. 22); tali condizioni sono determinate in prossimità dell'imboccatura portuale.

DIR [°Nord]	H _{S0} [m]	T [s]
0	3.7	8.7
30	3.2	8.1
60	2.7	7.0
90	1.2	6.9

TABELLA 5 - Caratteristiche del moto ondoso adottate per le simulazioni dell'agitazione ondosa nel porto

RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

I risultati delle simulazioni sono rappresentati in forma di distribuzione planimetrica dei valori assunti dal coefficiente di agitazione (rapporto tra l'altezza d'onda nel punto di interesse e quello in prossimità dell'imboccatura). In particolare, le Figure che seguono indicano in scala cromatica la distribuzione planimetrica dei valori del coefficiente di agitazione.

Nella lettura dei risultati si tenga conto che le simulazioni sono condotte in assenza dei pontili e delle barche che procurano un abbattimento, non trascurabile, ulteriore dell'energia dell'onda.

Nel prosieguo, i risultati vengono esposti e commentati per ciascuna direzione di provenienza.

0°N (Tramontana)

L'imboccatura presenta una condizione di ridosso che in condizioni estreme, per periodo di ritorno 10 anni, determina un'altezza d'onda significativa all'imboccatura che raggiunge il valore 1,1 m. Tale valore, in vista dell'ampiezza dell'imboccatura del porto (45 m) e della zona di avamposto, considerata la nave di progetto (lunghezza f.t. 18 m), non determina condizioni di insicurezza nelle manovre di ingresso.

Lo specchio acqueo appare assai ben protetto e con una agitazione compatibile con i livelli di comfort e sicurezza in Tabella 6.

30°N (Greco Tramontana)

L'imboccatura presenta una condizione di ridosso che in condizioni estreme, per periodo di ritorno 10 anni, determina un'altezza d'onda significativa all'imboccatura che raggiunge il valore 1 m. Tale valore, in vista dell'ampiezza dell'imboccatura del porto (45 m) e della zona di avamposto, considerata la nave di progetto (lunghezza f.t. 18 m), non determina condizioni di insicurezza nelle manovre di ingresso.

Lo specchio acqueo appare assai ben protetto e con una agitazione compatibile con i livelli di comfort e sicurezza in Tabella 6.

60°N (Greco Levante)

L'imboccatura presenta una condizione di ridosso che in condizioni estreme, per periodo di ritorno 10 anni, determina un'altezza d'onda significativa all'imboccatura che raggiunge il valore 1,3 m. Tale valore, in vista dell'ampiezza dell'imboccatura del porto (45 m) e della zona di avamposto, considerata la nave di progetto (lunghezza f.t. 18 m), non determina condizioni di insicurezza nelle manovre di ingresso.

Lo specchio acqueo appare assai ben protetto e con una agitazione compatibile con i livelli di comfort e sicurezza in Tabella 6.

90°N (Levante)

L'imboccatura presenta una condizione di ridosso che in condizioni estreme, per periodo di ritorno 10 anni, determina un'altezza d'onda significativa all'imboccatura che raggiunge il valore 1,2 m. Tale valore, in vista dell'ampiezza dell'imboccatura del porto (45 m) e della zona di avamporto, considerata la nave di progetto (lunghezza f.t. 18 m), non determina condizioni di insicurezza nelle manovre di ingresso.

Alla banchina destinata alle imbarcazioni di maggiori dimensioni, in corrispondenza della parte più prossima all'imboccatura, si verifica un'agitazione ondosa che può generare livelli non accettabili di comfort e sicurezza per i diportisti e per i natanti.

La restante parte di specchio acqueo appare assai ben protetto e con una agitazione compatibile con i livelli di comfort e sicurezza in Tabella 6.

In sintesi, i risultati dello studio di agitazione condotto portano a dire che:

- L'assetto planimetrico di progetto del porto è, per quasi tutte le direzioni di provenienza del moto ondoso considerate, in grado di produrre nel bacino portuale condizioni di sicurezza e comfort per eventi di moto ondoso estremi con periodo di ritorno 10 anni;
- All'imboccatura, per eventi di moto ondoso con periodo di ritorno 10 anni, si possono verificare condizioni di agitazione ondosa non trascurabili, ma che non determinano condizioni di insicurezza nella manovra di ingresso, alla luce dell'ampiezza dell'imboccatura, dell'avamporto e della nave di progetto;
- Al fine di limitare l'agitazione all'imboccatura, si suggerisce di adottare una pendenza 1:3 per la scarpata della testata del molo di sottoflutto;
- Al fine di limitare l'agitazione all'imboccatura, si suggerisce di colmare il tratto di mare tra pennello all'ingresso del porto e testata del molo di sopraflutto (Figura 5); il "riempimento" va eseguito utilizzando elementi lapidei a formare una scogliera.

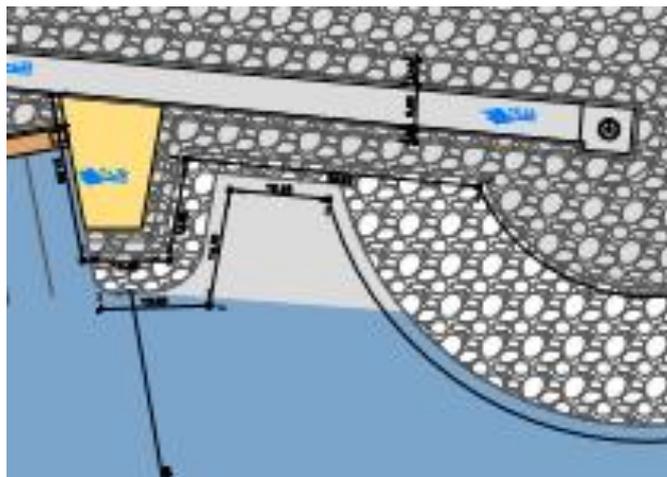
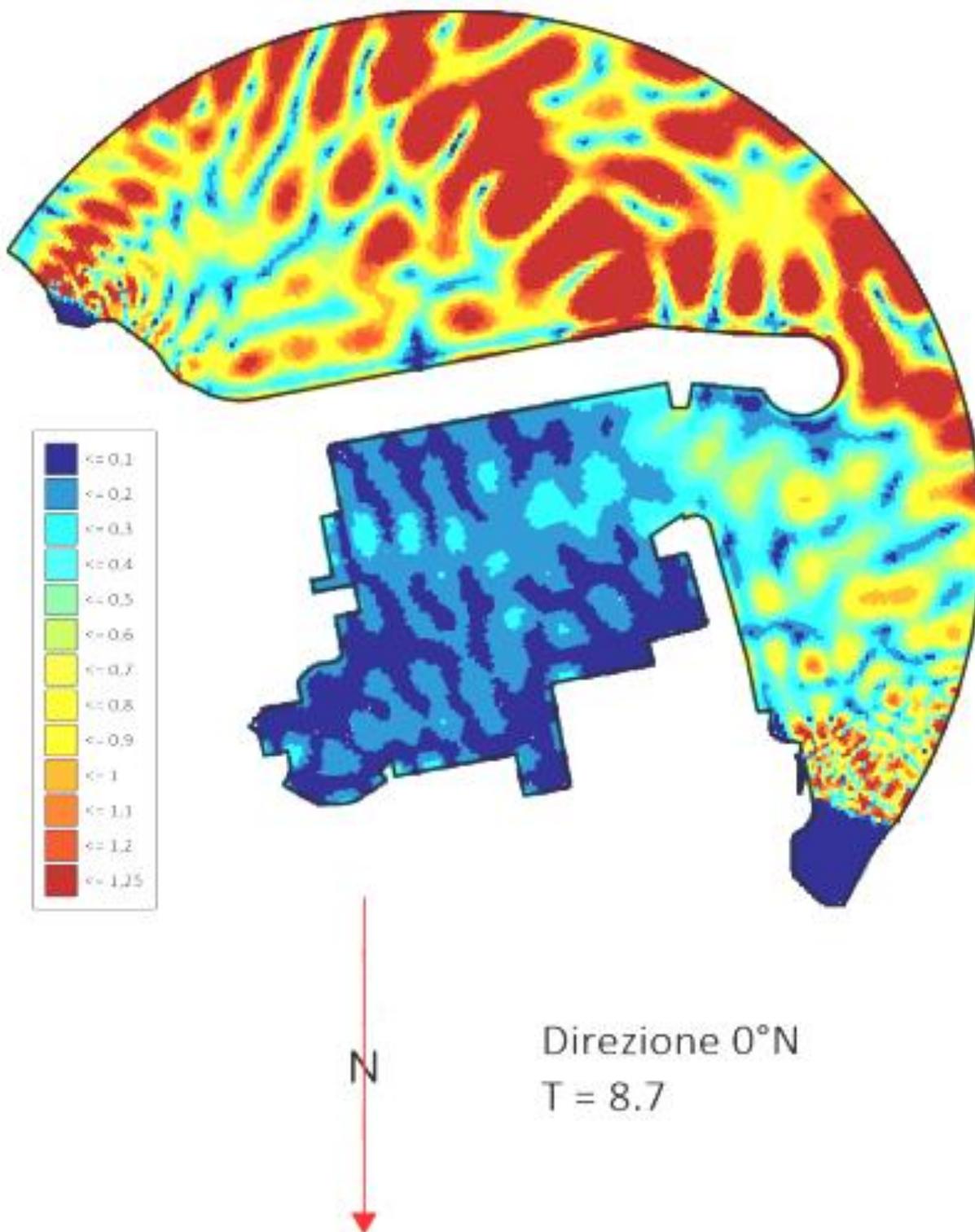
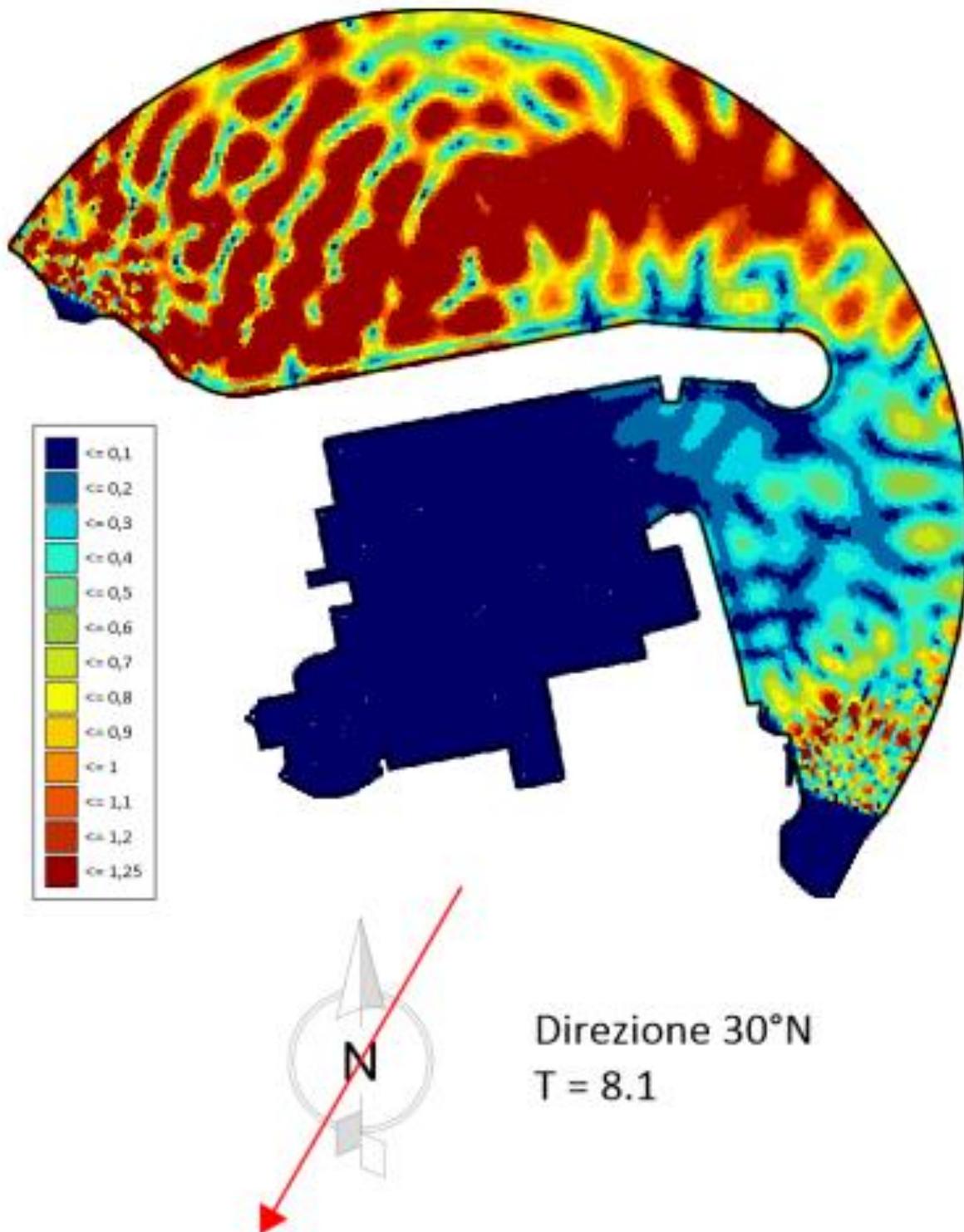
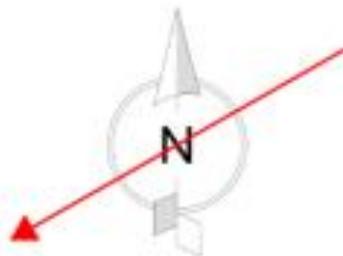
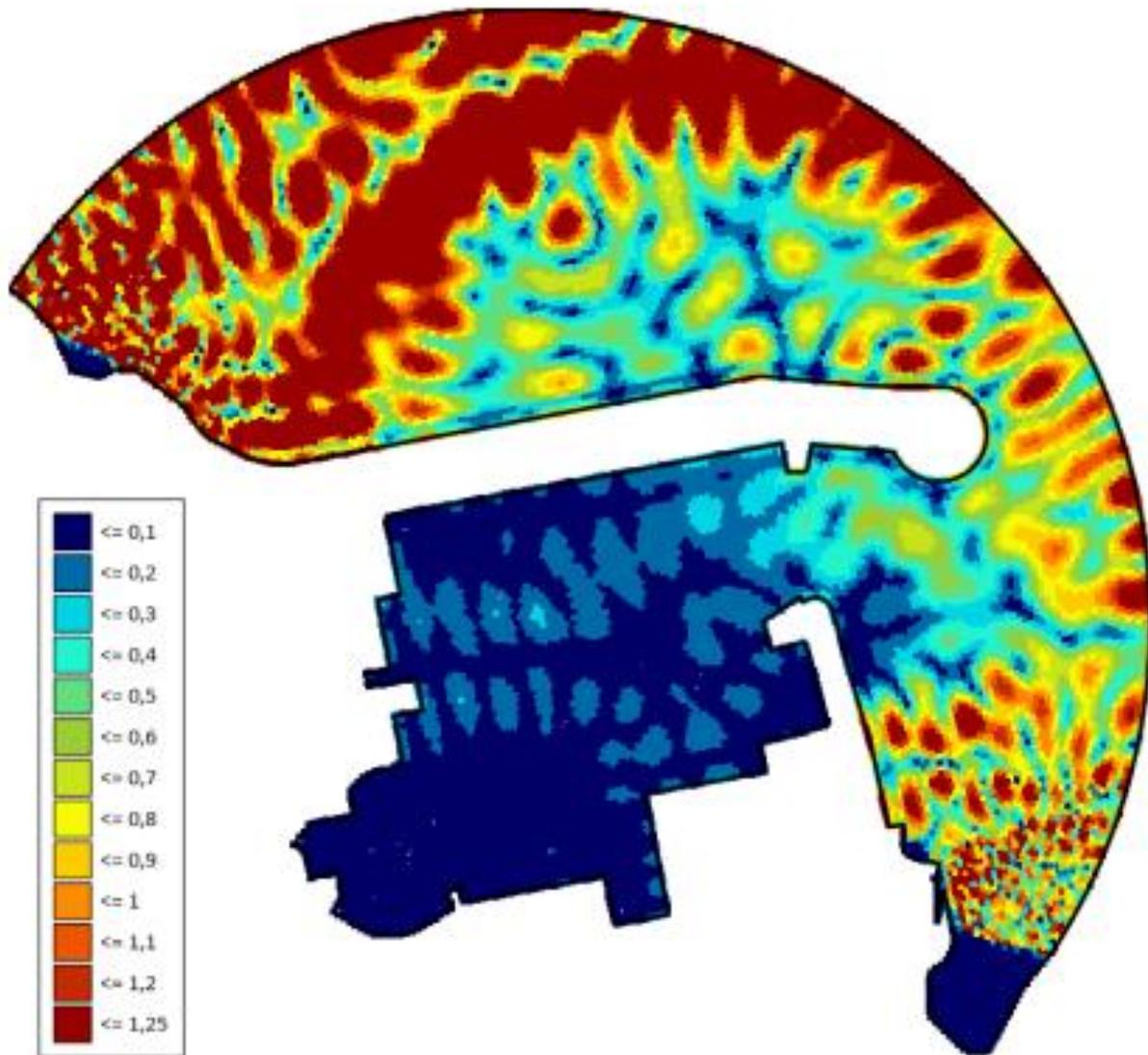


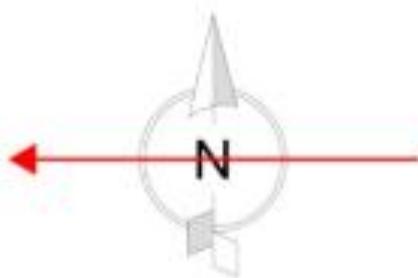
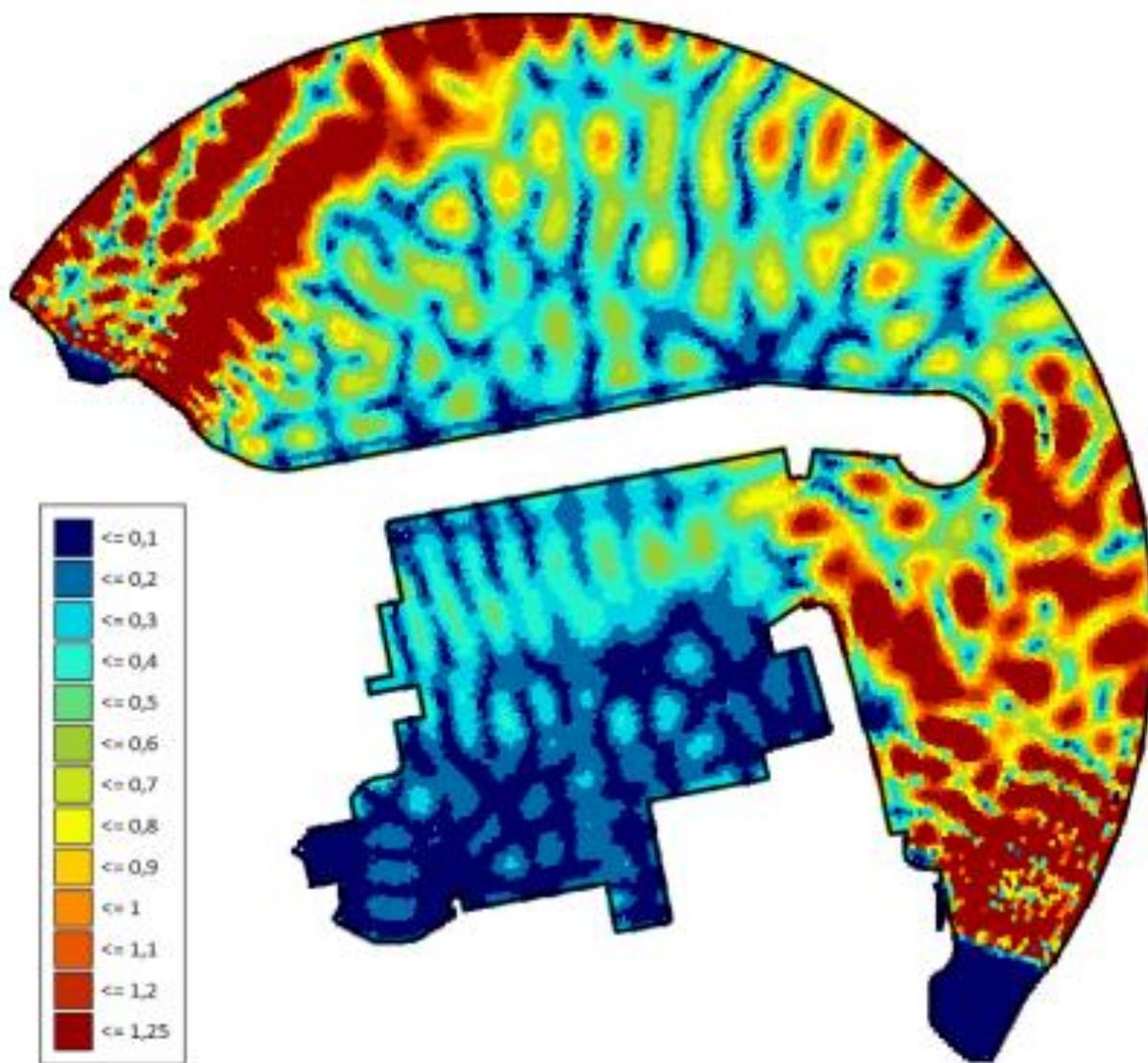
FIGURA 5 - Il tratto di mare da colmare con la formazione di una scogliera







Direzione $60^{\circ}N$
 $T = 7.0$



Direzione 90°N

T = 6.9

6. INTEGRAZIONE N. 6

Studio sulla qualità delle acque interne portuali, con individuazione e dimensionamento degli eventuali provvedimenti mitigatori (nel progetto si fa riferimento agli ossigenatori che dovrebbe risultare da questa indagine)

La Regione Puglia ha osservato la scarsità di valutazioni sulla qualità delle acque interne portuali.

È noto che la qualità delle acque di un porto turistico può essere compromessa dalla:

- realizzazione di una marina con scarsa capacità di ricambio in cui si sviluppi una deficienza d'ossigeno disciolto (DO);
- scarico d'inquinanti da parte delle imbarcazioni all'interno del porto;
- deflusso d'inquinanti dilavati da parcheggi, tetti e altre superfici impermeabili durante piogge intense;
- rilascio d'inquinanti durante le operazioni di manutenzione a terra o in acqua;
- cambiamenti al regime delle correnti al largo che alterano la dispersione degli inquinanti disciolti e dei batteri.

Le deficienze d'ossigeno disciolto DO si verificano a causa dell'ossidazione del materiale organico.

Il bilancio d'ossigeno all'interno del porto dipende da una serie di fattori quali:

- richiesta d'ossigeno (BOD) dell'acqua all'interno del porto;
- carico di BOD dovuto al rilascio di materiale organico da parte delle imbarcazioni, delle fognature e delle acque piovane;
- sviluppo e deterioramento delle alghe all'interno della marina;
- ricarica di BOD dovuta al ricambio idrico provocato dalla marea o al ricambio artificiale;
- domanda d'ossigeno dei sedimenti (SOD) di natura organica.

L'ambiente relativamente stagnante che si può creare all'interno di una marina aumenta il deficit d'ossigeno. Le concentrazioni di DO e BOD diminuiscono a causa dell'ossidazione della materia organica fino a raggiungere valori inferiori a quelle del mare aperto.

Se i valori di DO scendono al 5% (rispetto alla saturazione), la domanda d'ossigeno del corpo d'acqua è soddisfatta prima dalla denitrificazione dell'ossido d'azoto e, poi dalla riduzione batterica

dei solfati, che produce il maleodorante gas solfuro d'idrogeno. Livelli di DO inferiori a circa 4mg/l possono causare la morte dei pesci all'interno della marina.

Inoltre, in un porto con scarso ricambio idrico naturale si verificano le condizioni ideali per lo sviluppo delle alghe che deteriorandosi aumentano la domanda d'ossigeno all'interno della marina. La crescita delle alghe è condizionata anche dalla disponibilità di luce e dalla temperatura dell'acqua. Nelle acque basse della marina le alghe possono svilupparsi fino alla profondità alla quale la luce riesce a penetrare. Se si verificano le condizioni favorevoli all'interno del porto la concentrazione delle alghe può raddoppiare in un giorno. Il fitoplancton inoltre, produce tossine che risultano nocive alla vita animale ed umana.

Infine, anche i metalli si possono accumulare nelle acque di una marina e nei sedimenti raggiungendo livelli pericolosi per gli organismi marini. I metalli che tipicamente possono raggiungere alte concentrazioni sono il piombo, l'arsenico, lo zinco, il rame, lo stagno, il ferro e il cromo. Essi sono contenuti, per esempio, negli additivi dei carburanti, nelle zavorre, nei pigmenti delle vernici, nei preservanti del legno, negli anodi usati per inibire la corrosione dei metalli degli scafi, dei motori e nelle vernici antincrostazione.

Altri fattori di rischio d'inquinamento si possono manifestare, durante il rifornimento di carburante alle imbarcazioni, durante lo scarico delle acque di sentina che possono generare sversamenti in mare d'idrocarburi che inquinano l'acqua ed i sedimenti con effetti tossici sugli organismi marini.

Gli scarichi delle imbarcazioni ormeggiate possono provocare l'incremento delle concentrazioni di coliformi fecali che, pur non avendo un diretto impatto negativo sulle acque, possono aumentare il rischio di problemi alla salute umana nonché creare impatti visivi d'effetto sgradevole.

È fondamentale quindi verificare che la darsena in località Villanova di Ostuni non determini gli effetti nocivi menzionati.

Per mantenere la qualità delle acque interne e limitrofe ad una marina conforme alle linee guida sulla qualità, è necessario verificare il ricambio delle acque ed analizzare i possibili effetti di mitigazione sino ad eventualmente progettare un "adeguato" sistema di ricambio delle acque forzato. In ogni caso, in questo particolare contesto non esiste una definizione di "adeguato" e la portata di ricambio deve essere definita caso per caso a seconda delle condizioni specifiche del sito. Si cita come semplice riferimento la Linea-Guida fornita dall'Agenzia Statunitense per la Protezione dell'Ambiente che per questo particolare problema progettuale recita:

“Nelle aree dove l'intervallo di marea non eccede un metro, è raccomandato un ricambio d'acqua (la quantità di una sostanza conservativa lavata via dal bacino) del 90% su un periodo di 24 ore”

Tuttavia, va osservato che una portata di ricambio così elevata è difficile da raggiungere in una marina del Mar Mediterraneo con profondità navigabili di circa 4 m. Nelle aree dove non sono presenti indicativi carichi inquinanti e l'acqua di mare entrante nel bacino è caratterizzata da livelli di nutrienti relativamente bassi, quindi con basso rischio di sviluppo algale, è possibile usare tempi di ricambio fino a 10 giorni. Viceversa dove è nota la presenza di carichi inquinanti e/o lo sviluppo d'alghe nelle acque marine adiacenti, i tempi di ricambio devono essere ridotti.

Al fine di giungere alla formulazione di un giudizio preliminare in merito alla capacità offerta dal bacino portuale di conservare un livello almeno sufficiente di salubrità dell'acqua, si sono esaminati i seguenti punti:

- analisi parametrico-geometrica del porto al fine di caratterizzare il ricambio delle proprie acque;
- analisi del ricambio delle acque superficiali del porto a partire dall'informazione disponibile sul clima del vento;
- analisi della corrente indotta dalla variazione del livello medio del mare (maree) attraverso l'imboccatura del porto e la sua circolazione interna per determinare il tempo teorico occorrente al ricambio completo delle acque interne.

Lo studio prende in considerazione l'assetto di progetto definitivo.

In merito ai tempi di ricambio dell'intera massa idrica di un porto turistico non esiste una normativa di riferimento. Vi sono solo due linee guida a livello internazionale: quella, già citata, dell'Environmental Protection Agency (USA) e quella spagnola valida per porti commerciali e turistici (ROM 5.1, CEDEX, Spagna).

Le linee guida spagnole forniscono gli elementi più precisi; esse stabiliscono che se la concentrazione iniziale di inquinante in una zona del porto è C_0 e la concentrazione a 7 giorni è C_7 , il ricambio è ottimo se $C_7 < 0,9 C_0$, mentre il ricambio è basso se $C_7 > 0,9 C_0$.

Le indicazioni fornite dalle linee guida spagnole sono senz'altro assai cogenti. E' infatti il caso di riportare che per la maggior parte dei porti turistici del mar Mediterraneo, il tempo di ricambio idrico stimato si aggira sui 20-25 giorni. Nel caso dei porti commerciali ed industriali il tempo di ricambio idrico è di qualche ordine di grandezza superiore. In particolare, un recente studio condotto per il

porto di Barcellona ha stimato in circa 1000 giorni il tempo di ricambio idrico. Volendo riferirsi poi al caso di un porto turistico italiano, il porto di Avola, ha tempo di ricambio stimato pari a 30 giorni.

ANALISI PARAMETRICO-GEOMETRICA

Indipendentemente dagli agenti fisici responsabili del ricambio delle acque in questo porto (principalmente, il vento e la marea), lo scopo di questo paragrafo è definire i parametri geometrici del porto stesso, che caratterizzano la sua capacità per il ricambio delle acque. Tali parametri sono raccolti in Tabella 6.

Superficie acqua darsena, A (m²)	37.860
Sup. canale di ingresso (m²)	3.050
Volume acqua darsena, V (m³)	106.008
Volume acqua canale ingr, V (m³)	12.200
Sezione imboccatura, S (m²)	180
Profondità media, V/A (m)	2.80
Parametro V/S (m)	589

TABELLA 6 - Caratteristiche geometriche del porto di Villanova

Tra i parametri riportati in 6, il più importante per caratterizzare il ricambio delle acque è il rapporto V (volume dell'acqua totale) / S (sezione dell'imboccatura del porto); infatti esso rappresenta il tempo (espresso in secondi) necessario affinché la darsena si svuoti (o si riempia) se, attraverso la sezione dell'imboccatura, si verificasse una corrente con velocità media costante di 1 m/s. Ovviamente, tanto minore è il valore di tale parametro, tanto maggiore è la capacità della darsena di ricambiare l'acqua interna. I valori caratteristici del parametro V/S per le darsene portuali sono molto variabili. In generale, sono abituali valori superiori a 1000 m. Per il caso di porti nel Mediterraneo, si considerano condizioni ottime per il ricambio delle acque valori del parametro V/S inferiori a 500 m, e condizioni sfavorevoli valori di V/S superiori a 4000 m.

Una prima stima del periodo minimo di ricambio della totalità delle acque interne al porto, che non considera le dimensioni dell'imboccatura, si ottiene a partire dal rapporto M (ampiezza della marea) / (V/A , profondità media), che rappresenta la percentuale dell'acqua interna che si rinnova in un ciclo di marea (generalmente pari a 12 ore). Nel nostro caso, tale quoziente, considerando un'ampiezza di marea di 0.5 m ed una profondità media (V/A) di 2.80 m, risulta essere uguale al 17.8 %. Questo implica che sono necessari circa 5,3 cicli di marea (circa 3 giorni) perché si abbia il ricambio delle acque interne del porto.

STIMA DI ALTRO PARAMETRO DI VALUTAZIONE

La letteratura esistente (Luketina, 1998) consente di valutare alcuni parametri di stima delle condizioni di ricambio delle acque in un bacino portuale.

In particolare, è nota la seguente relazione derivante dal metodo del “prisma di marea” (tidal prism):

$$T_f(\text{tidal cycles}) = \frac{\ln D}{\ln \left(\frac{V_l - V_m + 2V_m(1 - \varepsilon)}{V_l + V_m} \right)}$$

D = the dilution factor

$V_l - V_m$ = the low-tide volume

$V_l + V_m$ = the high-tide volume

$2V_m$ = the tidal prism

V_l = the product of the mean water depth, h , and the basin surface area, A

ε = the fraction of new water added in each tidal cycle, so that $(1 - \varepsilon)$ represents the amount of “return flow” (DiLorenzo et al. 1991).

Scegliendo opportunamente i valori di D ($=0.5$) ed ε ($=0.2$) si ottiene $T_f = 7.37$, cioè circa 3,5 giorni. Tale valore è pressoché corrispondente a quello ottenuto con l’analisi speditiva riportata nel paragrafo precedente.

DISCUSSIONE

In appendice si riporta un estratto delle linee guida spagnole per la progettazione dei porti (ROM 5.1-05). In particolare, si riportano le considerazioni relative ai tempi di ricambio delle acque nel bacino portuale.

Il tempo di ricambio viene considerato accettabile se minore di 7 giorni; non accettabile se superiore a 7 giorni.

Nel caso in questione, adottando 2 differenti criteri di stima del tempo di ricambio, si è ottenuto un tempo pari a circa 3-4 giorni.

Dunque, si può assumere che il tempo di ricambio del volume d’acqua, valutato per la sola azione della variazione mareale, per il porto di Villanova è pari a 3.5 giorni massimo, trascurando l’azione del vento.

Pertanto, il tempo di ricambio stimato è assolutamente compatibile con le linee guida spagnole, e dunque è accettabile.

A seguito di quanto appena detto, appare superfluo dotare il porto di un impianto di scambio di masse idriche (pompe o eliche sommerse).

Tuttavia, volendo essere particolarmente cautelativi, in fase di progettazione esecutiva si prenderà in esame la scelta di formare in prossimità della radice del molo di sopraflutto un varco di collegamento interno/esterno, per il passaggio delle acque.

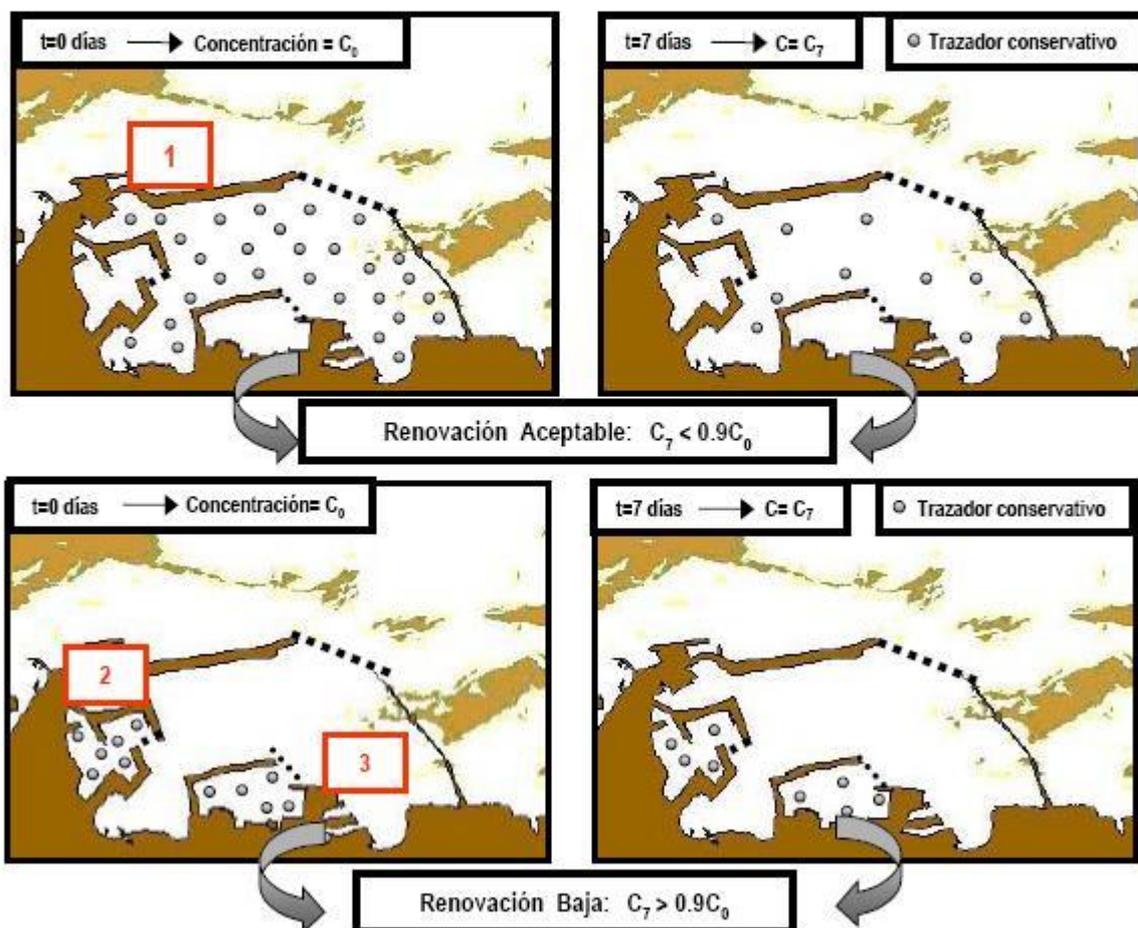
ALLEGATO: ESTRATTO DALLE LINEE GUIDA ROM 5.1

A.2. Aplicación de los descriptores de masas de agua modificadas.

1. **Tiempo de renovación:** Dentro de la Zona I se distinguen tres zonas: zonas 1, 2 y 3 de la figura. Mediante modelado matemático se calcula el tiempo de renovación de cada una de ellas, definido como el tiempo necesario para que un trazador conservativo uniformemente distribuido reduzca su concentración media en un 90%.

Renovación baja: Tiempo de Renovación > 7 días

Renovación aceptable: Tiempo de Renovación < 7 días



El modelado confirma la existencia de tres zonas con características hidrodinámicas distintas: una con renovación aceptable (1) y dos con renovación baja (2, 3).

Bibliografia

AA.VV. (1984). “Shore Protection Manual”, **US Army Corps of Engineers, Vicksburg**

AA.VV. (2006). “Coastal Engineering Manual”, **US Army Corps of Engineers, Vicksburg**

Luketina, D. (1998). Simple Tidal Prism Models Revisited. ***Estuarine, Coastal and Shelf Science***
(1998) 46, 77–84

Recomandaciones para Obras Maritimas (2005). **5.1-05. Puertos del Estrado, Ministerio de Fomento, in internet**

Tomasicchio, U., e Tomasicchio, G.R. (2011). **Manuale di Ingegneria Portuale e Costiera. Ed. HOEPLI**

Tomasicchio, U., e Tomasicchio, G.R. (2013). **Progettazione e costruzione dei porti turistici, Ed. EdiBIOS, Cosenza**