



Luglio 2005

Pag.	
1	Inquadramento area di progetto
2	Studio della propagazione del moto ondoso
3	Dimensionamento dell'opera
4	Dinamica litorale
6	Insabbiamento e agibilità dell'imboccatura
8	Qualità delle acque interne
9	Onda di progetto
10	Dimensionamento delle opere foranee
11	Circolazione idrodinamica
12	Regime e trasporto solido nei litorali adiacenti
13	Insabbiamento dell'imboccatura portuale
14	Agibilità dell'imboccatura portuale e del bacino interno
15	Qualità delle acque interne portuali



PROGETTO PER IL NUOVO PORTO TURISTICO DI TERMOLI "MARINA DI SAN PIETRO"

16 Opere a terra e caratteristiche dimensionali

coordinate geografiche 42°00'17"N 15°00'18"E o nel sistema di riferimento UTM fuso 33 e:500418 e n:4650394.

1. PREMESSE

Con lettera RACCOMANTATA AR del 11 luglio 2001 prot. 7862/SL è stato richiesto alla Marinucci Yachting Club srl l'integrazione degli atti progettuali relativamente al "PORTO TURISTICO" e all' "APPRODO TURISTICO" con esplicito riferimento a:

- rispetto delle disposizioni del DM 14.4.1998
- rispetto dei contenuti dell'accordo di programma approvato con D.P.G.R. n. 65/2001-10-20
- rispetto della direttiva regionale sulla portualità turistica di cui alla delibera G. R. n. 205/2001;
- eventuale inserimento di opere di pubblico interesse previste nell'accordo di programma, anche se non direttamente a servizio del porto turistico;
- tutela ambientale e paesaggistica, con particolare riferimento alla costa di Rio Viivo Marinelle;
- tutela della sicurezza della navigazione, con particolare riferimento ai fondali portuali interni ed al fenomeno dell'insabbiamento.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PARAGGIO

Il paraggio in oggetto di studio è situato lungo la costa del Molise. Ha



Figura 1 -Localizzazione del paraggio di Termoli nel mediterraneo

L'oggetto dell'intervento trova sede nel paraggio a sud dell'attuale molo Sud del porto di Termoli. Quest'ultimo è costituito da un molo sopraflutto lungo circa 800 m e suddiviso in due tratti, uno orientato lungo la direzione 80°N e l'altro lungo la direzione 135°N e da un molo di sottoflutto non soggetto a ondatazioni importanti lungo circa 230 m orientato lungo la direzione di 78°N.

La costa sulla quale giace il layout del porto presenta, proprio in coincidenza del porto un punto di cuspidi il cui tratto Nord ha la normale alla riva orientata di circa 8°N, mentre il tratto Sud è costituito da un'ampia falcatura che ha mediamente la normale orientata verso Est.

A circa 3 km verso Sud dal porto si trova il Fiume Biferno, mentre a Nord si trova il Fiume Trigno a circa 18 km.

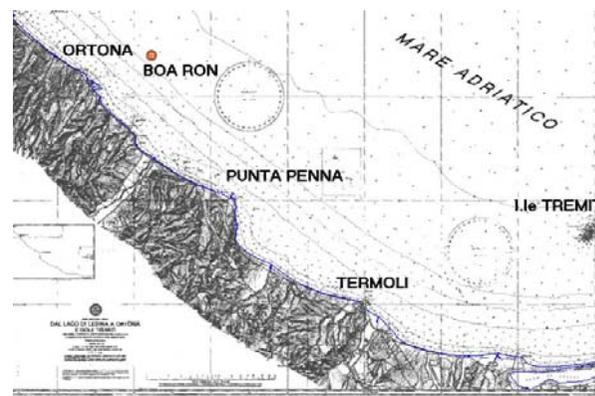


Figura 4 - Inquadramento geografico di Termoli

Tali corsi d'acqua possono essere di notevole importanza riguardo la dinamica locale dei sedimenti.

3. FETCH GEOGRAFICI ED EFFICACI

Tenendo conto delle osservazioni fatte riguardo la necessità del calcolo del settore di traversia, si procede al calcolo dei fetch efficaci. Il fetch è la lunghezza di mare libero nel quale il

mare, per effetto del vento, ha la possibilità di formarsi. Generalmente nei nostri mari si considera come fetch geografico la distanza del paraggio dalla costa opposta in quanto i fenomeni atmosferici interessano aree molto estese che superano le dimensioni tra due coste opposte. È necessario però fare delle correzioni per la determinazione dell'effettiva lunghezza lungo la quale si può generare uno stato di agitazione del mare, infatti le coste opposte non sono mai regolari ed oltremodo vi è sempre un contributo alla gene-

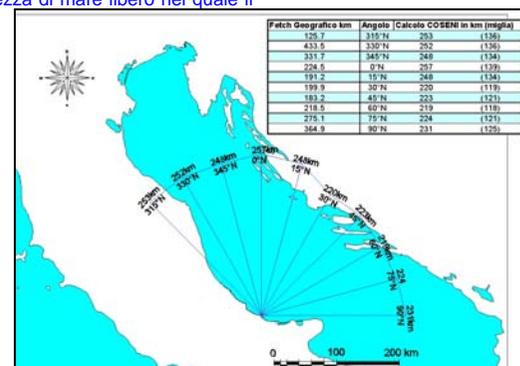


Figura 2 - Fetch efficaci per il paraggio di Termoli

razione delle onde da parte delle direzioni adiacenti. Come suggerito dallo Shore Protection Manual del 1984 il calcolo del fetch viene eseguito considerando una serie di direzioni principali, per ognuna di esse si considerano 30° a destra e a sinistra e all'interno di questi 30° si considerano dei raggi ogni 3°. Il fetch efficace per ognuna delle direzioni del fetch definita sarà la media aritmetica di tali raggi. Un altro modo di definire i fetch efficaci è quello di considerare la proiezione dei raggi ogni 3° sulla direzione del fetch di cui si vuole calcolare il fetch efficace e quindi fare la media pesata in base all'angolo delle lunghezze di tali proiezioni.

Nella Tabella seguente sono riportati i fetch geografici ed efficaci in km e in miglia nautiche calcolati con l'ultimo metodo utilizzato.

4. DATI METEOMARINI DISPONIBILI

I dati meteorologici a disposizione sono quelli relativi alle altezze d'onda registrate durante il periodo dal 1989 ad oggi. Sono pertanto disponibili oltre 29000 dati. La boa ondometrica di Ortona è posizionata a circa 11 km dalla costa ad una profondità di -65m. A tale profondità infatti soltanto le onde con lunghezze d'onda maggiori di 130 m e periodi medi maggiori di 9 secondi (Hs=7m) risentono della presenza del fondale, ma non sono

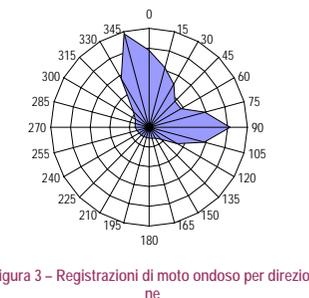


Figura 3 - Registros di moto ondoso per direzione

state mai rilevate altezze d'onda simili.

5. CLIMA DEL MOTO ONDOSO AL LARGO

Dalle tabelle contenenti le registrazioni di moto ondoso ordinate per altezza e settore di provenienza si nota una forte prevalenza di ondatazioni provenienti dai settori di Levante e Tramontana.

6. PROPAGAZIONE MOTO ONDOSO DAL LARGO VERSO COSTA (MIKE21 NSW)

Lo studio del moto ondoso si articola in diverse fasi: inizialmente è stata studiata la propagazione del moto ondoso dal largo verso riva mediante un idoneo modello di simulazione numerica (MIKE 21 NSW), che permette di descrivere correttamente i fenomeni di rifrazione, shoaling, frangimento, attrito di fondo e trasferimento di energia dal vento al moto ondoso.

Nel modello di trasferimento oltre alle caratteristiche delle onde, altezza significativa (Hs), periodo (Ts) e direzione di propagazione (MWD), debbono essere definiti altri parametri, come l'indice di dispersione direzionale o il vento che insiste nell'area simulata, le perdite di energia per attrito con il fondo e per frangimento. Questi ultimi due parametri si possono ottenere solo attraverso la taratura quando ci sono misurazioni della stessa mareggiata su fondali diversi. Tali misure sono rara-

mente disponibili e per la definizione di questi parametri si fa allora generalmente ricorso a valori di letteratura.

Per quanto riguarda i parametri che regolano il frangimento è stato più volte verificato che i valori suggeriti da Battjes e Janssen, e assunti come valori di default dal modello, sono sostanzialmente adeguati, inoltre le variazioni che si hanno sui risultati per leggere modifiche di questi parametri, sono dello stesso ordine di grandezza degli errori di misura del moto ondoso ed inferiori all'approssimazione che si fa per la divisione in classi delle onde.

Lo stesso si può dire per il parametro che regola la perdita di energia per

attrito con il fondo.

Come ultimo parametro c'è da considerare l'effetto del vento che fornisce energia alle onde durante la loro traslazione. Il trascurare questo effetto può portare a sensibili sottostime dell'energia delle onde sul litorale. Per tale motivo per ogni onda è stato considerato un vento avente la stessa direzione di propagazione e per la valutazione dell'intensità è stato utilizzato il metodo SMB. Tale metodo determina l'altezza d'onda generata da un vento costante su un determinato fetch assegnata la velocità del vento. Utilizzandolo in modo inverso, con alcuni tentativi, si può determinare la velocità del vento che ha generato l'onda considerata.

onde al largo			onde trasferite sottocosta z=-8 m		
Hs (m)	Tm (s)	mwd (°N)	Hs (m)	Tm (s)	mwd (°N)
2.50	5.2	345	2.30	5.2	346.8
5.00	7.4	345	4.03	7.4	353.9
2.50	5.2	30	2.34	5.2	29.8
5.50	7.7	30	4.60	7.7	28.8
3.50	6.2	105	2.29	6.2	90.3
2.50	5.2	120	1.55	5.2	106.2

Tabella 1 - Onde di input per la determinazione del campo di moto ondoso locale

Con il modello sono state trasferite sottocosta le onde con cui è stato definito il clima medio annuo al largo.

7. PROPAGAZIONE MOTO ONDOSO SOTTOCOSTA (MIKE 21 PMS)

Il modello di propagazione locale del

onde al largo			onde trasferite sottocosta z=-8 m		
Hs (m)	Tm (s)	mwd (°N)	Hs (m)	Tm (s)	mwd (°N)
5.50	7.7	30	4.60	7.7	28.8
3.50	6.2	105	2.29	6.2	90.3

Tabella 2 - Onde di input per la determinazione del campo di moto ondoso locale

moto ondoso consente di determinare i fenomeni di rifrazione, diffrazione, shoaling ed attrito sul fondo.

di circolazione idraulica. Come input si sono considerate sei onde rappresentative di tutto il clima ondoso annuo, tali onde

ideale che non si verifica in natura, ma che dà la possibilità di valutare, ad esempio, come l'onda aggiri una testata di un molo o come sia possibile la penetra-

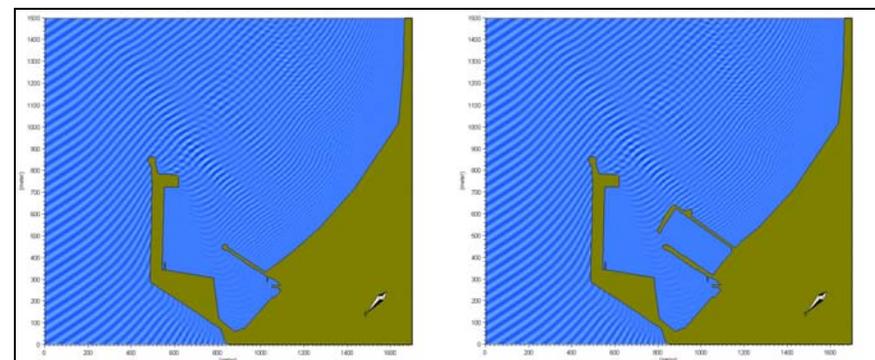


Figura 7 - Risultato del PMS per il porto di Termoli in condizioni attuali e di progetto con onda monocromatica con le seguenti caratteristiche: Hs1.55, Tm=5.2, dir=106.2°N

Si tratta di un modello locale che, considerando come input, le onde calcolate con il modello a più vasta scala di propagazione da

sono riportate nella tabella 1. Il dominio di calcolo utilizzato è rappresentato con due differenti layout del porto, ovvero uno in

zione del moto ondoso all'interno di un bacino.

Dal secondo tipo di input, si ottiene invece un campo di moto ondoso molto più

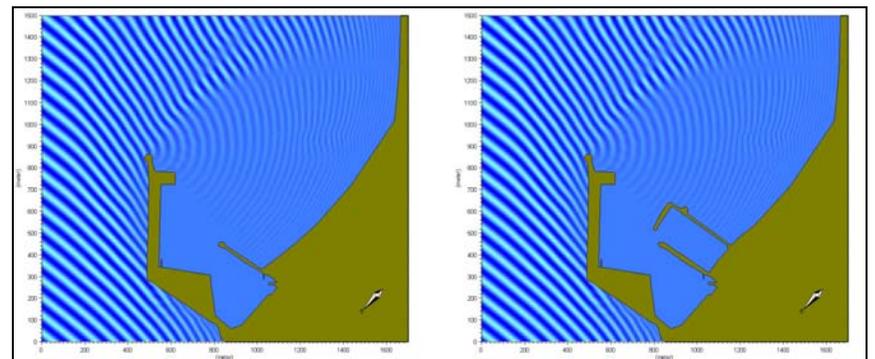


Figura 6 - Risultato del PMS per il porto di Termoli in condizioni attuali e di progetto con onda monocromatica con le seguenti caratteristiche: Hs=4.03m, Tm=7.4, dir=353.9°N

largo verso riva, permette la determinazione delle caratteristiche delle onde sottocosta. Visto il grado di dettaglio a cui si arriva (circa 6-8 punti per lunghezza d'onda) è pertanto possibile osservare gli effetti dell'interazione delle onde con le strutture. Inoltre tramite l'output di radiation stress si predispone l'input per il modello

configurazione attuale ed uno con la configurazione prevista. Dal raffronto delle due situazioni è possibile verificare gli effetti prodotti dalle nuove opere nell'ondametrica locale. L'input del PMS può essere impostato come onde monocromatiche o come onde irregolari e direzionali. Dal primo si ottiene un risultato

vicino alla realtà, certamente di più difficile interpretazione, ma indispensabile per l'impostazione sia delle condizioni al contorno che delle condizioni interne del modello idrodinamico.

Con l'onda da 346° si nota la rifrazione attorno alla testata del molo Nord del porto di Termoli. La diffrazione non risulta tale da permettere alle onde di penetrare all'interno del bacino portuale, oltre-

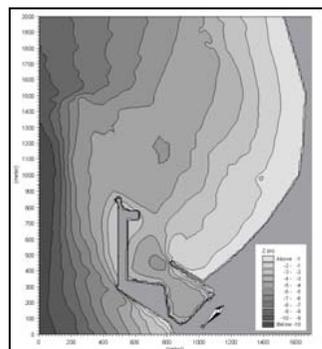


Figura 5 - Modello PMS. Dominio di calcolo con la rappresentazione della batimetria del fondale

si anche in condizioni di progetto, non vi sono ondatazioni significative che raggiungono la scogliera del novo molo.

desta particolari attenzioni in quanto, tale onda risulta comunque meno importante dell'onda da 90.3°N.

Il dominio di calcolo utilizzato per il modello EMS è lo stesso del modello PMS, ma in questo caso, vista la complessità del tipo di simulazione, bisogna aggiungere due griglie sulle

tuali, ma localizzate leggermente più all'interno del porto.

Si ritiene che tale ondatazione non sia in grado di limitare l'ingresso in porto per la piccola entità dell'onda.

Inoltre si aggiunge che l'onda propagata ha una frequenza di occorrenza molto bassa, infatti tale onda al largo ha altezza significativa di 5.5 m ed una percentuale di occorrenza dello 0.0035% ossia 0.30 ore all'anno.

L'onda da 90.3°N di altezza significativa di 2.29 m è certamente più impegnativa, non tanto per

l'altezza quanto per la direzione media di propagazione che risulta molto vicina all'allineamento tra la testata del molo Nord e il molo Sud attuale.

Le onde raggiungono la zona di interesse al limite della diffrazione pertanto non vi è una evidente attenuazione se non per frangimento e per attrito con il fondale. Si hanno in questa zona delle altezze d'onda quadratica media da 0.8 a 1.0 m che corrispondono a altezze significative di 1.13 m, 1.41 m.

Il calcolo fatto con il layout in progetto non presenta sostanziali differenze se non per il fatto che, per la presenza del molo nuovo parzialmente riflettente (coeff di riflessione pari a 0.35÷0.40) si ha la formazione di un'onda stazio-

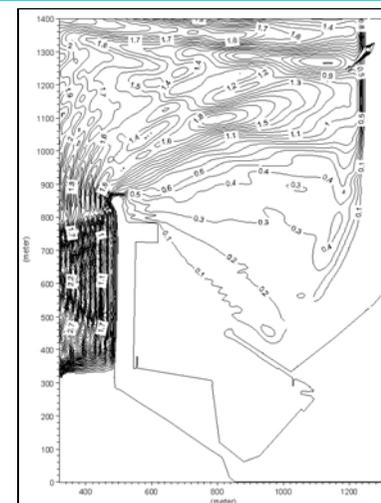


Figura 10 - Isolinee di altezza d'onda quadratica media per il porto in condizioni attuali con onda di $H_s=4.60$, $T_m=7.7s$, $dir=28.8^\circ N$

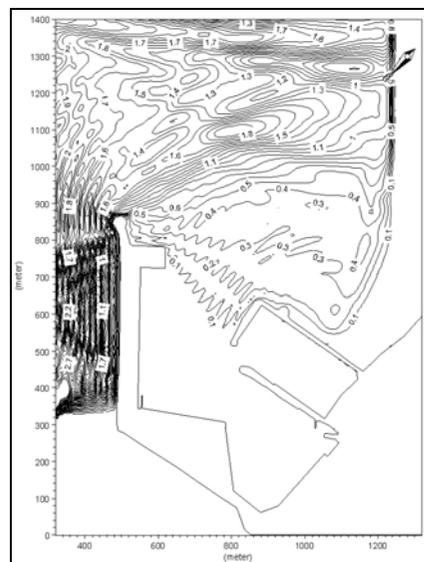


Figura 9 - Isolinee di altezza d'onda quadratica media per il porto in condizioni di progetto con onda di $H_s=4.60$, $T_m=7.7s$, $dir=28.8^\circ N$

quali vengono definiti dei coefficienti di porosità della struttura riflettente, e una griglia che definisca dei contorni assorbenti nel caso di spiaggia o di zone in cui non è necessario indagare.

L'onda proveniente da 28° con altezza significativa di 4.60 m determina una rifrazione a tergo del molo Nord permettendo la propagazione di onde dell'ordine di 0.8 m che diventano in corrispondenza della bocca del porto onde con $H_{rms}=0.2$ m ovvero $H_S=0.3$ m risultano con fronti paralleli al molo in progetto. Il nuovo molo costituito da una mantella con pendenza 2/1 e da massi naturali ha un coefficiente di riflessione di circa 0.35÷0.40. Con il modello si hanno delle ondatazioni in condizioni di progetto con altezze molto simili a quelle in condizioni at-

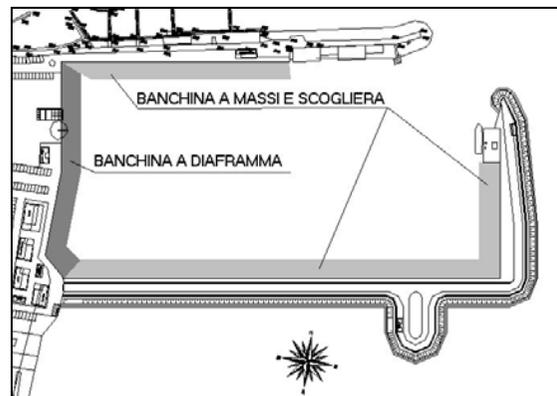


Figura 8 - Diverse tipologie impiegate per la banchina

L'onda proveniente da 353°N con altezza di 4.03 m diffonde attorno alla testa del molo Nord determinando una zona di agitazione a Sud dell'attuale molo Sud. Tuttavia tali ondatazioni sono molto ridotte in altezza, infatti rilevando l'altezza d'onda dai risultati dei PMS con la corrispettiva onda di input, ma irregolare e con dispersione direzionale, si hanno valori, in corrispondenza del nuovo molo, dell'ordine dei 30 cm. Anche l'onda da 29.8°N non presenta problemi dal punto di vista dell'agitazione, infatti, benché la zona di interesse sia meno protetta del molo Nord, non ha altezze d'onda tali da arrivare, dopo la diffrazione con un'energia rilevante.

È certamente più importante il tipo di agitazione che determina l'onda proveniente da 28.8°N con altezza pari a 4.60 m. Benché tale onda sia poco frequente, è necessario pensare di difendere la nuova opera da tale onda. Anche per l'onda proveniente da 90.3°N, malgrado si abbia un'altezza d'onda inferiore alla precedente, si ha in questo caso una direzione media di propagazione per la quale il molo Nord offre un ridosso limitato.

L'onda proveniente da 106.2°N non

8. PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO NEL BACINO PORTUALE (MIKE21 EMS)

Il modulo EMS risolve una approssimazione dell'equazione di Bousinesq ed è in grado di simulare la propagazione di un'onda monocromatica, tenendo conto degli effetti di rifrazione, diffrazione e riflessione, particolarmente rilevanti nello studio dell'agitazione ondosa all'interno di bacini parzialmente protetti.

I dati di ingresso per la simulazione matematica EMS all'interno del dominio di calcolo sono stati ricavati dai risultati del modello PMS. L'applicazione del modello EMS comporta lo studio della propagazione di un'onda monocromatica, corrispondente alla altezza media quadratica delle onde costituenti la mareggiata; tale altezza è correlata, attraverso la distribuzione di Rayleigh, all'altezza significativa, essendo il rapporto tra queste ultime pari al reciproco della radice quadrata di due.

zione di una banchina antiriflettente costituita da un'alternanza di massi in c.a. e scarpata rivestita da scogliera in pietrame.

La prima tipologia di banchina prevede l'impiego di una palanca in C.A.C. ancorata in testa mediante un tirante di tipo "Dywidag" a sua volta ancorato ad una piastra di ripartizione realizzata mediante palancole di metalliche di tipo "Larsen". La scelta di adottare come paramento esterno una palanca in C.A.C. è dettata dalla migliore estetica di quest'ultima.

La seconda tipologia di banchina prevede la realizzazione di tratti a massi intervallati da tratti a giorno con paramento

in scogliera. La scelta di realizzare una parte della banchina in scogliera permette di limitare il moto ondoso residuo interno al bacino portuale.

Il dimensionamento di massima delle opere interne è stato condotto, sulla base dei parametri geotecnici in possesso, per ogni tipologia adottata.

Per la realizzazione delle banchine a diaframma lo schema di calcolo adottato è quello del "Free Earth Support".

I tiranti di collegamento tra la palanca lato specchio liquido e piastra di ancoraggio saranno posti ad un interasse pari a 8 m.

La forza massima T applicata al tirante (per metro di lunghezza della banchina) è risultata pari a circa 5000 kg/m, da cui in prima analisi si è ottenuto:

La verifica di capacità portante del terreno soggetto al carico derivante dal peso proprio della banchina a massi e da un sovraccarico, assunto in prima analisi pari a 0.7 t/m², è stata condotta secondo il metodo di Meyerhof (1951).

Per il dimensionamento della banchina a scogliera, invece, si procede alla verifica

naria con altezze uguali a quelle in caso di configurazione attuale.

È importante notare come in prossimità della bocca delle nuove darsene le ondatazioni siano molto basse da un massimo di 30 cm ad un minimo di 15 cm.

9. ONDA DI PROGETTO

Dai calcoli effettuati con il modello di penetrazione del moto ondoso si ha nella zona più esposta un'altezza d'onda significativa di 1.70 m ad una profondità massima di 2.10 m. Considerando il rapporto di frangimento pari a 0.78 l'onda indici 1.70 m risulta essere in condizioni di frangimento.

10. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE FORANEE

La darsena di progetto prevede la realizzazione della banchina secondo due modalità costruttive: la prima consiste nella realizzazione di una banchina a diaframma in C.A.C., la seconda nella realizza-

di stabilità della mantellata, con conseguente dimensionamento dei massi

valutare la dinamica indotta dal moto ondoso. Essa infatti, risulta essere

to riguarda il trasporto solido e il ricambio idrico delle acque interne.

Il modello ha come dominio di calcolo una zona che consenta di impostare delle condizioni al contorno in zone in cui non vi sono particolari fenomeni come vorticosità o fenomeni di wave setup tali da compromettere i risultati nella zona di interesse.

Con l'onda da 346°N si ha una circolazione litoranea che corre lungo la spiaggia fino ad incontrare il promontorio di Termoli e quindi ad aggirare il molo Nord con una corrente al piede dell'opera di difesa di circa 1,0-1,3 m/s. Tale corrente si diffonde alla fine dell'estremità del molo dissipandosi in un vortice anticiclonico indotto. Tale corrente è certamente veicolo di sedimenti sabbiosi vista anche la ridotta profondità del fondale. La vorticosità indotta nell'area Sud, di maggior interesse per la realizzazione della nuova darsena, presenta un punto separazione a circa 1 km dalla radice del molo, in prossimità della linea di costa. Tale punto di separazione risulta pertanto un punto di separazione

trasporto solido ovvero a Nord di tale punto il trasporto è diretto verso Nord, mentre a Sud il trasporto è diretto verso Sud.

La dinamica locale non varia sostanzialmente con l'inserimento del nuovo molo di sottoflutto, infatti la scala dei fenomeni indicati sopra è molto maggiore della scala di intervento. Pertanto il discorso fatto precedentemente per l'onda da 346°N con il porto in condizioni attuali è identico per il porto in condizioni di progetto.

Per quanto riguarda l'onda da 353°N non ci sono sostanziali variazioni rispetto all'onda vista precedentemente se non per il

fatto che si è in presenza di un'altezza maggiore quasi doppia e che si hanno correnti maggiori. Per questo motivo la corrente è leggermente maggiore e pertanto il punto di se

La situazione prevista con l'inserimento della nuova darsena non presenta variazioni di sorta rispetto alla configurazione attuale. Si può eventualmente notare come il vortice indotto che si crea a Sud del molo Sud intervenga, proprio per la presenza della nuova opera foranea, un una zona più aperta e meno ridossata dal molo Nord. Questa considerazione verrà fatta anche per la valutazione della

tendenza all'erosione o al deposito evidenziando una minore capacità di deposito in quel versante proprio grazie maggior esposizione della zona.

L'onda di 4.60 m con direzione 28.8°N è certamente l'onda più alta simulata per il porto di Termoli. Si notano delle similitudini rispetto alla precedente simulazione, ma con la differenza che in questo caso si ha un forte vortice anticiclonico a Nord, probabilmente co-responsabile dell'erosione della spiaggia a Nord, mentre a si nota comunque la forte corrente (anche dell'ordine del metro al secondo) che si ha in testata del molo Nord.

Il tratto di mare verso Sud risulta caratterizzato da una serie di vortici che non indicano un preciso verso di corrente, ma si nota comunque un punto di separazione della corrente.

Anche in condizioni di progetto l'onda da 4.60m non mette in evidenza condizioni particolari, se non per il fatto che migliora la circolazione e il ricambio idrico nello specchio d'acqua tra la spiaggia Sud ed il nuovo molo. Tale miglioramento è indice, oltre che di miglior qualità dell'acqua, anche di minor tendenza al deposito.

Le onde provenienti dal II Quadrante determinano delle correnti verso Nord che in prossimità dell'attuale molo Sud hanno velocità dell'ordine dei 30 40 cm/s ed investono il molo quasi perpendicolarmente. In questo caso la corrente che incide il molo da Sud verso Nord è caratterizzata da uno stato di agitazione molto ridotto e pertanto lo stesso molo Sud si comporta come un ostacolo al transito dei sedimenti determinando una zona di ristagno dell'acqua e quindi di accumulo.

Nel caso, invece, di inserimento del nuovo molo la deflessione della corrente verso Est avviene in una zona più esterna, pertanto con maggiori dinamiche verticali che non permettono facilmente un deposito dei sedimenti.

Si può pertanto pensare che l'inserimento del nuovo molo in quella posizione possa dare un beneficio sia alla qualità dell'acqua a ridosso del molo, che ora si

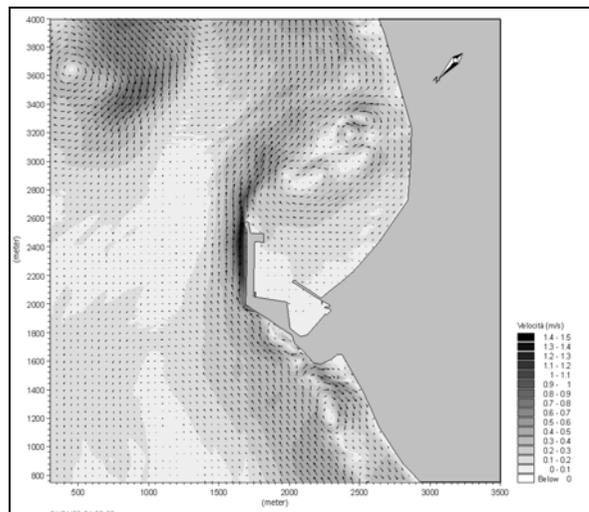


Figura 12 - Campo delle velocità per il porto in condizioni attuali con onda con le seguenti caratteristiche Hs=2.30m, Tm=5.2 s, dir=346.8°N

e/o pietrame da porre in opera.

La verifica di stabilità della mantellata è stata condotta nell'ipotesi che all'interno del bacino possa esistere un'onda di altezza massima pari a 0,5 m. Il calcolo, sulla base della geometria riportata negli allegati grafici, è stato condotto con la formula di Hudson e porta alla scelta di massi aventi W50 superiore a 30 kg. La scelta del materiale da impiegare è comunque orientata verso un pietrame avente W50 di 80 kg affinché avesse la capacità di smorzare in maniera più efficace il moto ondoso incidente.

11. CIRCOLAZIONE IDRODINAMICA

Con il modulo HD (Hydrodynamic) del codice di calcolo MIKE21 è possibile determinare le correnti litoranee indotte dal moto ondoso, dal vento, dalle variazioni del livello idrico in generale, da immissioni o emungimenti di portata etc.

In questo caso è molto importante

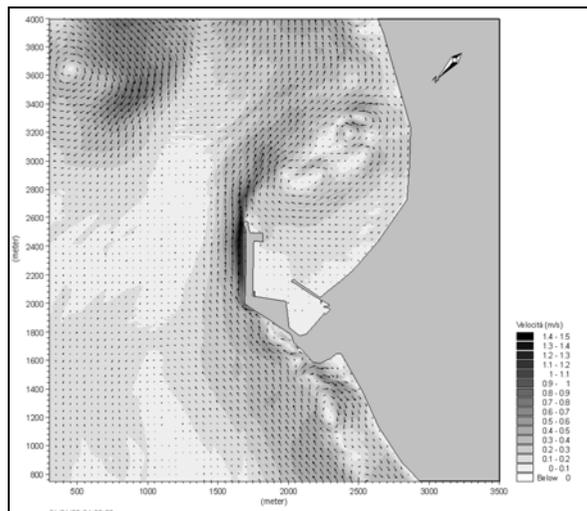


Figura 11 - Campo delle velocità per il porto in condizioni di progetto con onda con le seguenti caratteristiche Hs=2.34m, Tm=5.2 s, dir=29.8°N

una delle forzanti maggiori per quantificare la direzione del verso del

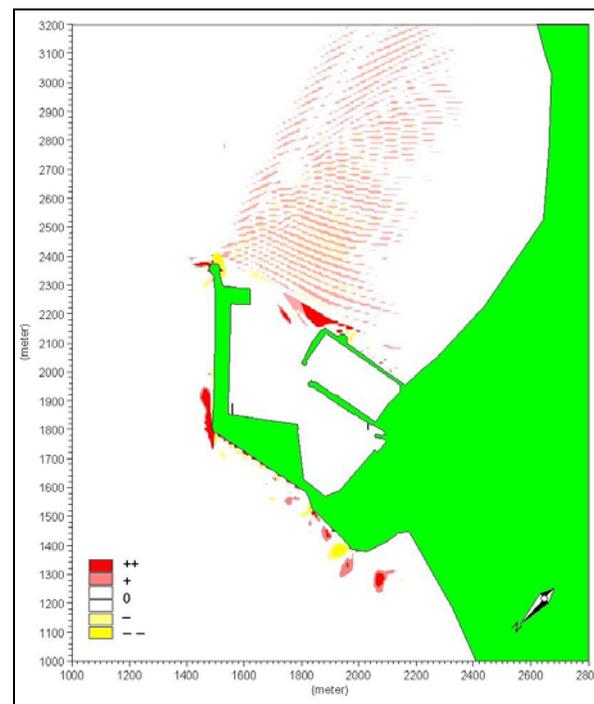


Figura 13 - Tendenza evolutiva morfologica dei fondali in condizioni di progetto (clima ondoso medio annuo)

presenta stagnante, sia alla tendenza all'insabbiamento.

Con onda da 106°N e altezza 1.55 m non si hanno particolari differenze rispetto alla condizione ondometrica precedente, eccezion fatta per le intensità delle velocità e quindi per l'intensità dei fenomeni descritti sopra.

12. REGIME E TRASPORTO SOLIDO NEI LITORALI ADIACENTI

La fascia attiva del litorale, ovvero la zona all'interno della quale avviene il trasporto solido litoraneo, è limitata, verso terra, dalla quota di massima risalita delle onde e, verso il largo,

fondità di chiusura" ed assume valori diversi in funzione della scala temporale considerata: all'interno di una singola mareggiata, per esempio, è funzione dell'altezza significativa e la sua determinazione risulta di particolare importanza per determinare la percentuale di bypass in corrispondenza di opere aggettanti rispetto alla linea di riva. Per la valutazione dei fenomeni che avvengono invece a medio termine, per esempio per la correlazione dello spostamento della linea di riva ai volumi di deposito/erosione, si fa riferimento alla profondità di chiusura dc definita dalla relazione di Hallermaier (Hallermaier, 1980).

va di 12 ore/anno, pari a circa 4.2 m.

La profondità di chiusura risulta così essere pari a circa 5 m, pressoché coincidente con la massima profondità rilevata al piede dell'esistente molo foraneo del porto di Termoli. Da tale considerazione si può anche dedurre che le uniche onde in grado di indurre un significativo bypass dei sedimenti all'esterno del molo foraneo sono quelle aventi altezza significativa superiore ai 4 m, che provengono dal settore compreso tra 330°N e 45°N, tutte comunque tali da indurre, sul molo, un trasporto solido diretto verso Sud. Si esclude quindi qualsiasi influenza del porto sul litorale a Nord.

Il regime del trasporto solido "potenziale" in direzione parallela alla costa è stato valutato mediante il calcolo del flusso di energia (determinato a meno di un coefficiente di proporzionalità) sui tratti di litorale di S. Antonio e di Rio Vivo adiacenti al porto di Termoli.

Il calcolo della componente del flusso di energia tiene conto dell'esposizione del litorale (nella spiaggia di S. Antonio la normale al litorale è orientata a 7°N, mentre a Rio Vivo verso 70°N), delle caratteristiche delle onde e della loro frequenza.

INSABBIAMENTO DELL'IMBOCCATURA PORTUALE
La verifica dell'insabbiamento delle zone attigue al porto nelle condizioni attuali e di progetto è stata condotta con l'applicazione del modulo ST (Sediment Transport) del codice di calcolo MIKE21.

Tale modulo si basa sul calcolo del trasporto litoraneo indotto sia dalle correnti marine che dal moto ondoso stesso. Bisogna comunque notare che non si tratta di un modello morfologico a fondo variabile, ma indica solamente la tendenza all'accumulo o all'erosione dei sedimenti sabbiosi.

Dall'analisi del campo delle erosioni/depositi riportate sottoforma di aree campite con scale di colore, si nota, per il porto in condizioni attuali, una netta tendenza all'accumulo di sedimenti nel versante Sud dell'attuale

molo Sud.

Tale deposito arriva fin quasi alla metà della bocca del porto. Considerando invece l'analisi del medesimo campo relativo alla situazione modificata con l'inserimento della nuova darsena, si nota una sensibile riduzione delle aree di deposito, che si limitano alla zona Sud della nuova imboccatura.

Dall'analisi in parallelo dei campi di erosione/deposito e dei campi di velocità delle correnti indotte dal moto ondoso, si può anche evincere che la nuova configurazione delle opere foranee comporta una sensibile riduzione della quantità di sedimenti che si rendono disponibili (a ridosso del nuovo molo Sud) per l'interrimento dell'imboccatura.

13. AGIBILITA' DELL'IMBOCCATURA PORTUALE E DEL BACINO INTERNO

In conformità con la Direttiva sulla Portualità Turistica allegata alla Delibera della Giunta Regionale n. 205 del 20 febbraio 2001 e dall'accordo di programma per il Piano Regolatore del Porto di Termoli la larghezza dell'imboccatura portuale, comune per il porto turistico e per l'esistente porto di Termoli, viene mantenuta superiore ai 250 m, garantendo così condizioni ottimali per la sicurezza della navigabilità in ingresso ed in uscita.

L'imboccatura vera e propria del porto turistico si apre verso Nord-Est con una larghezza di 50 m e risulta ridossata dall'esistente molo Nord.

All'interno della darsena è presente un canale principale largo circa 30 m che consente il transito di due imbarcazioni lunghe circa 20 m in senso opposto considerando i possibili effetti di imbarcata e di scaroccio e un

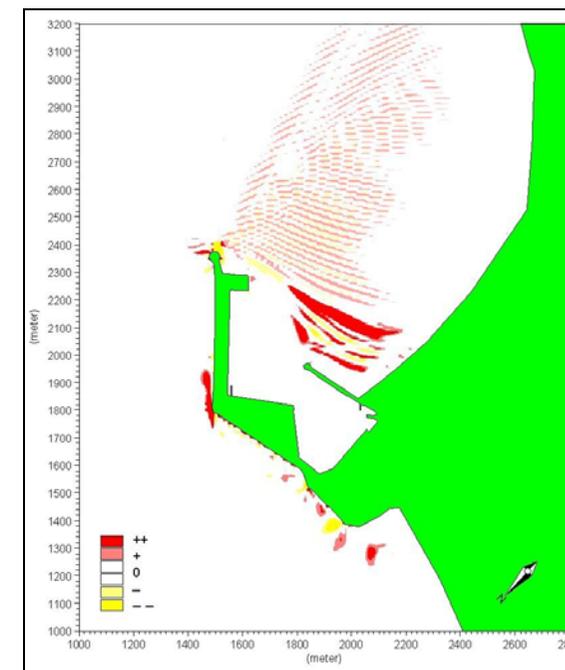


Figura 15 - Tendenza evolutiva morfologica dei fondali in condizioni attuali (clima ondoso medio annuo)

opportuno franco da entrambe le sponde.

Al termine del canale sono presenti due zone di evoluzione con diametro di 40 m di cui una, più a Nord, destinata principalmente alla zona cantieristica.

14. QUALITA' DELLE ACQUE INTERNE PORTUALI

La valutazione della compatibilità ambientale della darsena viene effettuata mediante l'analisi della qualità delle acque all'interno della darsena. Vengono trattati dapprima l'analisi delle componenti di marea che costituiscono le forzanti

del sistema, ed in seguito l'applicazione dei modelli idrodi-

namico, di avvezione e dispersione.

Il calcolo del campo di moto generato dalle escursioni di marea è stato effettuato con il modulo HD del codice di calcolo MIKE 21. E' stato considerato un periodo di 4 giorni in modo da comprendere sia un periodo di marea a regime che almeno 24-36 ore nell'intorno di una marea di sizigia.

Il dominio di calcolo utilizzato comprende un'area di 1700x2000 m e consta di una griglia con maglie quadrate di 10 m di lato. Si ha pertanto una griglia di 170x200 = 35'000 celle.

Viene utilizzato il modulo AD del codice di calcolo MIKE 21 per la determinazione della diffusione per avvezione e dispersione delle particelle di inquinante rilasciato all'interno della darsena. Nella sono indicati i punti sorgente all'interno del porto per la valutazione del modello

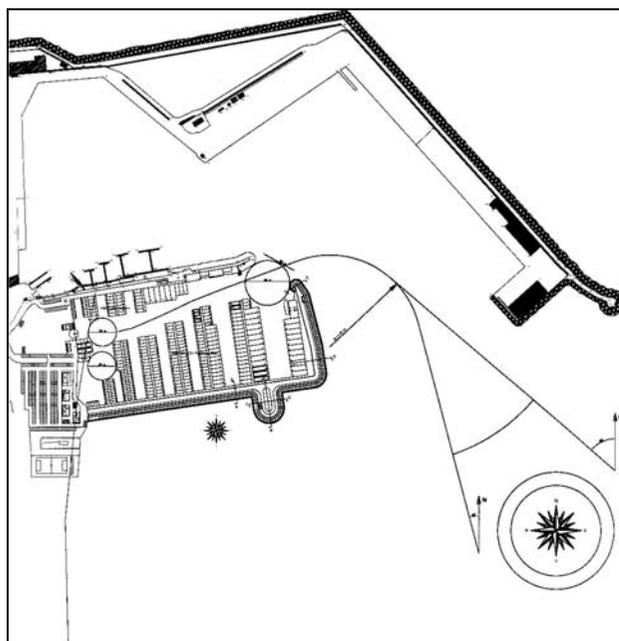


Figura 14 - Rotte di ingresso al porto

dalla massima profondità alla quale si producono variazioni del profilo trasversale del litorale per effetto del trasporto solido in direzione parallela alla costa dovuto all'azione del moto ondoso. Tale profondità viene definita "pro-

Non essendo disponibili con continuità i dati di moto ondoso, si è approssimata tale relazione utilizzando quella avente una durata complessi-

di dispersione dell'inquinante.

L'analisi della qualità dell'acqua è stata effettuata utilizzando come "traccianti", nella simulazione eseguita, il BOD5. Sulla base dei dati a disposizione per la caratterizzazione complessiva dello stato qualitativo dell'acqua il BOD5 è risultato essere il parametro noto con migliore approssimazione. Esso è inoltre un fattore di inquinamento biologico piuttosto indicativo della pressione antropica sull'ambiente marino e quindi ben si presta ad essere utilizzato come indicatore di qualità nelle simulazioni eseguite, che hanno avuto lo scopo principale di valutare l'impatto della darsena sulla qualità dell'acqua.

Il possibile carico di inquinante derivante dall'attività del porto e dei servizi relativi è stato stimato sulla base di dati bibliografici. Nei periodi di punta la darsena ospita circa 250 imbarcazioni e si può ipotizzare che il numero massimo di persone presenti in porto sia di

circa 350. Considerando una quantità di BOD5 per imbarcazione pari a 125 g/giorno si ottiene un carico inquinante, versato all'interno della darsena, di 30 kg/giorno.

L'immissione dell'inquinante è stato distribuito in 5 punti all'interno della darsena. La simulazione effettuata copre un periodo di 8 giorni considerando un'immissione continua e costante dell'inquinante. Nella figura di seguito sono riportate le concentrazioni di BOD5 a regime, al termine della simulazione.

Le concentrazioni massime di BOD5 presenti all'interno della darsena sono dell'ordine dei 1.4 mg/l e degradano man mano verso l'imboccatura dove si rileva una concentrazione di 0.7-0.8 mg/l, al di fuori della darsena, ovvero dentro il bacino portuale si hanno dei valori dell'ordine dei 0.4-0.5 mg/l. Verso l'imboccatura del bacino principale del porto la dispersione

dell'inquinante aumenta decisamente e si determinano dei valori di circa 0.2-0.3 mg/l. La fascia di concentrazioni che si allinea all'esterno del molo di sottoflutto è invece dell'ordine dei 0.1-0.2 mg/l.

Per valutare la qualità delle acque all'interno della darsena si può fare riferimento alle nuove norme sull'inquinamento idrico dal D.Lgs. 152/1999, il quale prevede espressamente come inquinante il BOD5 nei corsi d'acqua naturali fissando 5 soglie qualitative così definite:

- < 2.5 : elevata qualità;
- < 4 : buona qualità;
- < 8 : sufficiente qualità;
- < 15 : scadente qualità;
- > 15 : pessima qualità.

Si può affermare che all'interno della darsena la qualità dell'acqua può essere classificata entro la prima classe definita dal D.Lgs 152/1999 come di elevata qualità. Si noti ad ogni modo che lo

scarico all'interno delle darsene è assolutamente proibito e che dal 2002 tutte le imbarcazioni da diporto devono essere dotate di serbatoio per le acque nere, pertanto le concentrazioni imposte e i carichi di inquinante scaricati in acqua sono decisamente cautelativi. Nonostante ciò i valori di concentrazione riscontrati sono di un ordine di grandezza inferiori ai valori definiti dal D.Lgs 152/1999 e comunque non vengono trasportati dalle forzanti marea al di fuori del porto per raggiungere i litorali circostanti. Questo dipende in parte dalla bassa escursione di marea (in simulazione si sono considerate maree sizigiali ed in parte per la conformazione del nuovo molo di sottoflutto che permette di trattenere all'interno del porto gli inquinanti.

CARATTERISTICHE DIMENSIONALI

La progettazione delle opere a

terra comprende l'area servizi e i parcheggi, dimensionati in funzione del numero di posti barca, gli impianti elettrico, Impianto illuminotecnica, antincendio e di raccolta e

scarico delle acque nere e delle acque meteoriche di prima pioggia. Per il trattamento è stato progettato impianto di trattamento in osservanza ai disposti del D.L. 152 /99 e s.m.i. Nello specifico per gli scarichi rivinenti dall'attività di darsena riferita e pertanto assimilabili agli urbani vale quanto contemplato all'allegato 5 tab.3 del citato D.L. mentre per le acque meteoriche di dilavamento, rivinenti

dei piazzali e pertanto potenzialmente inquinate, quanto previsto all'art. 39 del medesimo D.L. In fig.18 vengono rias-

• SUPERFICIE SPECCHII ACQUE (SA)	48.642 m ²
• SUPERFICIE AREE A TERRA (AT)	20.378 m ²
• POSTI BARCA (PB)	308
• POSTI AUTO (PA)	311
• RAPPORTO PB/PA	0,98
• RAPPORTO SA/PB	157,9
• MASSIMA ALTEZZA FABBRICATI	4m
• AREA A VERDE (parco giochi)	2.229m ²
• AREA A VERDE (PARCHEGGIO)	6.192m ²
• ALTRI PARCHEGGI	763m ²
• AREA CANTIERE	4.458m ²
• ATTIVITA' TEMPO LIBERO	2.064m ²
• AREA SERVIZI (NEGOZI, BAR, RISTORANTE,...)	1.545m ²
• VIABILITA' INTERNA	2.070m ²
• AREA COPERTA DA FAB. IN LEGNO	1.076m ²
• VOLUME COPERTO DA FAB. IN LEGNO	3.766m ³

Figura 18 - Dati dimensionali del Porto marina di S. Pietro di Trmoli

sunti i dati dimensionali dell'opera progettata. Nelle Pagine che seguono sono riportate delle simulazioni. Segue una presentazione 3d dell'intervento, con foto relative alla fase di realizzazione.

15. OPERE A TERRA E

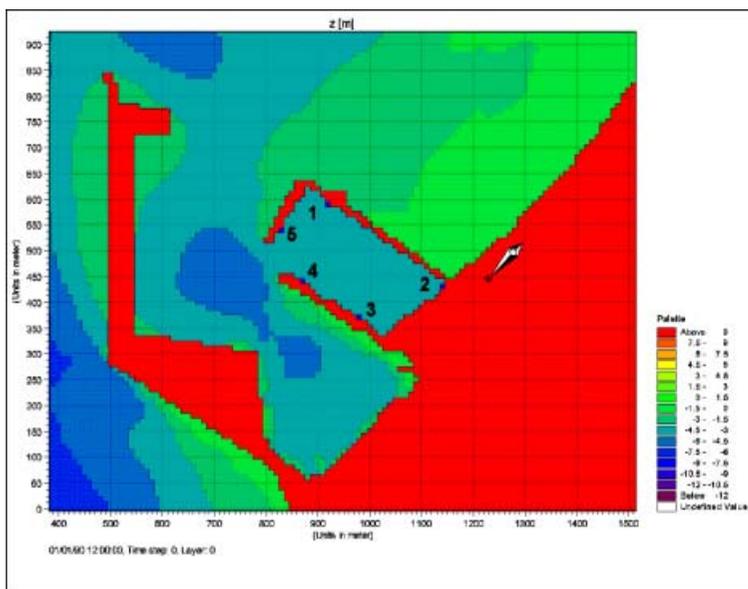


Figura 16 - Ubicazione dei punti sorgente all'interno del bacino del porto

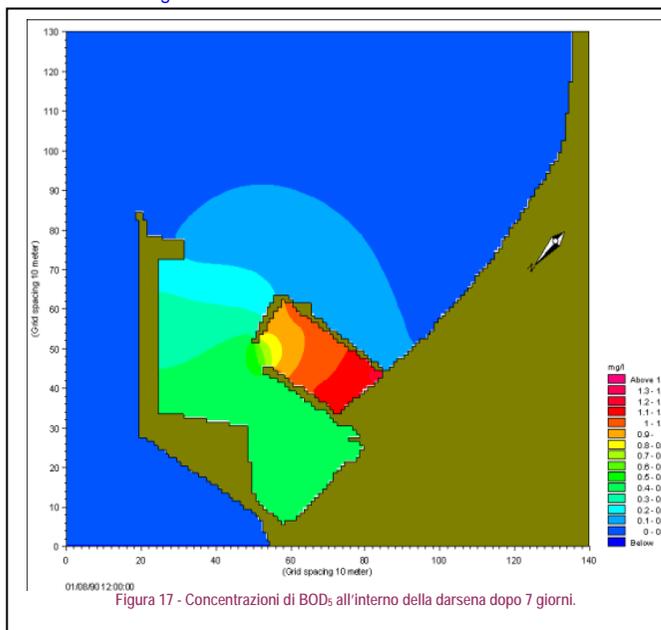


Figura 17 - Concentrazioni di BOD5 all'interno della darsena dopo 7 giorni.