DICCA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale

Università di Genova

Parere Pro-Veritate sull'impatto ambientale della variante del progetto della piattaforma multifunzionale del Porto di Savona Vado

Relazione Finale

(Giugno 2016)

Committente: Italia Nostra

Relatori:

Prof. Andrea Mazzino

Prof. Ing. Giovanni Besio

Rel. n. 42988/2016

Sommario

1 Introduzione **3**
1.1 Variante al Progetto Esecutivo approvato 4

2 Analisi della documentazione di progetto **6**
2.1 Osservazioni sulla trattazione Moto Ondoso 7
2.2 Osservazioni sulla trattazione dell'Idrodinamica e della Dispersione . . 9

3 Conclusioni **13**

Elenco delle figure

1 Configurazione costruttiva della piattaforma multifunzionale secondo il progetto approvato (sinistra) e secondo la variante in esame (destra) . . 5
2 Nuova Diga Foranea. Planimetria di confronto 6

Premessa

Il Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale ha stipulato in data 14 giugno 2016 una convenzione con Italia Nostra finalizzata alla redazione di una relazione tecnico-scientifica intitolata *"Parere Pro Veritate sull'impatto ambientale della variante del progetto della piattaforma multifunzionale del Porto di Savona Vado"*. Nell'ambito di tale convenzione, la presente relazione, che costituisce il rapporto finale delle attività svolte, illustra le risultanze dell'analisi critica della documentazione tecnica fornita dal Committente. In particolare la convenzione ha lo scopo di analizzare nel dettaglio gli approcci, le metodologie e le conclusioni ottenute nell'ambito dello sviluppo dell'analisi di impatto ambientale della recente variante del progetto della piattaforma multifunzionale del Porto di Savona Vado, mettendone in evidenza eventuali criticità alla luce dello stato dell'arte delle conoscenze e della modellazione nel campo dei processi costieri legati alla presenza del moto ondoso e delle correnti, e dei processi di dispersione e mescolamento.

1 Introduzione

Il Progetto Preliminare della Piattaforma Multifunzionale del Porto di Savona Vado vede la sua origine in seguito alla sua redazione da parte della Associazione Temporanea di Imprese (ATI) tra Maersk A/S, Grandi Lavori Fincosit S.p.A. e Technital S.p.A., definita come soggetto promotore (Delibera del Comitato Portuale n. 12 del 16 febbraio 2007) a seguito dell'espletamento della procedura di Project Financing indetta dalla stessa Autorità Portuale. L'ATI ha poi costituito, in data 3 luglio 2008, una società di progetto denominata APM Terminals Vado Ligure S.p.A.. L'avvio del Progetto Definitivo è stato dato dall'Autorità Portuale di Savona con l'Ordine di Servizio n. 1 in data 4 marzo 2008. La consegna del Progetto Definitivo all'Autorità Portuale di Savona da parte della Società di progetto è avvenuta il 20 marzo 2009. Il soggetto promotore, cioè la società di progetto APM Terminals Vado Ligure S.p.A. costituita da Maersk A/S, Grandi Lavori Fincosit S.p.A. e Technital S.p.A., ha richiesto l'avvio della procedura di VIA in data 31 marzo 2009, con riferimento al Progetto Definitivo ed allo Studio di Impatto Ambientale (SIA). La procedura si è conclusa con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 1118 del 6 agosto 2009, con parere positivo di compatibilità ambientale del Progetto Definitivo.

L'iter del Progetto Definitivo è poi proseguito con l'approvazione della Conferenza dei Servizi (seduta referente del 29 gennaio 2010 e deliberante del 9 aprile 2010), con la validazione dell'Ente Certificatore (RINA Industry S.p.A.) in data 6 aprile 2010, con l'esame del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (voto n. 169 del 23 marzo 2011) e con l'approvazione finale dell'Autorità Portuale di Savona con Decreto del Presidente

n. 65 del 14 novembre 2011. L'elaborazione del Progetto Esecutivo è stata avviata il 14 novembre 2011 con ordine di servizio n. 3 dell'Autorità Portuale di Savona.

Una prima variante è stata consegnata con il "Progetto Esecutivo - Fase 2 e contestuale Perizia di Variante della Fase 1" e contestualmente è stata avviata la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale approvata con Deliberazione della Giunta Regionale n. 254 del 27 marzo 2015.

In un secondo tempo, con nota n. 285 del 14 gennaio 2015, l'Autorità Portuale di Savona ha comunicato al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) che è in corso di studio una variante della Piastra Multifunzionale da sottoporre a nuova procedura di VIA Regionale e che intende includere in tale variante anche lo spostamento della diga attuale in quanto "prima opera di messa in sicurezza strettamente connessa ed essenziale all'esercizio della stessa Piastra". Il MATTM ha risposto in data 22 gennaio 2015, prot. DVA-2015-0001936, concordando con la richiesta dell'APS e chiedendo quindi la valutazione delle due opere contestualmente con un unico procedimento di VIA regionale. Di conseguenza, con Ordine di Servizio n. 9 del 10 giugno 2015, l'Autorità Portuale di Savona ha dato mandato al concessionario APM Terminals Vado Ligure S.p.A. di dare avvio alla progettazione della variante al progetto esecutivo dell'intervento relativo alla piattaforma multipurpose. Il progetto di riferimento è costituito dalla Perizia di Variante, ovvero dal Progetto Esecutivo di fase 2 approvato con l'aggiunta delle varianti tecniche e di quelle minori sino ad ora predisposte, oggetto dello SIA redatto nel novembre 2014, al fine di essere coerenti con il progetto che sarà sottoposto alla Conferenza dei Servizi. Nel quadro di riferimento ambientale sono stati dunque impostati due scenari di riferimento per la valutazione degli impatti: uno per la fase di costruzione ed uno per la fase di esercizio.

1.1 Variante al Progetto Esecutivo approvato

Chiusura della piattaforma multifunzionale

Nelle more dell'approvazione del progetto esecutivo, è venuta meno la previsione di ricorso alle provvidenze di cui al comma 990, art. 1 della legge finanziaria 2007, relative alla realizzazione della nuova diga di PRP. Di conseguenza, l'Autorità Portuale ha considerato l'ipotesi di una variante tecnica al progetto esecutivo della piattaforma, facendo anche fronte alle osservazioni riguardo alle problematiche geotecniche, marittime e di durabilità sollevate dal Consiglio Superiore dei LL.PP. L'Autorità Portuale ha quindi chiesto a APM Terminals con nota 10287/TEC del 05 dicembre 2014, di considerare una possibile variante tecnica al progetto esecutivo della piattaforma nel cui ambito, a parità di costo complessivo, ricomprendere un primo intervento relativo alla realizzazione della nuova diga foranea, supportato anche dallo studio CETENA sulla manovrabilità della navi nell'ambito portuale di Savona Vado, ovvero il ricollocamento degli ultimi cassoni dell'attuale diga sull'asse di quella nuova. È stata quindi concepita la soluzione progettuale di realizzare la piattaforma multifunzionale tramite una

cinturazione globale della piattaforma mediante strutture di contenimento costituite da cassoni cellulari prefabbricati al cui tergo venga realizzato un terrapieno tramite tombamento, di fatto abbandonando la conformazione precedente realizzata con una soluzione "a giorno", prevista dal progetto originale e dalla prima variante, confinata sul lato di nord-est da una struttura di sostegno continua (cassoni di testata, vedi figura 1).

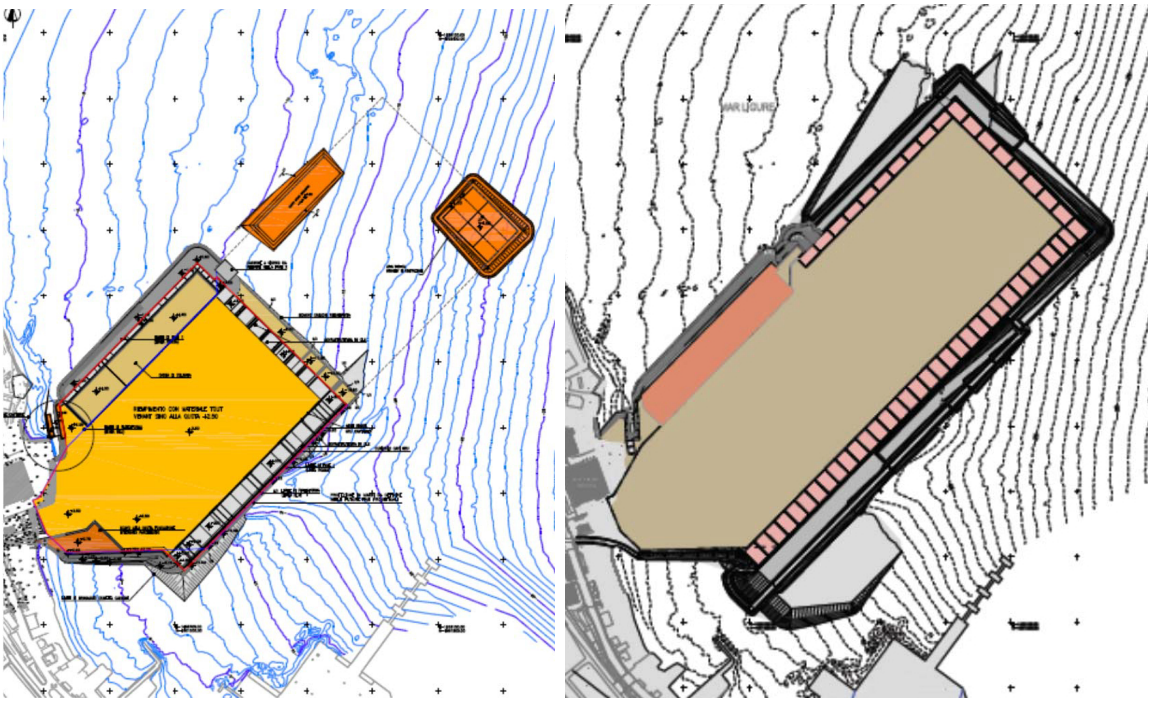

Figura 1: Configurazione costruttiva della piattaforma multifunzionale secondo il progetto approvato (sinistra) e secondo la variante in esame (destra)

Spostamento e allungamento della Diga Foranea

Nell'ambito del Piano Regolatore Portuale è stato previsto l'allungamento e modifica della configurazione della diga foranea esistente con lo scopo di assicurare la protezione della nuova piattaforma multifunzionale dall'azione del moto ondoso (si veda figura 2).

L'individuazione di una prima fase funzionale è stata effettuata considerando comunque l'esigenza di migliorare, rispetto alla situazione della diga foranea esistente, le condizioni di manovrabilità delle navi in navigazione nello specchio d'acqua compreso tra la piattaforma e la diga stessa e di protezione dall'azione delle onde della nuova piattaforma con riferimento in particolare agli eventi provenienti dal primo quadrante.

La configurazione planimetrica di prima fase della diga foranea è costituita da un tratto che segue, verso mare, la configurazione finale del PRP per uno sviluppo di 360 m e un tratto di raccordo provvisorio (rispetto a quanto previsto nel PRP), caratterizzato da uno sviluppo di 100 m, che consente il collegamento tra la diga esistente ed il predetto tratto verso mare della nuova diga (vedi figura 2).

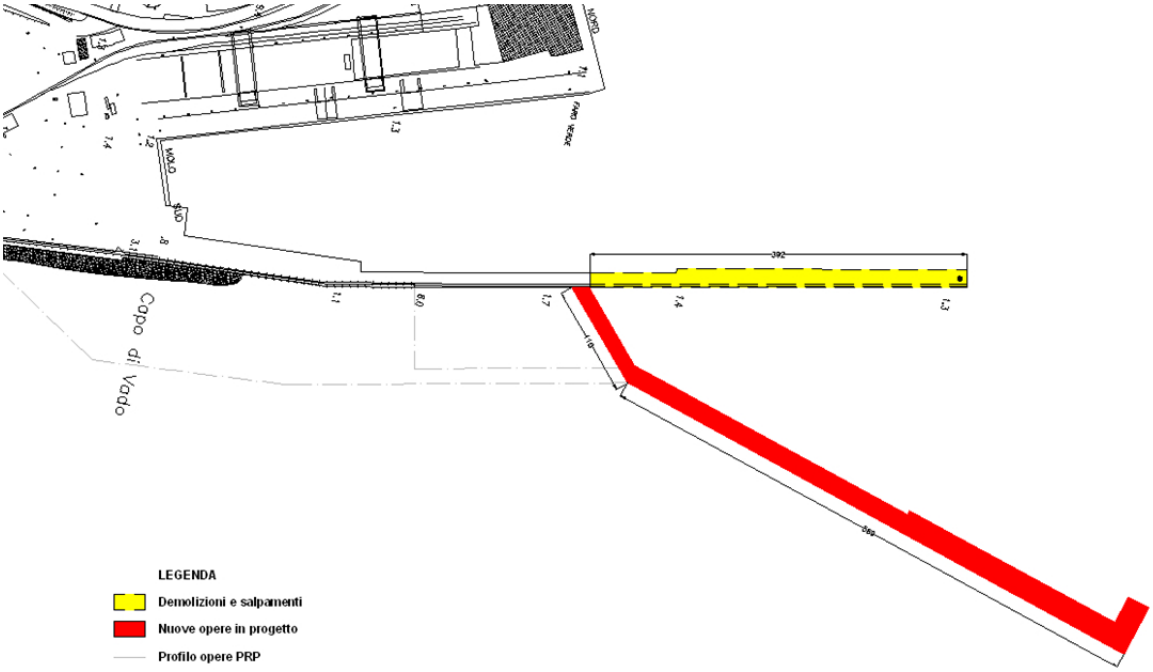

Figura 2: Nuova Diga Foranea. Planimetria di confronto

Nella configurazione finale come da PRP la diga foranea di prima fase verrà estesa verso mare di ulteriori 240 m e verrà inoltre realizzato un nuovo tratto di diga verso terra di raccordo con la diga esistente, con la creazione di un nuovo terrapieno (vedi figura 2).

2 Analisi della documentazione di progetto

Nell'ambito del presente studio è stata presa in considerazione tutta la documentazione progettuale fornita dal Committente relativa alla Perizia di Variante del progetto di *"Project Financing per la progettazione definitiva ed esecutiva, esecuzione dei lavori della nuova piastra multifunzionale del Porto di Vado Ligure e gestione della parte relativa al terminal contenitori"* commissionata dalla Autorità Portuale di Savona e realizzata dalla Technital S.p.A..

Visto che la Perizia di Variante verte su tutti gli aspetti relativi alle diverse componenti di un progetto complesso quale quello di un terminal portuale (aspetti strutturali, impiantistici, elettrici, ambientali,paesaggistici...), l'attenzione è stata focalizzata sugli elaborati relativi alle tematiche ambientali e a quelli inerenti la Valutazione di Impatto Ambientale. In particolare, i documenti presi in considerazione per la presente analisi sono risultati i seguenti:

a) MI0102-PV-G-Z-R-002-00 / Elaborati Generali - Relazione Descrittiva Generale

b) MI0102-PV-G-B-R-001-00 / Elaborati Generali - Studio di Impatto Ambientale, Relazione Generale

c) MI0102-PV-G-B-R-001-Allegati / Elaborati Generali - Studio di Impatto Ambientale, Allegati

d) MI0102-PV-G-B-R-001-Appendice / Elaborati Generali - Studio di Impatto Ambientale, Appendice

e) MI0102-PV-G-B-R-002-00 / Elaborati Generali - Studio di Impatto Ambientale, Sintesi non Tecnica

f) MI0102-PV-G-B-R-003-00 / Elaborati Generali - Studio di Impatto Ambientale, Relazione Sussidiaria

g) MI0102-PV-G-L-R-001-00 / Elaborati Generali - Relazione Meteo-marina

h) MI0102-PV-G-L-R-007-00 / Elaborati Generali - Analisi degli effetti sull'idrodinamica, il ricambio e la qualità delle acque

2.1 Osservazioni sulla trattazione Moto Ondoso

La modellazione del moto ondoso aveva come obiettivi principali quelli di: i) fornire le altezze d'onda di progetto per il dimensionamento delle opere marittime (diga foranea e cassoni della piattaforma multifunzionale); ii) fornire le condizioni d'onda medie per la valutazione della generazione delle correnti litoranee necessarie per la stima del trasporto solido litoraneo e dei processi di avvezione/dispersione nella fascia costiera e in prossimità dell'area portuale.

Per la definizione delle caratteristiche del moto ondoso, sia per le quantità destinate alla progettazione strutturale che per quelle destinate alla valutazione della dinamica costiera, è necessario realizzare una analisi del clima marittimo nel paraggio considerato per poter associare dei valori caratteristici delle grandezze meteo-marine ai diversi tempi di ritorno. Tale tipo di analisi richiede serie di dati sufficientemente lunghe in modo da poter estrapolare le informazioni per un intervallo di periodi di ritorno sufficientemente esteso. Per la valutazione delle caratteristiche d'onda di progetto è necessario realizzare delle stime a lungo termine, prendendo in considerazione dei tempi di ritorno stimati in funzione della vita utile dell'opera e della probabilità di danneggiamento, definiti in funzione dell'importanza dell'opera e della relativa funzionalità (stati limite di servizio e stati limite ultimi). Tenendo in conto basse probabilità di danneggiamento e una vita utile dell'opera standard (all'incirca 50 anni) è possibile arrivare a definire periodi di ritorno dell'ordine di qualche centinaio di anni. Gli eventi caratterizzanti la dinamica litoranea hanno invece dei tempi di ritorno caratteristici molto più limitati (1-5 anni o condizioni d'onda superate almeno 12 ore nell'arco di

un anno) e per questo motivo risultano di più facile valutazione in quanto è sufficiente avere delle serie storiche anche lunghe pochi anni.

Per la valutazione degli eventi estremi i progettisti hanno quindi fatto affidamento su una base di dati storica ricostruita con modelli numerici (hindcast). La modellazione in oggetto fa riferimento all'hindcast prodotto dallo UK Met Office con una risoluzione spaziale di circa un quarto di grado in longitudine e latitudine e risultati forniti su base trioraria in corrispondenza di ogni punto griglia. In particolare per la modellazione del moto ondoso è stato preso come riferimento il punto con coordinate 44°N e 8.74°E, considerando l'intervallo temporale compreso tra il 1987 e il 2007 (per un totale di 20 anni di dati simulati).

L'approccio metodologico utilizzato risulta valido e in linea con le odierne tendenze nell'ambito dell'ingegneria marittima (ovvero l'utilizzo di serie di dati simulate tramite l'utilizzo di modelli numerici sia per la descrizione dello stato dell'atmosfera sia per la descrizione della generazione e propagazione del moto ondoso). Tuttavia lo strumento impiegato per la realizzazione dell'hindcast risulta ad oggi obsoleto sia da un punto di vista della modellazione dei processi fisici, sia dal punto di vista della risoluzione spaziale e temporale. Il modello numerico utilizzato, infatti, è di seconda generazione, mentre ad oggi i modelli d'onda utilizzati sia in ambito scientifico che in ambito professionale sono modelli di terza generazione: questi ultimi infatti risolvono matematicamente una serie di processi fisici che corrispondono ai termini sorgenti nell'equazione dell'azione d'onda, mentre i modelli di seconda generazione li parametrizzano senza risolverli. L'approccio numerico utilizzato nei modelli di terza generazione è oramai validato e utilizzato fin dalla metà degli anni '90 (Komen et al., 1994). Inoltre la risoluzione spaziale e temporale dell'hindcast è particolarmente grossolana per cui il trasferimento delle condizioni d'onda dal largo alla zona costiera può risentire di diversi effetti di ri-generazione e/o smorzamento dovuti alle caratteristiche della forzante del vento sulla superficie del mare; tale forzante può agire su un *fetch* che risulta piccolo ma comunque non completamente trascurabile: i progettisti infatti applicano una forzante del vento per la propagazione dal largo alla zona costiera caratterizzata da una intensità costante su tutto il dominio di calcolo valutata a posteriori con modelli parametrici in funzione delle caratteristiche del moto ondoso nel punto boa virtuale del UKMO. Ad oggi l'utilizzo di modelli accoppiati atmosfera-moto ondoso di terza generazione è di fondamentale importanza per poter ottenere delle serie storiche affidabili (Ardhuin et al., 2010; Boudière et al., 2013; Stopa et al., 2015); inoltre è consigliabile utilizzare una risoluzione sufficiente a non dovere realizzare modellazioni di propagazioni successive dal largo verso riva che possano alterare la ricostruzione delle caratteristiche d'onda sotto costa (Mentaschi et al., 2015). Infine sarebbe opportuno riportare per esteso o per lo meno fornire i riferimenti bibliografici di una esaustiva e completa validazione dei risultati del modello di hindcast, che nella documentazione analizzata non sono stati presentati.

Per quanto riguarda l'analisi degli eventi estremi, seguendo le indicazioni di Borgman and Resio (1977, 1982) è possibile affermare che una stima affidabile di tali condizioni è realizzabile fino a un tempo di ritorno pari a tre volte l'estensione temporale delle serie di dati disponibili. Nel presente caso, essendo la serie di dati estesa per 20 anni, si può ipotizzare una affidabilità delle stime degli eventi estremi fino a un periodi di ritorno pari a circa 60 anni. Per tempi di ritorno maggiori sarebbe doveroso realizzare una analisi delle verifiche progettuali in funzione anche degli intervalli di confidenza delle stime dei valori per i diversi tempi di ritorno (per la progettazione della diga foranea, in particolare, viene utilizzato un tempo di ritorno pari a 250 anni, quindi significativamente maggiore dell'orizzonte temporale indicato da Borgman and Resio, 1977, 1982). Un altro aspetto da chiarire riguarda i periodi di ritorno associati alle diverse altezze d'onda significativa: nei grafici della statistica delle onde estreme riprodotti nella relazione meteo-marina (figure 5.15-5.18) sono riportati i valori osservati dei massimi di H_s e risulta che il valore più alto in assoluto presenta un tempo di ritorno pari circa a 32 anni. La cosa risulta poco chiara in quanto essendo l'intervallo di osservazione compreso tra il 1989 e il 2008 (19 anni, pg. 54 della relazione MI0102-PV-G-L-R-001-00), sarebbe lecito aspettarsi che l'evento massimo osservato nell'intervallo in esame abbia un tempo di ritorno pari all'intervallo stesso. Sarebbe opportuno capire quale tipo di *"plotting position"* per la valutazione della probabilità sperimentale sia stata utilizzata dai progettisti.

Infine è da sottolineare come in un bacino chiuso, di piccole dimensioni come il Mediterraneo, caratterizzato da eventi meteorologici di piccola scala spazio-temporale, sia possibile avere una sottostima generalizzata delle condizioni estreme del moto ondoso per l'incapacità del modello numerico di riprodurre le condizioni di massimo per questioni legate sia alla risoluzione spaziale (non si riproducono i fenomeni meteorologici e il conseguente moto ondoso), che alla risoluzione temporale: intervalli di registrazione di 3 o 6 ore possono infatti 'perdere' il massimo della mareggiata viste le brevi scale temporali su cui evolvono gli eventi nel Mediterraneo (Mentaschi et al., 2015; Sartini et al., 2016).

2.2 Osservazioni sulla trattazione dell'Idrodinamica e della Dispersione

Per quel che concerne lo studio sulla circolazione marina nell'area attorno al Porto di Vado, questo aveva quale principale obiettivo la valutazione del ricambio delle acque in tale paraggio in relazione allo scenario di perizia di variante, da confrontarsi con quello già emerso relativamente allo scenario di riferimento. Gli strumenti utilizzati sono di ottimo livello rappresentando lo stato dell'arte nello studio delle correnti e della dispersione in aree costiere. Si tratta di modelli molto complessi (per la complessità dei fenomeni fisici che possono, potenzialmente, descrivere) che, proprio per questo, necessitano di svariati parametri/campi in ingresso la cui conoscenza è spesso ignota o

assai approssimata o, ancora, determinata per vie empiriche spesso non completamente giustificate su basi fisiche o fenomenologiche. Ci si riferisce a titolo di esempio alla scelta delle cosiddette parametrizzazione dei moti associati alle scale non risolte che, spesso, presuppongono una scelta, a priori, di coefficienti di viscosità turbolenta e/o di diffusività turbolenta, o di modelli di turbolenza (k-ϵ o k-L per esempio) o ancora alla scelta dei coefficienti di resistenza all'interfaccia aria-acqua o sul fondale, scelte che poi possono condizionare anche in modo molto pesante i risultati delle simulazioni e quindi le conclusioni che da queste vengono tratte. Ci si riferisce anche alle informazioni che devono essere fornite al modello in relazione a come varia la densità del mezzo fluido con la profondità (la cosiddetta stratificazione del mezzo), alle scelte che riguardano la risoluzione spaziale della griglia di calcolo, l'estensione del dominio di calcolo e le condizioni da imporre al bordo del dominio stesso.

Negli elaborati da noi analizzati, se la scelta degli strumenti modellistici appare appropriata, molto meno trasparenti appaiono le scelte modellistiche relative agli aspetti sopra menzionati. Mancano infatti informazioni di dettaglio su aspetti importanti quali la scelta dei modelli di chiusura (parametrizzazioni) sia in relazione alla dinamica sia in relazione alla dispersione, nonché ai parametri liberi da fissare in tali parametrizzazioni. Gli autori dello studio non mostrano neppure uno studio di sensitività (neppure minimale) alle scelte menzionate sopra. Risulta quindi difficile arguire se la strategia modellistica utilizzata abbia fornito risultati scientificamente robusti (cioè invarianti rispetto a variazioni delle scelte, tutte a priori egualmente ragionevoli, lasciate all'operatore e a cui si è accennato sopra).

Il timore che i risultati del presente studio possano non essere robusti nasce dall'osservazione, rimarcata in varie occasioni dagli autori (si veda per esempio paragrafo 6.2 dell'elaborato MI0102-PV-G-L-R-007-00), che la circolazione nel paraggio di studio sia pressoché insensibile alla forzante del vento sulla superficie del mare. Tale conclusione sembra contraddire i risultati di studi simili condotti di recente in aree costiere dove le proprietà di mescolamento sono emerse essere originate primariamente per effetto del vento (si veda, ad esempio, Grifoll et al., 2014).

Nel presente studio, al contrario, la corrente nel paraggio di interesse appare essere determinata primariamente dalla corrente Ligure-Provenzale fornita al modello stesso come condizione al contorno. Ebbene, un tale risultato, ben difficile da giustificarsi su basi fisiche, lascia presagire il modello 3D FLOW utilizzato in una configurazione estremamente diffusiva/viscosa, o in condizioni di valori di resistenza associati all'interfaccia aria-acqua e sul fondale, troppo bassi che quindi con grande difficoltà possono permettere l'innesco del moto della corrente per effetto del vento. Ciò appare indirettamente confermato quando gli autori dello studio notano (si veda il Paragrafo 7.2 dell'elaborato MI0102-PV-G-L-R-007-00) che la componente del trasporto dovuta ai termini avvettivi è trascurabile rispetto a quelli diffusivi (originati da processi di diffusione turbolenta). Se, come notato dagli autori dello studio, la corrente nel paraggio

dipende molto debolmente dalla forzante vento, essa, per esclusione, deve dipendere in modo cruciale dalla scelta fatta per il valore (modulo e direzione) della corrente Ligure-Provenzale fornita al modello. Non di meno, essa è stata assunta dagli autori dello studio costante nel tempo (rivolta verso SO e variabile spazialmente in intensità sino ad un valore massimo di 10 cm/s nella zona più esterna del dominio di calcolo). Studi da letteratura mostrano, al contrario, come la corrente Ligure-Provenzale sia assai variabile nel tempo (si vedano a titolo di esempio Astraldi and Manzella, 1983; Astraldi et al., 1990) e possa addirittura invertire la sua direzione così da rendere la scelta fatta nel presente studio poco rispondente a quanto accade nella realtà, con conseguenti possibili ricadute sulle conclusioni che dallo studio dispersivo vengono tratte.

Un altro aspetto assai critico non discusso nel presente studio riguarda il ruolo della stratificazione sulla circolazione e quindi, in ultima analisi, sui processi di dispersione. Nelle vicinanze dell'interfaccia acqua-aria esiste uno strato ben mischiato (dove la densità del mezzo fluido varia molto poco con la profondità) la cui estensione dipende molto dalla stagione, raggiungendo il suo massimo nel periodo estivo (con valori tipici di qualche metro). Negli strati sottostanti, la densità del mezzo fluido cresce con la profondità dando luogo ad un ambiente con proprietà di mescolamento completamente diverse da quelle che caratterizzano lo strato superficiale. Descrivere accuratamente tali strati, assieme alle relative stratificazioni, risulta di fondamentale importanza per la corretta riproduzione delle dinamiche dispersive superficiali. L'importanza dell'effetto della stratificazione sulla corrente è stato analizzato in grande dettaglio nel lavoro di Gasparini et al. (2009) mediante osservazioni sperimentali nel paraggio del Golfo di La Spezia.

Negli elaborati analizzati non si trovano informazioni relative alla stratificazione assunta per il mezzo fluido; alla luce del fatto che una scelta nel merito è stata necessariamente fatta dagli autori dello studio, sarebbe necessario indagare come scelte diverse, fisicamente giustificate, possano cambiare i risultati in relazione allo studio della dispersione.

Va anche rimarcato il fatto che la zona di passaggio dalla regione ben mischiata (posta nelle vicinanze della superficie) a quella stratificata stabile, sottostante, ospita fenomeni ondosi di diversa natura tra cui le cosiddette onde interne. Per essere innescate, tali onde richiedono un input di energia che viene fornito dalla regione fluida superiore posta in movimento, per esempio dal vento. Una buona descrizione della zona di passaggio dalla regione ben mischiata a quella stratificata stabile risulta fondamentale per catturare l'innesco di onde interne la cui energia di attivazione avviene a spesa dell'energia cinetica del fluido della regione ben mischiata. In ultima analisi, l'intensità della corrente superficiale (e quindi i suoi effetti sulla dispersione), per una forzante indotta dal vento fissata, dipende in modo significativo dalla stratificazione del mezzo fluido. Più l'effetto della stratificazione stabile è importante e più risulta

difficile innescare una corrente superficiale intensa, per una data forzante indotta dal vento.

L'aspetto appena discusso è collegato ad un ulteriore punto menzionato sopra: la risoluzione spaziale della griglia computazionale. Se essa risulta troppo rada in verticale, la descrizione dei fenomeni fisici indotti dalla stratificazione subiranno necessariamente un deterioramento. Da quanto si può osservare nella Fig. 3-4 dell'elaborato MI0102-PV-G-L-R-007-00, gli autori dello studio hanno scelto di utilizzare cinque livelli verticali (detti livelli σ) su un fondale profondo circa 50 metri. Siccome è a priori difficile capire se una tale risoluzione sia sufficiente per una buona descrizione della dinamica della corrente (specie in merito agli effetti della stratificazione), sarebbe quanto mai necessario effettuare studi di sensibilità alla risoluzione della già menzionata griglia computazionale.

Per uno studio che ha tra gli obiettivi la valutazione delle proprietà di ricambio delle acque nel paraggio di interesse a seguito di variazioni progettuali alla piattaforma multifunzionale ed alla diga foranea, anche la scelta della risoluzione orizzontale della griglia computazionale è attesa avere un ruolo di grande importanza. Una griglia troppo rada descrive in modo molto approssimativo i fenomeni di interazione fluido-struttura tra corrente e piattaforma/diga rendendo quindi la valutazione dell'effetto della modifica progettuale che si voleva quantificare altrettanto approssimativa. Anche in questo caso, risulta difficile valutare a priori se la risoluzione orizzontale della griglia computazionale scelta dagli autori dello studio possa ritenersi soddisfacente. Solo test sistematici al variare della risoluzione possono fornire una risposta convincente. Purtroppo tali test (ammesso che siano stati fatti) non sono discussi negli elaborati da noi analizzati. Anche in questo caso non è quindi possibile concludere se i risultati dello studio, e quindi le conclusioni tratte in relazione all'effetto del passaggio dallo scenario esistente di riferimento a quello di perizia di variante sulla capacità dispersiva del sistema, siano ben fondati sotto il profilo scientifico.

In conclusione, non vengono qui messi in discussione i modelli numerici utilizzati nello studio della circolazione e relativa dispersione nel paraggio di interesse, quanto, piuttosto, la mancanza di informazioni/discussioni su aspetti di modellazione fisica da noi ritenuti di grande importanza. Quanto sopra esposto vuole evidenziare un principio generale nella modellazione fisica di sistemi complessi quale quello in oggetto. Avere a disposizione un modello matematico molto sofisticato (come è 3D FLOW) pone tutta una serie di problematiche legate alla scelta dei (molti) parametri liberi o strategie modellistiche alternative che la teoria mette sul tavolo. Scegliere a priori quali siano le opzioni migliori spesso (se non sempre) risulta impossibile. Come recenti studi hanno mostrato Grifoll et al. (2014), ove venivano utilizzati modelli della stessa famiglia di quelli utilizzati nel presente studio ed in ambiti portuali, la scelta dei pa-

rametri liberi, e delle altre procedure associate al funzionamento del modello, possono essere effettuate con solide basi scientifiche solamente disponendo di dati sperimentali in campo (per esempio misurazioni di serie temporali di profili di velocità lungo la verticale attraverso profilatori acustici Doppler, ADCP; profilatori CTD per misure idrografiche di temperatura, salinità, ecc.; radar costieri in banda VHF per determinare campi di velocità superficiali ad alta risoluzione ed esperimenti mediante drifter) mediante cui effettuare la taratura/validazione del modello sia a livello di correnti sia a livello di processi di dispersione. Non esiste purtroppo una taratura "universale" di modelli tipo 3D FLOW. Ogni caso va valutato in modo a sé stante.

3 Conclusioni

Da una analisi attenta dell'approccio metodologico e degli strumenti modellistici impiegati è possibile riassumere le seguenti conclusioni riguardanti la Valutazione di Impatto Ambientale:

a) Il modello d'onda utilizzato per la generazione della serie storica dei dati d'onda è ad oggi obsoleto (seconda generazione) rispetto allo stato dell'arte (terza generazione);

b) Non è presente nella relazione una validazione con dati di boa o dai satelliti dei dati storici utilizzati;

c) Non è stata data alcuna importanza agli intervalli di confidenza della stima degli eventi estremi per la stima delle condizioni dell'altezza d'onda di progetto;

d) Il trasferimento dell'altezza d'onda dal largo verso riva dovrebbe essere fatta nell'ambito della modellazione dell'hindcast poiché le condizioni di vento utilizzate nello studio sono estremamente semplificate;

e) Sono necessari dei chiarimenti sulla scelta della *"plotting position"* nelle curve di probabilità H_s-T_R;

f) Nello studio sulla circolazione e dispersione, non è presente una analisi di sensibilità rispetto alla scelta di differenti tecniche di chiusura, ai valori delle diffusività e viscosità turbolente orizzontali, alla risoluzione della grigia di calcolo, specie nell'intorno della piattaforma e della diga foranea, e a diverse profili di stratificazioni del mare;

g) Non sono presenti informazioni che riguardano i valori dei coefficienti di *drag* in superficie ed al fondo utilizzati nello studio sulla circolazione. Specie il valore in superficie può modificare sensibilmente la risposta della circolazione alla forzante vento;

h) Non è presente alcuna informazione in relazione al profilo di stratificazione assunta nel paraggio di interesse. Tale quantità è nota influenzare in modo significativo sia la corrente sia i relativi processi dispersivi;

i) Le assunzioni relative alla corrente Ligure-Provenzale, sia per la sua distribuzione spaziale sia per essere costante nel tempo, appaiono non giustificate;

l) Non vengono utilizzati dati osservati per la taratura/validazione dei modelli di corrente e di dispersione;

m) Avere valori assai bassi della corrente superficiale non necessariamente gioca a favore della sicurezza: correnti più intense possono, mediante meccanismi di instabilità idrodinamiche, dar luogo alla formazione di strutture vorticose, specie in bacini chiusi o semi-chiusi, capaci di intrappolare molto efficacemente gli inquinanti.

I punti messi in luce sopra evidenziano molteplici criticità sia in relazione alla trattazione del moto ondoso sia in relazione alla modellazione della corrente e dei relativi fenomeni dispersivi. Riteniamo quindi che le conclusioni a cui lo studio arriva in relazione alla valutazione dell'impatto ambientale della recente variante del progetto della piattaforma multifunzionale del porto di Savona - Vado non siano state sviluppate in maniera rigorosa rispetto alla descrizione dei principali processi fisici responsabili della circolazione costiera e del moto ondoso. La asserita trascurabilità dell'impatto ambientale causato dalla variante progettuale in questione andrebbe quindi analizzata in maniera più dettagliata e approfondita alla luce delle criticità emerse.

Riferimenti bibliografici

Ardhuin, F., Rogers, E., Babanin, A. V., Filipot, J., Magne, R., Roland, A., van der Westhuysen, A., Queffeulou, P., Lefevre, J., Aouf, L., and Collard, F. (2010). Semiempirical dissipation source functions for ocean waves. part i: definition, calibration, and validation. *Journal of Physical Oceanography*, 40(9):1917–1941.

Astraldi, M., Gasparini, G., Manzella, G., and Hopkins, T. (1990). Temporal variability of currents in the eastern Ligurian Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 95(C2):1515–1522.

Astraldi, M. and Manzella, G. M. (1983). Some observations on current measurements on the East Ligurian Shelf, Mediterranean Sea. *Continental Shelf Research*, 2(2-3):183–193.

Borgman, L. and Resio, D. (1977). Extremal prediction in wave climatology. In *Proceedings of Ports, ASCE, New York*, volume I, pages 394–412.

Borgman, L. E. and Resio, D. (1982). Extremal statistics in wave climatology. *Topics in ocean physics*, 80:439–471.

Boudière, E., Maisondieu, C., Ardhuin, F., Accensi, M., Pineau-Guillou, L., and Lepesqueur, J. (2013). A suitable metocean hindcast database for the design of marine energy converters.

Gasparini, G., Abbate, M., Bordone, A., Cerrati, G., Galli, C., Lazzoni, E., and Negri, A. (2009). Circulation and biomass distribution during warm season in the Gulf of La Spezia (north-western Mediterranean). *Journal of Marine Systems*, 78:S48–S62.

Grifoll, M., Jordà, G., and Espino, M. (2014). Surface water renewal and mixing mechanisms in a semi-enclosed microtidal domain. the Barcelona harbour case. *Journal of Sea Research*, 90:54–63.

Komen, G. J., Cavaleri, L., and Donelan, M. (1994). *Dynamics and modelling of ocean waves*. Cambridge University Press.

Mentaschi, L., Besio, G., Cassola, F., and Mazzino, A. (2015). Performance evaluation of WavewatchIII in the Mediterranean Sea. *Ocean Modelling*, 90:82–94.

Sartini, L., Mentaschi, L., and Besio, G. (2016). Wave hindcast resolution reliability for extreme analysis. *Proc. 26th International Offshore and Polar Engineering Conference*.

Stopa, J. E., Ardhuin, F., Babanin, A., and Zieger, S. (2015). Comparison and validation of physical wave parameterizations in spectral wave models. *Ocean Modelling*.