



AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA, FIUMICINO E GAETA

PORTO DI FIUMICINO

DRAGAGGIO DEI FONDALI DEL PORTO CANALE E DELLA DARSENA DI FIUMICINO E VASCA DI CONTENIMENTO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

INDICE

1.	PREMESSE	3
2.	CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE DEI FONDALI NELL'AREA DI DRAGAGGIO	7
3.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	13
3.1.	Vasca di contenimento	13
3.2.	Dispositivi di protezione dell'area marina circostante la vasca	16
4.	COMPETENZA PER LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA E CONFORMITA' ALLO STRUMENTO URBANISTICO	17
5.	CARATTERISTICHE DEI TERRENI INTERESSATI DALLE NUOVE OPERE	19
6.	CARATTERIZZAZIONE METEOMARINA DEL PARAGGIO E DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA A SCOGLIERA	21
7.	VERIFICHE DI STABILITÀ E CALCOLO DEI CEDIMENTI	22
8.	FUNZIONALITÀ E MODALITA' DI GESTIONE DELLA VASCA DI CONTENIMENTO	24

9. PIANO DI MONITORAGGIO DELLA VASCA DI CONTENIMENTO	29
10. PREZZI UNITARI E COMPUTO METRICO ESTIMATIVO	32
11. TEMPO DI ESECUZIONE E COSTO DELLE OPERE	33

1. PREMESSE

La presente relazione ha per oggetto il progetto del dragaggio dei fondali del porto canale e della darsena di Fiumicino e della vasca di contenimento dei materiali di risulta dei suddetti dragaggi da realizzare nello specchio acqueo prospiciente il molo guardiano nord.

Le opere a scogliera che delimiteranno la vasca di contenimento ed il relativo bacino di sedimentazione previsto nel presente progetto determinano anche l'allontanamento dei frangenti del moto ondoso incidente dalla costa e dall'abitato presente nel tratto di costa immediatamente a settentrione del molo guardiano nord del porto canale ponendo rimedio allo stato alquanto precario e fatiscente di tutte le opere di difesa radenti presenti attualmente nella zona di intervento.

La vasca di contenimento costituisce inoltre la soluzione al problema della collocazione finale dei materiali di risulta dell'escavazione dei fondali del porto canale di Fiumicino e del relativo canale di accesso prevista nel presente progetto. Tale intervento è infatti oramai necessario e improcrastinabile per garantire il transito in sicurezza delle navi in entrata ed in uscita dal porto finché non verranno realizzati i lavori previsti dal nuovo Piano Regolatore Portuale (approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e dal Comune di Fiumicino nel 2004 e del quale è in corso la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale) .

Attualmente i fondali disponibili per le navi sono molto limitati lungo la rotta di ingresso e di uscita dal porto e soprattutto all'interno del canale e della darsena ove si sono rilevati in diversi punti fondali inferiori ai 2 m rispetto al l.m.m. Nel presente progetto è stato quindi previsto l'approfondimento a quota -6.00 m s.m. dei fondali del canale di accesso delimitato dai moli guardiani del porto, ed a quota -4.00 m s.m. dei fondali del porto canale dall'imboccatura fino al ponte 2 Giugno e della darsena.

Come risulta dalla campagna di indagini sulle caratteristiche dei fondali del porto canale e della darsena di Fiumicino, il materiale da dragare risulta piuttosto eterogeneo e classificabile, dal punto di vista fisico, in prevalenza come limo argilloso. E' presente, tuttavia, una tendenza all'incremento della componente sabbiosa, costituita soprattutto da granuli vulcanoclastici, feldspato e quarzo, con l'approssimarsi dell'imboccatura portuale. In pratica le tipologie più fini (Limo

argilloso) prevalgono nella parte più interna del canale, mentre in prossimità dello sbocco a mare sono presenti i sedimenti più grossolani (Sabbia, Sabbia limosa). Più omogenea, invece, appare la composizione dei sedimenti della darsena classificabili quasi esclusivamente come limi argillosi.

Il volume complessivo di materiale da dragare è pari a circa 105.000 m³ e, come risulta dalla campagna di caratterizzazione dei sedimenti svolta, è costituito prevalentemente da fanghi alluvionali recenti misti a sabbie da fini a grossolane con elevate percentuali di materiali di granulometria fine (inferiore a 63 µm).

Per quanto riguarda il livello di contaminazione dei sedimenti da dragare, dalla Relazione della caratterizzazione dei sedimi di fondale del porto canale e della darsena di Fiumicino, redatta dall'ICRAM sulla base di una convenzione con l'Autorità Portuale e che viene allegata al presente progetto, risulta che *“la qualità del materiale delle aree portuali caratterizzate non è ritenuta idonea né ad attività di ripascimento costiero, né per l'immersione deliberata in mare, ai sensi dell'art. 109 del D.lgs nr. 152/2006 e del D.M. 24.01.1996, con eccezione di una piccola zona posta in corrispondenza dell'imboccatura del porto canale (area AU 29)”*.

In particolare per quanto riguarda le possibili soluzioni gestionali dei sedimenti, ritenute compatibili da un punto di vista ambientale e realizzabili da un punto di vista tecnico-economico, nella suddetta relazione viene indicato il *“conferimento in cassa di colmata, già disponibile a codesta Autorità Portuale o da realizzarsi ex novo, impermeabilizzata ai lati e sul fondo, secondo i criteri già in uso in altre realtà portuali, nella quale conferire la totalità dei materiali”*

Pertanto, facendo cautelativamente riferimento all'art.5 comma 11-quater della legge 28 gennaio 1994, n.84 (così come modificato dall'art. 996 dalla legge 296/2006), per il conferimento dei materiali di risulta dei dragaggi dei fondali del porto canale e della darsena di Fiumicino è stata prevista la realizzazione di una vasca di contenimento dotata di un *sistema di impermeabilizzazione al perimetro e sul fondo in grado di assicurare requisiti di permeabilità almeno equivalenti a: K minore o uguale $1,0 \times 10^{-9}$ m/s e spessore maggiore o uguale ad 1 m.*

Nel presente progetto è stata quindi prevista la realizzazione nello specchio acqueo prospiciente il terrapieno del deposito costiero di prodotti petroliferi di una diga scogliera lunga circa 450 m conformata in modo da realizzare una vasca chiusa di superficie pari a circa 25.000 m², e, al suo fianco, di un argine a scogliera

che chiude l'insenatura compresa tra la vasca ed il molo guardiano sud del porto canale di Fiumicino realizzando un bacino chiuso di superficie pari a circa 32.400 m² all'interno del quale si completerà la sedimentazione del trasporto solido delle acque di esubero che escono dalla vasca di contenimento durante le fasi di riempimento con i materiali di risulta dei dragaggi.

Il fondo e le sponde della vasca di contenimento verranno impermeabilizzati per mezzo di un pacchetto impermeabile costituito da una geomembrana di HPDE da 2 mm interposta a due teli di tessuto non tessuto con funzione di protezione e di rinforzo, che garantisce coefficienti di permeabilità coerenti con le prescrizioni dell'art. 5 della Legge 84/1994.

Per quanto riguarda il bacino di sedimentazione previsto a fianco della vasca di contenimento, una volta completati i lavori di dragaggio e di immissione dei materiali di risulta nella vasca di contenimento, in pratica avrà esaurito la sua funzione, e pertanto il ristagno dell'acqua al suo interno, a causa della mancanza di un collegamento idraulico con il mare, potrebbe provocare provocando inconvenienti di natura igienica.

Pertanto al fine di assicurare alle acque interne al bacino una sufficiente dinamica in modo da contenere l'instaurarsi di situazioni anossiche e riducenti degli strati di fondo ed evitare lo sviluppo di fenomeni di eutrofizzazione soprattutto durante l'estate e l'autunno, al termine dei lavori è previsto che l'argine di sfioro interno venga completamente rimosso e che in corrispondenza dell'intersezione con la diga che delimita la vasca di contenimento venga aperto un varco largo 30 m circa.

Il numero e le dimensioni dei varchi che dovranno essere lasciati lungo lo sviluppo della diga che delimita il bacino sono stati definiti sulla base dei risultati di uno studio su modello matematico della circolazione naturale delle acque all'interno del bacino sotto l'azione dei cicli di marea al quale si rimanda per gli approfondimenti.

Nei paragrafi seguenti dopo una sintesi dei risultati delle attività di caratterizzazione dei fondali del porto canale di Fiumicino da dragare, sono riportate la descrizione delle opere previste nel progetto e delle misure previste al fine di garantire la sicurezza durante le fasi di riempimento della vasca ed una sintesi degli studi eseguiti. Nella parte conclusiva della relazione viene esposto il costo che

dovrà essere sostenuto per la realizzazione delle opere, i tempi previsti per la loro realizzazione ed il cronoprogramma dei lavori.

2. CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE DEI FONDALI NELL'AREA DI DRAGAGGIO

Ai fini della caratterizzazione chimico-fisico-microbiologica dei sedimenti che dovranno essere dragati, come previsto dalla normativa vigente, nelle aree di intervento sono stati prelevati campioni di sedimenti che sono poi stati sottoposti ad analisi di laboratorio nel rispetto dei criteri, procedure e modalità previste dalla normativa vigente.

In particolare l'ICRAM, sulla base di una convenzione stipulata con l'autorità Portuale, ha predisposto un progetto di caratterizzazione, riguardante le indagini da eseguire nell'area portuale e, sulla base della qualità dei sedimenti portuali da dragare, ha predisposto una proposta per la loro gestione differenziata.

La strategia di campionamento scelta per l'area del porto canale di Fiumicino è stata mirata al fine di fornire una caratterizzazione significativa dell'intera superficie e del volume di materiale da sottoporre a movimentazione.

La superficie da caratterizzare è stata suddivisa mediante una griglia di campionamento costituita da Aree Unitarie (AU). Nello specifico, all'interno dell'area portuale, lungo la perimetrazione interna caratterizzata dalla presenza di darsene e banchine, è stato previsto l'utilizzo di un'area di campionamento costituita da una maglia quadrata di 50 metri di lato.

All'interno di ciascuna AU è stato individuato un punto di campionamento, rappresentativo della AU, posizionato in funzione dell'eventuale presenza di fonti di contaminazione (a esempio distributori di carburante) e in funzione della localizzazione dei punti di AU contigue.

In considerazione della batimetria riscontrata all'interno del porto canale e ipotizzando per la darsena un battente d'acqua di circa 2 metri, l'adozione di tale criterio ha consentito di individuare 38 aree unitarie, all'interno di ognuna delle quali è stato posizionato un punto di campionamento nel quale effettuare il prelievo di sedimenti sino alla profondità definita dalla quota del progetto di dragaggio, in modo da realizzare una caratterizzazione dell'intero spessore di materiale da movimentare.

Nella figura allegata (estratta dal Rapporto dell'ICRAM) è riportata una planimetria del Porto Canale e della darsena di Fiumicino con l'indicazione delle

Aree Unitarie e dei punti di campionamento eseguiti, mentre nella tabella allegata sono elencati il numero di campioni prelevati e le analisi complessive effettuate.



ICRAM

Relazione conclusiva della caratterizzazione del Porto canale e della darsena di Fiumicino

Figura 1.1: Stazioni di campionamento all'interno dell'area portuale.

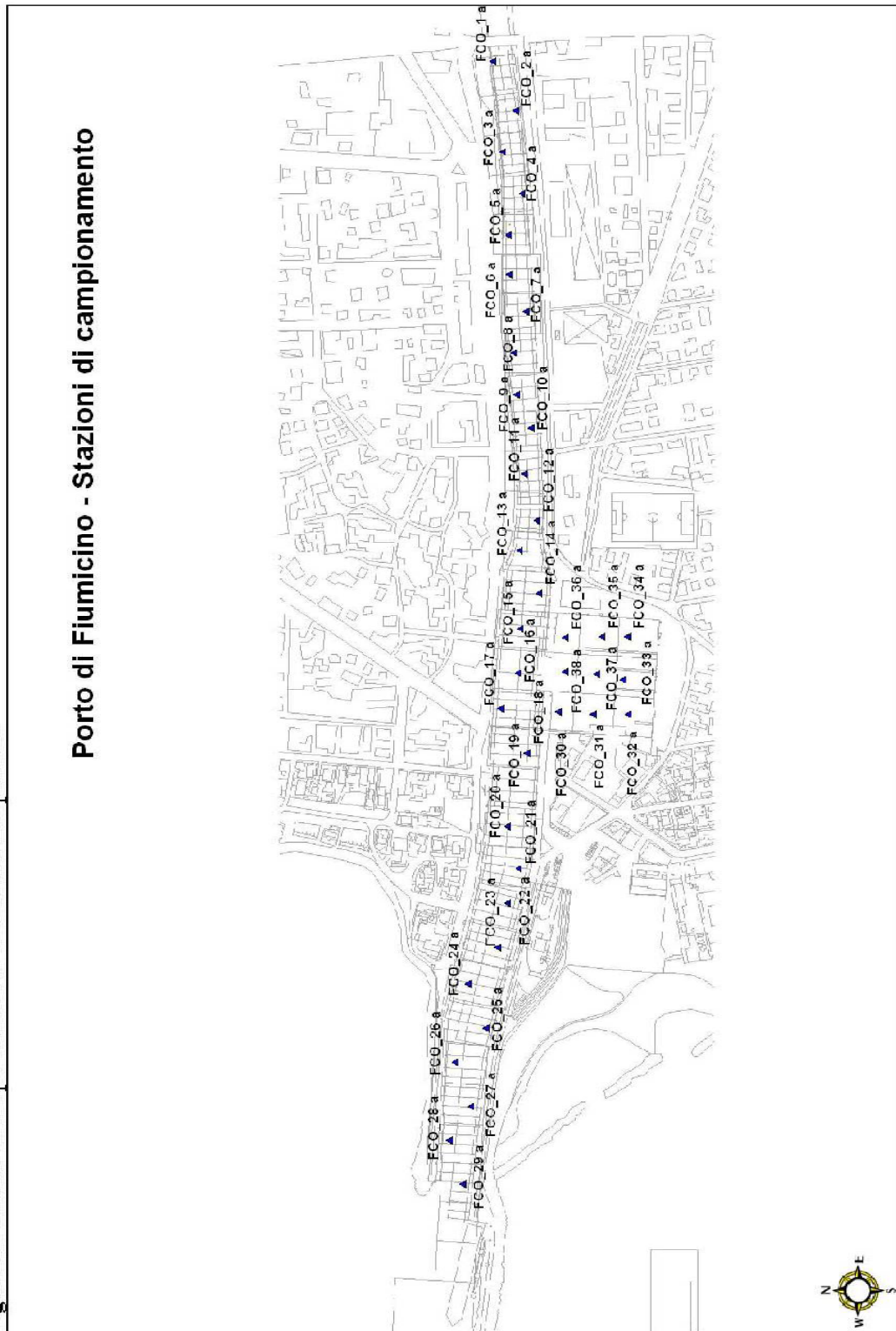


Tabella 1.1: Schema delle analisi eseguite sui campioni prelevati all'interno del porto di Fiumicino.

PARAMETRO	ANALITI	NUMERO DI CAMPIONI
Granulometria	Ghiaia, sabbia, limo, argilla	92
Peso Specifico		92
Percentuale di umidità		92
Metalli pesanti	Al, As, Cd, Cr totale, Fe, Pb, Hg, Ni, Cu, V, Zn	92
Idrocarburi totali		92
PCB	Congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e sommatoria	92
IPA	Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Indopirene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Benza(a)antracene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene;	92
Pesticidi organoclorurati	Aldrin, Dieldrin, α -esaclorocicloesano, β -esaclorocicloesano, γ -esaclorocicloesano (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza: somma degli isomeri 2,4 e 4,4) esaclorobenzene, HCB, eptacloro, eptacloro epossido, ossiclordano, cis-clordano, trans-clordano, trans-nonacloro, cis-nonacloro, eldrin, mirex, metossicloro.	92
Azoto totale		92
Fosforo totale		92
Sostanza organica		92
Microbiologia	Streptococchi fecali, coliformi totali e fecali, salmonella, spore di clostridi solfitoriduttori	92
Composti organostannici	MBT, DBT, TBT	18
Ecotossicologia		30

Al fine di formulare un piano di gestione dei sedimenti marini da movimentare, ambientalmente compatibile e tecnicamente attuabile, che tenga presente le esigenze logistiche e operative del Porto di Fiumicino, in considerazione della attuale assenza di una normativa specifica nazionale che stabilisca dei livelli chimici di riferimento sui quali basare la definizione della qualità dei materiali e, conseguentemente, le modalità gestionali, nella presente indagine sono stati applicati i criteri del manuale APAT-ICRAM relativo alla movimentazione dei fondali marini (2006).

In particolare si è proceduto alla individuazione di livelli chimici di riferimento locali, sulla base della integrazione delle risultanze analitiche chimiche ed ecotossicologiche ottenute dalla presente indagine ambientale, includendo sia l'area portuale, sia l'area esterna.

In particolare sono stati calcolati due livelli chimici di riferimento, il Livello Chimico di Base (LCB) e il Livello Chimico Limite (LCL), le cui definizioni sono, rispettivamente:

- un valore di concentrazione chimica prossimo ai “valori naturali di fondo” riscontrato nei sedimenti di una specifica area marina, relativamente priva di contaminazione antropica, per i quali non siano stati evidenziati effetti di tossicità nei confronti di più specie-test;
- un valore di concentrazione chimica indice di una contaminazione, oltre il quale siano piuttosto probabili effetti di tossicità nei confronti di più specie-test.

L’LCB locale è stato calcolato selezionando le caratteristiche chimiche di tutti quei campioni risultati privi di tossicità ai saggi biologici impiegati (nell’area portuale e nell’area esterna caratterizzata come ipotetico sito di immersione) e calcolando, per ciascun parametro, la media geometrica dei 90° percentili dei set di dati non tossici. I valori ottenuti rappresentano delle concentrazioni di alcuni contaminanti al di sotto dei quali è sufficientemente garantita l’assenza di tossicità. I sedimenti con tali caratteristiche, pertanto, previa verifica ecotossicologica, risulterebbero compatibili con qualunque opzione di gestione.

Nella tabella allegata, estratta dal Rapporto ICRAM, sono riportati i valori dei livelli chimici di riferimento utilizzati da ICRAM ai fini della definizione delle opzioni di gestione dei sedimenti portuali da dragare.

I risultati delle analisi di laboratorio condotte sui campioni di sedimento portuale hanno evidenziato che:

- Per ciò che concerne il contenuto organico i sedimenti in questione possono essere considerati relativamente ricchi in sostanza organica e nutrienti, soprattutto nella darsena e nel tratto del canale a monte della stessa,
- Relativamente ai metalli pesanti e altri elementi in tracce è stata rilevata una diffusa contaminazione, che interessa principalmente Cd, Cu e Zn, secondariamente Hg e Pb. Parte di questa contaminazione, con particolare riferimento al rame (valore medio della concentrazione 60÷70 mg/kg s.s.), è con tutta probabilità legata all’impiego di vernici antivegetative, supportata anche dalla forte presenza di composti organostannici, soprattutto in darsena e

nel tratto del canale a monte della stessa, presumibilmente connessa all'attività cantieristica navale locale.

Tabella 4.1: Valori chimici di riferimento.

PARAMETRO	LCB _{loc}	LCL _{loc}
As (mg/kg)	15	18
Cd (mg/kg)	0,37	0,52
Cr (mg/kg)	64	70
Cu (mg/kg)	42	53
Hg (mg/kg)	0,89	1,42
Ni (mg/kg)	36	39
Pb (mg/kg)	47	61
Zn (mg/kg)	150	190
Σ PCB ⁽¹⁾ (µg/kg)	27	56
γ-HCH (µg/kg)	2,3	4,8
DDE (µg/kg)	2,3	3,3
DDD (µg/kg)	1,3	1,9
DDT (µg/kg)	1,2	4,8
HCB	0,34	0,5
Naftalene (µg/kg)	14	24
Acenaftene (µg/kg)	7	89
Fluorene (µg/kg)	29	52
Fenantrene (µg/kg)	78	152
Antracene (µg/kg)	23	42
Fluorantene (µg/kg)	199	334
Pirene (µg/kg)	258	396
Benzo[a] antracene (µg/kg)	93	133
Crisene (µg/kg)	98	170
Benzo [a]pirene (µg/kg)	112	146
Dibenzo[a,h] antracene (µg/kg)	14	27
Σ IPA (µg/kg)	1141	1952
Idrocarburi totali (mg/kg)	356	538
Composti organostannici (Sn) (µg/kg)	5	72

⁽¹⁾ Come sommatoria dei congeneri 28, 52, 101, 81, 77, 118, 153, 105, 138, 126, 128, 156, 180, 170, 169, 209.

- Situazione altrettanto compromessa emerge dalla valutazione della presenza e distribuzione complessiva dei contaminanti organici. In particolare è stata rilevata la presenza diffusa in tutti i sedimenti superficiali del canale portuale dei prodotti di degradazione del DDT (DDE e DDD) e talvolta, anche di HCB (fungicida ampiamente utilizzato in passato nel settore agricolo). Questa

situazione appare presumibilmente connessa alle attività attuali e pregresse della piana agricola nella quale scorre il fiume Tevere.

- Anche gli idrocarburi policiclici aromatici raggiungono talvolta concentrazioni significative, con particolare riferimento ai sedimenti superficiali del canale, mentre è risultata assai meno importante la contaminazione da IPA nella darsena.
- Gli idrocarburi totali sono presenti in concentrazioni piuttosto elevate, fino a 1000 mg/kg, soprattutto nei sedimenti profondi del canale portuale e della darsena.
- A livello microbiologico è stata rilevata solo una elevata abbondanza di spore di clostridi solfitoriduttori, che denota una contaminazione diffusa sia recente sia pregressa in un ambiente ricco di sostanza organica e scarsamente ossidato.

Dalle conclusioni del rapporto dell'ICRAM risulta che la qualità del materiale delle aree portuali caratterizzate non è ritenuta idonea né ad attività di ripascimento costiero, né per l'immersione deliberata in mare, ai sensi dell'art. 109 del D.lgs nr. 152/2006 e del D.M. 24.01.1996, con l'eccezione dei sedimenti afferenti alle aree poste in prossimità dell'imboccatura portuale.

Tra le possibili soluzioni gestionali dei sedimenti, ritenute compatibili da un punto di vista ambientale e realizzabili da un punto di vista tecnico-economico, l'ICRAM ha indicato: *“il conferimento in cassa di colmata impermeabilizzata ai lati e sul fondo, secondo i criteri già in uso in altre realtà portuali, nella quale conferire la totalità dei materiali”*

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione Conclusiva della Caratterizzazione redatta dall'ICRAM allegata al progetto.

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

3.1. Vasca di contenimento

La vasca di contenimento prevista nel presente progetto verrà realizzata all'esterno del porto canale di Fiumicino, a fianco del molo guardiano nord.

La vasca ha una superficie di circa 25.000 m² e per la sua realizzazione è prevista la costruzione in corrispondenza del terrapieno del deposito costiero di prodotti petroliferi di una diga a scogliera ad andamento curvilineo con uno sviluppo di circa 430 m.

La diga a scogliera è a sezione trapezoidale ed è costituita da un nucleo in tout-venant ed una scogliera di protezione della scarpata esterna costituita da due strati di massi naturali del peso compreso tra 3 e 5 t posti su uno strato filtro costituito da due strati di massi naturali di peso compreso tra 50 e 1.000 kg.

La pendenza della scarpata esterna (lato mare) è pari a 1/2 mentre quella interna (lato vasca) è pari a 3/4.

Superiormente la sezione tipo della diga ha una larghezza di circa 10 m e perviene fino a quota +1.50 m s.m. I massi costituenti la mantellata di protezione lato mare (3-5 t) pervengono fino a quota +3.26 m s.m. così da costituire una adeguata protezione contro il rischio di tracimazione del moto ondoso. Le caratteristiche geometriche della diga a scogliera sono state definite in modo da garantire la sua realizzazione utilizzando mezzi terrestri. Infatti la larghezza della sommità del nucleo (10 m circa) consente il contemporaneo passaggio dei camion che trasportano il materiale e della gru o dell'escavatore che procede con la posa in opera dei massi della mantellata.

A fine di consentire l'immissione nella vasca del materiale proveniente dai dragaggi dei fondali del canale di accesso e del porto canale di Fiumicino le sponde interne ed il fondo della vasca stessa verranno impermeabilizzati per mezzo di un pacchetto impermeabile costituito da una geomembrana di HDPE di spessore pari a 2 mm interposta e due strati di tessuto non tessuto da 500 gr/m², con funzione di protezione e di rinforzo, così da realizzare un adeguato sistema di protezione nei confronti dell'area marina circostante. Si tratta del sistema che attualmente, con maggior frequenza, viene utilizzato per l'impermeabilizzazione delle strutture di

conterminazione di vasche di contenimento di materiali di risulta dei dragaggi dei fondali di porti collocati all'interno di siti di interesse nazionale (porti di Livorno e Piombino).

A fianco della vasca, nello specchio acqueo compreso tra la vasca ed il molo guardiano nord, è stata prevista la realizzazione di un bacino secondario di superficie pari a circa 32.400 m² che è messo in comunicazione con la vasca principale attraverso un sistema di due labbri sfioranti dei quali uno, posto lungo il bordo posteriore della vasca e ottenuto attraverso la riprofilatura della scogliera distaccata esistente di fronte al terrapieno del deposito costiero di prodotti petroliferi, è lungo 142.50 m ed è posto a quota +1.00 m s.m.; mentre il secondo, che collega l'estremità meridionale della suddetta scogliera distaccata con la terraferma, è lungo 20 m ed è posto a quota +0.70 m s.m.

Per la realizzazione del bacino di sedimentazione è stata prevista la realizzazione di una diga a scogliera che ha origine dall'argine sud della vasca di contenimento e dopo aver percorso circa 270 m in direzione sud si arresta a circa 35 m dalla scarpata esterna del molo guardiano nord del porto canale di Fiumicino.

La diga a scogliera, analogamente a quella della vasca di contenimento, è a sezione trapezoidale ed è costituita da un nucleo in tout-venant ed una scogliera di protezione costituita, sia sulla scarpata esterna che su quella interna, da due strati di massi naturali del peso compreso tra 1 e 3 t posti su uno strato filtro costituito da due strati di massi naturali di peso compreso tra 50 e 1.000 kg.

La pendenza della scarpata esterna (lato mare) è pari a 1/2 mentre quella interna (lato vasca) è pari a 3/4.

Superiormente la sezione tipo della diga ha una larghezza di circa 11 m e perviene fino a quota +2.50 m s.m.

Il dispositivo di sfioro e di scarico del bacino di sedimentazione, attraverso il quale durante le fasi di riempimento della vasca le acque in esubero, ormai chiarificate, vengono restituite a mare, è costituito da un argine che ha origine dalla scarpata interna della diga che delimita il bacino a circa 25 m della suo limite meridionale e, dopo aver percorso circa 80 m in direzione sud sud-ovest si intesta sulla scarpata esterna del terrapieno alla radice del molo guardiano nord. La quota di sfioro dell'argine è pari a +0.50 m s.l.m.

Come evidenziato negli allegati grafici di progetto per la realizzazione del nucleo della diga che delimita la vasca di contenimento è previsto l'utilizzo di un materiale (tout-venant 0.01-500 kg) relativamente "chiuso". La porzione più esterna della scarpata esterna del nucleo verrà comunque realizzata con materiale di maggiore pezzatura (5-500 kg) che oltre a fornire una protezione contro l'azione del moto ondoso costituisce uno strato di transizione tra il nucleo e il sovrastante strato filtro (massi da 50-1000 kg), mentre per la scarpata interna della diga, dove verrà posato il suddetto pacchetto impermeabile, dovrà essere utilizzato il materiale di minor granulometria così da evitare che la presenza di massi sul piano di posa che potrebbero provocare la foratura della geomembrana.

Particolare cura dovrà quindi essere adottata nella realizzazione della scarpata interna e della sommità del nucleo in tout-venant, sul quale è prevista la posa del pacchetto impermeabile, che dovrà risultare perfettamente spianato e libero da elementi di grosse dimensioni e/o elementi con spigoli vivi che potrebbero provocare l'indesiderata perforatura dell'elemento di impermeabilizzazione dell'argine.

Per il dimensionamento della scogliera di protezione delle dighe a scogliera (v. Elaborato R3 "Calcoli delle strutture e degli impianti") si è fatto riferimento ai risultati dello studio meteomarinico svolto (v. Elaborato R2 "Studio Meteomarinico").

Per maggiori dettagli sulle opere previste in progetto si rimanda alle tavole grafiche allegate.

3.2. Dispositivi di protezione dell'area marina circostante la vasca

I sondaggi eseguiti ai fini della caratterizzazione ambientale dei sedimenti portuali che dovranno essere dragati ed immessi all'interno della vasca di contenimento hanno evidenziato livelli di contaminazione inferiori ai limiti indicati nella colonna B della tabella 1 dell'allegato 1 al D.M. 471/99 relativi a terreni che possono essere impiegati per la realizzazione di piazzali/terrapieni ad uso commerciale e industriale che, sia nelle previsioni del Piano Regolatore Portuale attualmente vigente che in quello del quale è in corso l'iter autorizzativo, è appunto la destinazione dell'area sulla quale insiste la vasca di contenimento in progetto.

Pertanto, al fine di dotare i dispositivi di contenimento della vasca di un adeguato sistema di protezione nei confronti dell'area marina circostante, l'intera superficie della vasca di contenimento (sponde interne e fondo) verrà impermeabilizzata mediante la posa in opera di un pacchetto impermeabile costituito da una geomembrana di HDPE di spessore pari a 2 mm interposta e due strati di tessuto non tessuto da 500 gr/m², con funzione di protezione e di rinforzo, che superiormente perviene fino a quota +1.50 m s.m. che rappresenta appunto la quota massima di riempimento della vasca.

Si tratta di una soluzione tecnica già adottata con successo in analoghi interventi eseguiti in altri porti italiani (ad es. Piombino e Livorno) che è in grado di soddisfare i requisiti minimi di impermeabilità (coefficiente di permeabilità minore o uguale a quello di uno strato di materiale dello spessore pari ad 1 m caratterizzato da un $K = 1,0 \times 10^{-9}$ m/s) richiesti dalla normativa attualmente vigente in materia (Art. 5 Legge 84/94).

In questo modo il "contatto" tra il sedime portuale depositato all'interno della vasca e l'area marina circostante risulterà impedito.

4. COMPETENZA PER LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA E CONFORMITA' ALLO STRUMENTO URBANISTICO

Come descritto nei precedenti paragrafi la vasca di contenimento prevista nel presente progetto ha una superficie totale massima, comprensiva anche del bacino di sedimentazione secondario, di circa 57.000 m² e verrà realizzata a fianco del molo guardiano nord del porto canale di Fiumicino in un'area dove, secondo le previsioni del Piano Regolatore Portuale del 1962 attualmente vigente, è prevista la realizzazione del terrapieno della darsena esterna e dove, secondo le previsioni del nuovo Piano regolatore Portuale, già approvato dal Consiglio Superiore dei LL. PP. e del quale è in corso la procedura di valutazione di impatto ambientale, è collocato il terrapieno della darsena pescherecci e del terminal crociere.

L'opera quindi risulta localizzata all'interno dell'ambito portuale e quindi all'interno delle "competenze" dell'Autorità Portuale, e quindi si può procedere alla sua realizzazione autonomamente senza dover seguire la procedura di cui all'art. 36 del codice della navigazione.

Per quanto riguarda la conformità con lo strumento urbanistico vigente in via preliminare occorre evidenziare che le opere in progetto non sono finalizzate alla realizzazione di una struttura operativa del porto ma esclusivamente alla "delimitazione" di un'area dove collocare i materiali di risulta dei dragaggi dei fondali del porto di Fiumicino. Pertanto non avendo una funzione portuale ma essendo solo un'opera funzionale per l'esecuzione dei dragaggi che l'Autorità Portuale deve eseguire per garantire l'operatività del porto canale di Fiumicino, non è necessaria che sia prevista nel P.R.P. ma solo che sia collocata all'interno delle aree di competenza dell'autorità Portuale.

Peraltro, come evidenziato in precedenza, il limite esterno delle dighe a scogliera che delimitano la vasca di contenimento ed il bacino di sedimentazione in parte coincidono con la banchina di riva prevista nel P.R.P. del 1962, attualmente in vigore, e la superficie occupata dalla vasca risulta contenuta all'interno del terrapieno della darsena pescherecci e del terminal crociere previsto nel nuovo Piano Regolatore Portuale, già approvato dal Consiglio Superiore dei LL. PP. e del quale è in corso la procedura di valutazione di impatto ambientale.

Pertanto l'opera in oggetto risulta essere perfettamente congruente sia con lo strumento di pianificazione in vigore (P.R.P. del 1962) che con il futuro P.R.P.

5. CARATTERISTICHE DEI TERRENI INTERESSATI DALLE NUOVE OPERE

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni ci si è avvalsi dei risultati ottenuti nel corso della campagna di indagini a mare eseguita nel giugno 2004 dalle Geoter nelle aree interessate dalle opere in oggetto (sondaggi geognostici + prove penetrometriche + prove di laboratorio).

In particolare l'indagine è consistita in n°9 sondaggi a mare a carotaggio continuo, dei quali 6 posizionati lungo l'asse dell'opera a scogliera e n°3 all'interno del bacino di sedimentazione, spinti a varie profondità dal fondale marino, fino ad un massimo di 20 m.

Nel corso della perforazione dei sondaggi sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. a fondo foro e sono stati prelevati campioni indisturbati rappresentativi delle formazioni coesive incontrate, che sono stati poi sottoposti a prove geotecniche di laboratorio (prove di identificazione, resistenza al taglio, prove edometriche).

Le campagne di indagini svolte hanno messo in evidenza l'esistenza di due principali coltri sabbiose delle quali quella superficiale è caratterizzata da sedimenti sabbiosi di recente accumulo di granulometria da media a grossa, di colore grigio verdastro, con grado di addensamento da sciolto a mediamente addensato (N_{SPT} da 9 a 20); mentre quella più profonda è costituita da sabbia fina debolmente limosa di colore grigio verdastro mediamente addensata (N_{SPT} da 21 a 30).

Al di sotto delle due formazioni sabbiose è stata rilevata la presenza di una formazione di argille con limo debolmente sabbiosa di colore grigio scuro di consistenza da soffice a plastica (N_{SPT} da 2 a 3). All'interno di questa formazione sono stati prelevati n°7 campioni indisturbati che sono stati sottoposti a prove di caratterizzazione.

In tutti i sondaggi effettuati non è stato intercettato il letto della formazione argillosa e quindi non è stato possibile stimarne lo spessore.

Ai fini delle verifiche geotecniche dell'opera (verifica di stabilità di insieme e calcolo dei cedimenti), visti i risultati dei sondaggi e delle prove eseguite sia in laboratorio che in situ, si sono assunte le seguenti caratteristiche geotecniche :

a) Primo strato: sabbia media e grossa da sciolta a mediamente addensata (S_m):

- peso di volume materiale saturo: $\gamma_s = 17.5 \text{ kN/m}^3$

- angolo di attrito interno: $\phi' = 32^\circ$
- coesione: $c' = 0 \text{ kN/m}^2$
- modulo edometrico: $E' = 4.0 \text{ MPa}$

b) secondo strato: sabbia fine debolmente limosa mediamente addensata (Sf):

- peso di volume materiale saturo: $\gamma_s = 18.0 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito interno: $\phi' = 37^\circ$
- coesione: $c' = 0 \text{ kN/m}^2$
- modulo edometrico: $E' = 8.0 \text{ Mpa}$

c) terzo strato: argilla limosa talora sabbiosa da soffice a debolmente consistente (Al)

- peso di volume materiale saturo: $\gamma_s = 10.0 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito interno: $\phi' = 0^\circ$
- coesione: $c' = 15.0 \text{ kN/m}^2$
- modulo edometrica (100-200 kPa): $E' = 2.0 \text{ Mpa}$
- modulo edometrica (200-400 kPa): $E' = 4.0 \text{ Mpa}$

Per quanto riguarda la formazione argillosa comprimibile in occasione della campagna di indagini geologiche-geotecniche eseguita nello specchio acqueo prospiciente le opere in oggetto ai fini della redazione del nuovo P.R.P. del porto di Fiumicino, sono state eseguite delle prove penetrometriche dinamiche continue le quali hanno evidenziato che le caratteristiche meccaniche della formazione, sia in termini di resistenza che di compressibilità, sono molto cattive nei primi 3-5 m ma procedendo verso il basso migliorano sensibilmente. Anche in occasione di tale campagna di indagini, i cui sondaggi sono stati estesi fino alla profondità di 25 m dal fondale marino, la base della formazione argillosa non è stata intercettata. Nel caso in esame, sia nelle verifiche di stabilità che nel calcolo dei cedimenti, si è cautelativamente trascurato il miglioramento delle caratteristiche della formazione argillosa con la profondità e si è fatto riferimento ai valori minimi dei parametri di resistenza e deformabilità misurati nel corso delle prove di laboratorio.

Per maggiori dettagli si rimanda all'apposito elaborato allegato al presente progetto (v. "Relazione Geologica e Geotecnica").

6. CARATTERIZZAZIONE METEOMARINA DEL PARAGGIO E DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA A SCOGLIERA

Per la caratterizzazione meteomarina del paraggio dove sorge la vasca di contenimento in oggetto è stato redatto uno studio meteomarino.

I temi d'indagine principali sono stati così articolati: caratteristiche georografiche del paraggio; esposizione ai venti (Centro meteorologico della stazione di Roma Fiumicino); esposizione al moto ondoso (secondo una metodologia di ricostruzione del moto ondoso a partire dalle misure ondamentriche effettuate presso le stazioni R.O.N. dell'Isola di Ponza e di Torrevadalliga); escursione dei livelli marini e caratteristiche d'insieme delle correnti marine. Si è operato raccogliendo i dati storici disponibili e procedendo a successive analisi ed elaborazioni numeriche.

Dai risultati dello studio svolto risulta che le caratteristiche del moto ondoso al largo di Fiumicino caratterizzato da un tempo di ritorno $T_r = 50$ anni sono le seguenti:

- altezza d'onda significativa: $H_s = 5.90$ m
- periodo di picco $T_p = 10$ s

Come evidenziato in precedenza le opere in oggetto ricadono su fondali con profondità massima pari a circa -3.75 m s.m. per la diga del bacino di sedimentazione e -4.25 m s.m. per la diga della vasca di contenimento, pertanto il valore dell'altezza d'onda in corrispondenza delle opere risulta limitato dal frangimento.

Le caratteristiche del moto ondoso da utilizzare per il dimensionamento dei massi della mantellata di progetto (altezza d'onda di progetto) sono quindi i seguenti:

- diga bacino di sedimentazione: $H_b = 2.4$ m
- diga vasca di contenimento: $H_b = 2.7$ m

Il dimensionamento della mantellata delle opere di difesa/delimitazione della vasca è stato eseguito utilizzando un semplice metodo di calcolo probabilistico.

Per maggiori dettagli si rimanda all'apposito elaborato allegato al progetto (v. Elaborato R3 "Calcoli delle strutture e degli impianti")

7. VERIFICHE DI STABILITÀ E CALCOLO DEI CEDIMENTI

Nel corso del presente progetto sono state effettuate le usuali verifiche geotecniche delle opere (verifiche di stabilità di insieme e calcolo dei cedimenti).

In particolare la stabilità dell'opera a gettata di difesa/delimitazione della vasca di contenimento è stata verificata nei confronti di possibili scivolamenti generali secondo superfici di scorrimento circolari.

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità d'insieme dell'opera è stata condotta utilizzando un programma di calcolo denominato "STABL" .

Le verifiche di stabilità svolte hanno riguardato la diga della vasca di contenimento. Non si è ritenuto necessario effettuare le verifiche di stabilità della diga esterna del bacino di sedimentazione e degli argini interni in quanto il fondale di posa è minore di quello della sezione della diga esterna della vasca di contenimento e la pendenza delle scarpate della diga del bacino di sedimentazione coincide con quella della vasca di contenimento e per gli argini interni la pendenza delle scarpate è uguale a quella del lato interno delle dighe.

La stabilità dell'opera è stata verificata analizzando sia superfici passanti all'interno delle diga a scogliera sia superfici passanti al disotto e che quindi interessano soltanto il materiale di riempimento ed il terreno naturale.

Dalle verifiche effettuate (v. Elaborato R3 "Calcoli delle strutture e degli impianti") si ricava che per le condizioni prese in esame la stabilità dell'opera è assicurata con ampi margini di sicurezza. Infatti i coefficienti di stabilità dell'opera, riportati nella tabella seguente, calcolati in condizioni iniziali e di esercizio, risultano sempre superiori ai limiti prescritti dalla normativa vigente in materia per opere di sostegno delle terre (D.M. 14.01.2008, Nuove norme tecniche per le costruzioni).

	Condizioni sismiche		Fasi di lavoro/riempimento	
	Paramento lato mare	Paramento lato terra	Paramento lato mare	Paramento lato terra
Diga vasca di colmata	1.106	1.88	1.25	1.29

Preme sottolineare che nelle verifiche non si è tenuto in alcun modo conto del miglioramento delle caratteristiche del terreno di fondazione dovuto al fenomeno di consolidamento indotto dalla presenza del rilevato della diga a scogliera.

Per il calcolo dei cedimenti indotti dalla presenza delle opere in progetto è stato applicato il metodo di Terzaghi e della compressibilità edometrica. Le tensioni verticali sono calcolate nell'ipotesi di diagramma delle pressioni di contatto uniforme e di distribuzione uniforme del carico nel sottosuolo ($\vartheta_0 = 45^\circ$).

Il calcolo delle deformazioni (cedimenti) è stato eseguito relativamente alla sezione della diga posta in corrispondenza delle maggiori profondità (-4.00 m s.m.), alla quale corrispondono le condizioni di carico più gravose.

Dai risultati dei calcoli eseguiti si ricava che il cedimento totale è pari a circa 0,377 m. Ai fini del computo dei volumi dei materiali necessari per l'esecuzione delle opere previste in progetto (diga a scogliera ed argine interno) è stato cautelativamente assunto un cedimento pari a 0.40 m.

Per quanto riguarda il decorso dei cedimenti, vista la natura delle formazioni che si incontrano al disotto delle opere di contenimento della vasca e considerate le modalità esecutive che garantiscono una progressiva applicazione del carico sul terreno di fondazione dell'opera, grazie anche all'azione del sovraccarico rappresentato dal passaggio dei mezzi d'opera sul rilevato durante le fasi di costruzione, si può affermare che il cedimento degli strati sabbiosi (0.16 m) e buona parte del cedimento dello strato argilloso si esaurirà durante il periodo previsto per l'esecuzione dei lavori (diga + riempimento vasca= 9 mesi).

Per maggiori dettagli si rimanda all'apposito elaborato allegato al presente progetto (v. Elaborato R3 "Calcoli delle strutture e degli impianti").

8. FUNZIONALITÀ E MODALITÀ DI GESTIONE DELLA VASCA DI CONTENIMENTO

Come risulta dalla campagna di indagini sulle caratteristiche dei fondali del porto canale e della darsena di Fiumicino il materiale da dragare e da conferire nella vasca di contenimento risulta piuttosto eterogeneo e classificabile, dal punto di vista fisico, in prevalenza come limo argilloso. E' presente, tuttavia, una tendenza all'incremento della componente sabbiosa, costituita soprattutto da granuli vulcanoclastici, feldspato e quarzo, con l'approssimarsi dell'imboccatura portuale. In pratica le tipologie più fini (Limo argilloso) prevalgono nella parte più interna del canale, mentre in prossimità dello sbocco a mare sono presenti i sedimenti più grossolani (Sabbia, Sabbia limosa). Più omogenea, invece, appare la composizione dei sedimenti della darsena classificabili quasi esclusivamente come limi argillosi.

Il volume complessivo di materiale da dragare è pari a circa 105.000 m³ e, come risulta dalla campagna di caratterizzazione dei sedimenti svolta, è costituito prevalentemente da fanghi alluvionali recenti misti a sabbie da fini a grossolane con elevate percentuali di materiali di granulometria fine (inferiore a 63 µm).

Come descritto in precedenza la vasca di contenimento (Superficie circa 25.000 m²) è collocata in corrispondenza della scogliera parallela posta a difesa della costa nel tratto di costa occupato dai depositi costieri di prodotti petroliferi ed è delimitata lato mare da una opera a scogliera lunga circa 450 m. A fianco della vasca di contenimento è stata inoltre prevista la realizzazione di una diga a scogliera che chiude l'insenatura compresa tra la vasca ed il molo guardiano sud del porto canale di Fiumicino realizzando un bacino chiuso di superficie pari a circa 32.400 m² all'interno del quale si completerà la sedimentazione del trasporto solido delle acque di esubero che escono dalla vasca di contenimento durante le fasi di riempimento. Il bacino di sedimentazione è messo in comunicazione con la vasca di contenimento per mezzo di un manufatto di sfioro che occupa buona parte della scogliera parallela esistente che costituisce il limite lato terra della vasca.

Solo la vasca di contenimento, della quale il fondo e le sponde verranno impermeabilizzate per mezzo di una geomembrana di HDPE, verrà utilizzata per il conferimento dei materiali di risulta dei dragaggi dei fondali del porto canale mentre il bacino di sedimentazione servirà esclusivamente per il completamento dei

fenomeni di sedimentazione della frazione più sottile del materiale trasportato dalle acque di esubero che escono dalla vasca di contenimento durante le fasi di riempimento così da garantire che le acque che vengono restituite a mare attraverso il dispositivo di sfioro collocato in prossimità del limite sud dell'argine che delimita il bacino in oggetto rispettino i limiti di normativa in termini di contenuto solido.

Quando sarà completato l'intervento di dragaggio l'argine interno di sfioro del bacino di sedimentazione ed un tratto di circa 35 m della diga esterna del bacino esterno prossimo all'intersezione con la diga della vasca di contenimento, dovranno essere completamente rimossi in modo da consentire il ricambio naturale delle acque interne al bacino e da garantire quindi il mantenimento di livelli di qualità dell'acqua all'interno del bacino stesso adeguati.

Per quanto riguarda le modalità di esecuzione dei dragaggi e di immissione dei materiali di risulta nell'area di destinazione, considerata la posizione delle aree da dragare e della vasca di contenimento e le caratteristiche dei sedimenti da dragare sembrerebbe opportuno prevedere l'utilizzo di draghe idrauliche di tipo aspirante-refluente. Ovviamente negli interventi di dragaggio delle fasce di canale adiacenti alle strutture di banchinamento esistenti la potenza di aspirazione della draga dovrà essere opportunamente ridotta per scongiurare il pericolo di modificare le attuali condizioni di stabilità delle strutture stesse oppure dovrà essere adottata una diversa metodologia di intervento (ad es. uso di benna stagna) che reca meno disturbi.

Peraltro questa modalità di dragaggio, rispetto a quella che prevede l'impiego di draghe meccaniche, dal punto di vista della "gestione" della vasca di contenimento risulta sicuramente quella più impegnativa al fine di garantire che la sedimentazione della frazione più fina della fase solida della miscela immessa si completi al suo interno e che l'acqua in esubero che viene restituita a mare rispetti i limiti imposti dal D. Lgs. 152/99 per gli scarichi in acque superficiali (concentrazione dei solidi sospesi < 80 mg/l).

Infatti in caso di utilizzo di draghe idrauliche nella vasca non viene immesso un materiale saturo ma bensì una miscela di acqua e materiale sciolto il cui rapporto solitamente varia tra 4/1 e 6/1 a seconda della tipologia/granulometria del materiale da dragare. Ne consegue che per garantire per le acque che escono dalla vasca il

rispetto dei limiti imposti dal D.lgs 152/99, la vasca dovrà essere dotata di idonei accorgimenti in grado di assicurare che la sedimentazione della frazione solida della miscela immessa, ed in particolare dalla sua frazione più fina (diametro < 63 μm), si completi all'interno della vasca stessa e che le acque in esubero che "escono" dalla vasca siano "pulite".

Ovviamente la portata di miscela che può essere immessa nella vasca, le dimensioni della vasca e le caratteristiche del sistema di sfioro e di scarico delle acque in esubero devono essere dimensionati sulla base della velocità di sedimentazione della fase solida della miscela stessa.

Nel caso in esame il materiale che deve essere dragato è costituito da una miscela di sabbia, limo e argilla la cui velocità di sedimentazione è condizionata dalla frazione più fine (diametro < 63 μm). Facendo riferimento a delle prove di laboratorio effettuate recentemente sui sedimi del porto di Livorno, che hanno caratteristiche granulometriche e quindi sedimentologiche simili ai sedimi da dragare, in occasione di uno studio sulle modalità di gestione della vasca di contenimento realizzata all'esterno della diga del Marzocco, risulta che le velocità di sedimentazione della componente a minor granulometria della fase solida della miscela che verrà immessa nella vasca ad opera delle draghe aspiranti-refluenti e/o da parte degli impianti di sollevamento da posizionare a fianco della diga a scogliera è pari a 0.021 m/ora.

Come evidenziato negli elaborati grafici di progetto a fianco della vasca, nello specchio acqueo compreso tra la vasca ed il molo guardiano nord, è stata prevista la realizzazione di un bacino secondario di superficie pari a circa 32.400 m² che è messo in comunicazione con la vasca principale attraverso un sistema di due labbri sfioranti dei quali uno, posto lungo il bordo posteriore della vasca e ottenuto attraverso la riprofilatura della scogliera distaccata esistente di fronte al terrapieno del deposito costiero di prodotti petroliferi, è lungo 142.50 m ed è posto a quota +1.00 m s.m.; mentre il secondo, che collega l'estremità meridionale della suddetta scogliera distaccata con la terraferma, è lungo 20 m ed è posto a quota +0.70 m s.m.

Dal punto di vista idraulico il funzionamento del sistema di sfioro e di scarico nel bacino di sedimentazione delle portate liquide in eccesso che devono uscire dalla vasca durante le fasi di riempimento è il seguente

1. i materiali di risulta dei dragaggi vengono immessi nella vasca;
2. il livello dell'acqua nella prima vasca raggiunge quota +1.00 m; inizia la tracimazione dell'acqua nella vaschetta secondaria compresa tra la scogliera distaccata esistente e la terraferma (Superficie circa 1.500 m²) attraverso lo sfioratore ottenuto attraverso la riprofilatura della scogliera distaccata esistente;
3. il livello dell'acqua nella vaschetta secondaria raggiunge quota +0.70 m e l'acqua, già in parte chiarificata, viene immessa nel bacino di sedimentazione attraverso lo sfioratore costituito dall'argine che chiude a sud la suddetta vaschetta.

Come evidenziato in precedenza la quota massima di riempimento della vasca è pari a +1.50 m s.l.m., pertanto quando la quota del riempimento all'interno della vasca raggiungerà quota +1.00 m s.m. la quota di sfioro dell'argine ottenuto dalla riprofilatura della scogliera distaccata esistente dovrà essere progressivamente elevata così da mantenere invariata, fino all'ultimazione delle operazioni di dragaggio e refluento in vasca, la funzionalità dell'opera dal punto di vista della sedimentazione ed impedire che il material immesso della vasca attraverso il suddetto argine esca dalla vasca stessa.

Pertanto durante le fasi iniziali di riempimento della vasca i livelli liquidi al suo interno, per effetto della presenza del suddetto argine, si manterranno a quota +1.00 m s.m., mentre nelle fasi finali si porteranno a quota +1.50 m s.m.

La superficie dello specchio acqueo interno alla vasca, misurata in corrispondenza della quota +1.00 m s.m., è pari a 27.500 m² circa mentre la superficie dello specchio acqueo interno del bacino secondario di sedimentazione a quota +0.50 m s.m. (quota di sfioro del dispositivo di sfioro e scarico previsto per la restituzione in mare delle acque di esubero) è pari a 32.400 m².

Pertanto considerando solo la superficie dello specchio acqueo interno della vasca di contenimento la portata massima di miscela che può essere immessa nella vasca in modo che sia garantita la sedimentazione della frazione solida della miscela nella vasca stessa è pari a:

$$Q = \text{Superficie vasca} \times \text{velocità di sedimentazione} = 27.500 \times 0,021 = 578 \text{ m}^3/\text{h}$$

Mentre se consideriamo la superficie complessiva dell'impianto (vasca di contenimento + bacino di sedimentazione) la portata massima di miscela che può essere immessa nella vasca è pari a:

$$Q = \text{Superficie vasca} \times \text{velocità di sedimentazione} = 59.900 \times 0,021 = 1.258 \text{ m}^3/\text{h}$$

Affinché sia garantito il mantenimento della "capacità di sedimentazione" della vasca è necessario che la miscela acqua-solida venga immessa in corrispondenza dell'estremità nord della vasca e che durante le fasi di riempimento la superficie dello specchio liquido al suo interno non venga ridotta per effetto della formazione di cumuli di materiale sedimentato di altezza eccessiva (superiore alla quota di sfioro dell'argine ottenuto dalla riprofilatura della scogliera distaccata esistente). La capacità volumetrica della vasca fino alla quota +1.00 m s.m. è pari a circa 95.000 m³ mentre quella fino alla quota massima di riempimento (+1.50 m s.m.) è pari a circa 108.500 m³, e quindi tutto il volume di materiale sciolto da dragare e da immettere nella vasca (circa 105.000 m³) può essere "contenuto" nella vasca. Durante le fasi di riempimento della vasca l'impresa esecutrice dovrà quindi provvedere a distribuire all'interno della vasca il materiale immesso nella porzione settentrionale della stessa così da evitare la formazione di cumuli e di garantire la corretta occupazione degli spazi disponibili ed inoltre prima che la quota massima del riempimento raggiungerà quota +1.00 m s.m. dovrà procedere con l'elevazione dell'argine di sfioro primario della vasca stessa.

Per quanto riguarda la gestione delle acque di sfioro le portate liquide in eccesso, già in parte chiarificate per effetto della sedimentazione della frazione solida nella vasca principale e nel relativo sistema di sfioro e di scarico, entreranno nel bacino secondario dove si completerà la sedimentazione del trasporto solido residuo delle portate trascinanti.

La portata massima di miscela immessa nella vasca (1.258 m³/ora = 0.35 m³/s) transiterà al disopra degli argini della vasca di sedimentazione e del bacino di sedimentazione con un battente di:

Argine principale vasca di contenimento (quota sommità +1.00 m s.l.m.): 1.3 cm

Argine secondario vasca di contenimento (quota sommità +0.70 m s.l.m.): 4.7 cm

Argine bacino di sedimentazione (quota sommità +0.50 m s.l.m.): 1.9 cm

9. PIANO DI MONITORAGGIO DELLA VASCA DI CONTENIMENTO

Durante le fasi di riempimento della vasca è inoltre previsto che venga attuato un piano di monitoraggio delle attività descritte in precedenza che sarà finalizzato alla verifica dell'assenza di impatti sull'ambiente e l'efficacia delle misure di mitigazione e di contenimento adottate.

Il piano di monitoraggio previsto scaturisce dalla necessità di salvaguardare l'ambiente e di prevenire la contaminazione della colonna d'acqua ed i possibili effetti sul comparto biotico, nonché di assicurare che le attività siano realizzate conformemente alle migliori modalità operative adottate in campo internazionale e che siano utilizzati tutti gli accorgimenti necessari a minimizzare ogni disturbo all'ambiente.

L'esecuzione del piano consentirà di stabilire l'influenza sulla qualità dell'ambiente marino nelle varie fasi di movimentazione dei sedimenti (dragaggio, trasporto, conferimento in vasca di colmata).

- Monitoraggio delle acque di efflusso e dei sedimenti superficiali prospicienti la vasca di contenimento

Al fine di monitorare eventuali influenze sull'ambiente marino delle attività di deposizione dei sedimenti dragati nella vasca di contenimento, sono previsti una serie di controlli tesi a verificare la compatibilità ambientale del sistema di efflusso delle acque in eccesso. Il monitoraggio delle acque di efflusso è ovviamente condizionato dalla effettiva quantità di acqua in uscita.

In particolare sono stati previsti i seguenti controlli:

- analisi della qualità delle acque di efflusso dalla vasca di contenimento in relazione alle varie fasi di progetto;
- analisi della qualità dei sedimenti superficiali dei fondali prospicienti la vasca di contenimento; tali analisi saranno effettuate in almeno n°2 stazioni, una posizionata all'interno del bacino di sedimentazione e tre su un transetto esterno alla vasca, lungo la direzione della corrente superficiale.

- Tipologia di analisi per le analisi delle acque di efflusso e dei sedimenti superficiali prospicienti la vasca di contenimento

Sulla acque in uscita dal bacino di sedimentazione verranno eseguite (da prelevare immediatamente a monte della sezione di sfioro) le seguenti analisi:

- analisi chimico fisiche definite sulla base della tipologia dei contaminati rinvenuti nei campioni durante le attività di caratterizzazione svolte; nel caso che il valore della concentrazione dei solidi sospesi superi 80 mg/l sarà ricercato sul particolato anche la concentrazione dei contaminanti ritenuti di maggiore interesse.

Nelle stazioni previste per il monitoraggio dei sedimenti superficiali saranno eseguite le seguenti analisi:

- analisi granulometriche, determinazione dei metalli in tracce e analisi dei principali contaminati organici;
- analisi tossicologiche al fine di accertare possibili influenze sulla loro qualità dovuta al trasporto di materiale in sospensione in uscita dalla vasca.

- Tempistica e frequenza delle analisi delle acque di efflusso e dei sedimenti superficiali prospicienti la vasca

Per il campionamento delle acque di efflusso si propone di procedere al prelievo di campioni in uscita dalla vasca (bacino di sedimentazione). Il monitoraggio si svolgerà seguendo orientativamente la seguente tempistica:

- una volta prima dell'inizio delle attività di dragaggio (prelievo di acqua all'interno del bacino)
- durante le operazioni di dragaggio e sversamento nella vasca una volta a settimana nel primo mese e successivamente ogni 15 giorni; in assenza di uscita evidente di acqua dalla vasca verrà effettuato un campionamento ogni 15 giorni
- un campionamento al termine delle attività (se possibile all'interno del bacino di sedimentazione).

Il campionamento dovrà comunque essere intensificato a seconda delle condizioni in itinere. In generale i campioni di acqua prelevati saranno costituiti da varie aliquote rappresentative prelevate in momenti diversi nel corso della giornata e durante le attività di sversamento.

Per il monitoraggio dei sedimenti superficiali prospicienti la vasca di contenimento le attività si svolgeranno secondo la seguente tempistica:

- 1 volta prima dell'inizio delle attività di dragaggio
- un campionamento al termine delle attività di riempimento della vasca.

10. PREZZI UNITARI E COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

L'individuazione del costo delle opere non ha posto particolari problemi, in quanto in generale si è prevista l'utilizzazione di materiali e di modalità esecutive di routine nei lavori marittimi.

Per il costo delle opere si è fatto riferimento a i prezzi riportati su "Tariffa dei Prezzi per Opere Pubbliche della Regione Lazio – Assessorato Trasporti e Lavori Pubblici" aggiornata al 2007:

Per il prezzo relativo alla bonifica degli ordigni bellici non prevista nel suddetto prezzario di riferimento, è stato utilizzato il prezzario ufficiale di riferimento per le opere di competenza delle Amministrazioni dello Stato e degli Enti Pubblici Nazionali nel territorio regionale della Toscana, aggiornato a 2007.

Per i prezzi non previsti nei suddetti Prezzari (pacchetto impermeabile) è stata eseguita l'analisi del prezzo.

Il computo metrico estimativo delle opere previste nel presente progetto è stato eseguito utilizzando i metodi normalmente utilizzati per opere di questo tipo (ad. es. metodo delle sezioni ragguagliate per il calcolo dei volumi dei rilevati).

Nel calcolo dei volumi di tout-venant e massi naturali necessari per la realizzazione della diga a scogliera e degli argini interni si è tenuto conto anche dei maggiori quantitativi necessari per compensare i cedimenti che subiranno le opere durante le fasi di costruzione che, sulla base dei risultati dello studio eseguito, sono stati quantificati in 40 cm.

Relativamente alle modalità di valutazione dei lavori è stato previsto che tutte le singole opere previste nel presente progetto verranno compensate a corpo.

11. TEMPO DI ESECUZIONE E COSTO DELLE OPERE

Il tempo necessario per la realizzazione, tenuto conto dei tempi di impianto cantiere e delle forniture dei materiali, è stato valutato in 9 mesi naturali e consecutivi.

Come riportato nell'apposito elaborato allegato al presente progetto (v. Elaborato R7 – 'Computo metrico estimativo e Analisi dei prezzi'), cui si rimanda per maggiori dettagli, l'importo complessivo dell'appalto è pari a € 5.229.915,96 Euro di cui € 228.491,47 per oneri della sicurezza.